



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

**“SOLIDEZ DEL COLOR DE UN ESTAMPADO CON PIGMENTO NATURAL
DE SEMILLA DE AGUACATE (PERSEA AMERICANA) EN TEJIDO JERSEY
POLIALGODÓN”**



AUTOR: Jeniffer Priscila Coronel Muñoz

DIRECTOR: MSc. Wilson Adrián Herrera Villarreal

Ibarra-Ecuador

2024

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD	100409486-6		
APELLIDOS Y NOMBRES	Jeniffer Priscila Coronel Muñoz		
DIRECCIÓN	Ibarra		
EMAIL	jpcoronelm@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO	-----	TEL. MÓVIL	0986728954

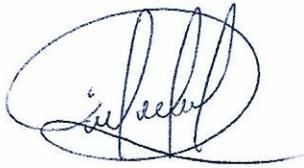
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO	Solidez del color de un estampado con pigmento natural de semilla de aguacate (persea americana) en tejido jersey polialgodón.
AUTOR	Jeniffer Priscila Coronel Muñoz
FECHA	30 de Septiembre de 2024
SOLO PARA TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	
CARRERA/PROGRAMA	<input checked="" type="checkbox"/> GRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL OPTA	Ingeniera Textil
DIRECTOR	MSc. Wilson Adrián Herrera Villarreal

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 30 días del mes de Septiembre de 2024.

EL AUTOR

A handwritten signature in black ink, enclosed within a large, loopy oval shape. The signature appears to be 'Jeniffer Priscila Coronel Muñoz'.

Jeniffer Priscila Coronel Muñoz

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN CURRICULAR

Ibarra, a los 30 días del mes de Septiembre de 2024.

MSc. Wilson Adrián Herrera Villarreal

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR.

CERTIFICA:

Haber revisado 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. Wilson Adrián Herrera Villarreal

C.C: 1002868048

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado de Trabajo de Integración Curricular “Solidez del color de un estampado con pigmento natural de semilla de aguacate *“persea americana”* en tejido jersey polialgodón” elaborado por Jeniffer Priscila Coronel Muñoz, previo a la obtención del título de Ingeniera Textil, aprueba el presente informe de investigación en nombre la Universidad Técnica del Norte:

Director

MSc. Wilson Adrián Herrera Villarreal

C.C: 1002868048

Asesor

MSc. Omar Vinicio Godoy Collaguazo

C.C: 1003083936

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación se lo dedico a mis padres Edison Coronel y Janeth Muñoz que netamente fueron un impulso fundamental por el apoyo incondicional durante todo el transcurso académico hasta la obtención de mi carrera, sobre todo porque son quienes siempre han velado por mi bienestar, me han sabido guiar, aconsejarme, fomentar mi deseo de superación y creer en mis capacidades.

Jeniffer Priscila Coronel Muñoz.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi agradecimiento a Dios por mantenerme siempre firme en las decisiones que he tomado y con la Fe intacta para cumplir cada uno de mis objetivos.

A mis padres por siempre estar cuando más los he necesitado, dedicarme su tiempo, cariño y sabiduría para ser mejor persona cada día y no decaer en mi proceso académico hasta lograr culminar mi carrera universitaria.

Al MSc. Wilson Herrera por ser el apoyo y guía en el desarrollo de la investigación ya que como director me ha sabido ayudar y aclarar cada una de las dudas que se han ido presentando.

Jeniffer Priscila Coronel Muñoz.

RESUMEN

Este estudio investiga la solidez del color a la luz de un estampado con pigmento de semilla de aguacate. Se realizó la extracción del pigmento, para ello se usó dos métodos: hidróxido de sodio y etanol. El hidróxido de sodio resultó ser significativamente más eficiente, con un rendimiento del 25.49%, frente al 9.59% obtenido con etanol. Asimismo, se evaluaron tres concentraciones de pigmento (50 g/kg, 80 g/kg, 100 g/kg) para la pasta pigmentada y posteriormente se realizó el estampado por serigrafía. Se realizaron pruebas de solidez del color a la luz de acuerdo con la norma ISO 105 B02, utilizando un equipo Trufade con exposición a luz de arco de xenón, a 36°C y 46% de humedad relativa durante 40 horas. Los resultados mostraron una baja solidez a la luz en las muestras tratadas con el pigmento natural, con valores entre 2.5 y 1 en la escala de grises, indicando una considerable degradación del color demostrando una incapacidad significativa del pigmento para mantener su intensidad y tonalidad cuando se expone a condiciones de iluminación. Se observó una tendencia a una menor resistencia del color a mayor concentración de pigmento. El análisis estadístico también incluyó pruebas de normalidad de los datos, utilizando la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis asegurando que los resultados obtenidos sean válidos y confiables dentro del contexto de estudio.

Palabras clave: Sostenibilidad, estabilidad, resistencia al desgaste, intensidad del color, antocianinas.

ABSTRACT

This study investigates the lightfastness of color in prints using avocado seed pigment. The pigment extraction was carried out using two methods: sodium hydroxide and ethanol. Sodium hydroxide proved to be significantly more efficient, yielding 25.49% compared to 9.59% obtained with ethanol. Additionally, three pigment concentrations (50 g/kg, 80 g/kg, 100 g/kg) were evaluated for the pigment paste, followed by screen printing. Lightfastness tests were conducted according to ISO 105 B02 standards, using a Trufade machine with xenon arc light exposure, at 36°C and 46% relative humidity for 40 hours. The results showed low lightfastness in samples treated with the natural pigment, with values ranging from 2.5 to 1 on the gray scale, indicating considerable color degradation and demonstrating the pigment's significant inability to maintain its intensity and hue under light exposure. A trend of decreasing color resistance with increasing pigment concentration was observed. Statistical analysis included normality tests of the data using the non-parametric Kruskal-Wallis test, ensuring the validity and reliability of the results within the study context.

Keywords: Sustainability, stability, wear resistance, color intensity, anthocyanins.

LISTA DE SIGLAS

A. Aguacate

CO. Algodón

E. Estampación

P. Pasta

Pes/Co. Poli algodón

PES. Poliéster

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN.....	1
Problema de investigación.....	1
Justificación.....	1
Objetivos.....	2
Objetivo General.....	2
Objetivos Específicos.....	2
CAPÍTULO I.....	3
MARCO TEÓRICO.....	3
1.1 Estudios previos.....	3
1.1.1. Estampado por serigrafía.....	3
1.1.2. Elementos de serigrafía.....	3
1.1.3. Pigmentos naturales.....	4
1.1.4. Pigmento de semilla de aguacate (<i>persea americana</i>).	5
1.1.5. Pastas para serigrafía.....	5
1.2 Marco legal (de existir, leyes y reglamentos que sustenten el tema).....	6
1.2.1. Constitución de la República del Ecuador.....	6
1.2.2. Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte.....	6
1.3 Marco Conceptual.....	7
1.3.1. Pigmento de semilla de aguacate " <i>persea americana</i> ".....	7
1.3.2. Serigrafía.....	8
1.3.3. Pasta de estampación.....	8
1.3.4. Tejido de punto.....	9
Tejido poliéster/ algodón.....	9
1.3.5. Solidez de color a la luz artificial.....	10
CAPÍTULO II.....	12

MARCO METODOLÓGICO	12
2.1 Enfoque de la investigación.....	12
2.2. Tipos de investigación a aplicar para el proceso de estampado con pigmento de semilla de aguacate.....	12
2.2.1. Investigación analítica	12
2.2.2. Investigación experimental.....	12
2.3 Técnica de investigación	13
2.4 Diseño del Flujograma.....	13
2.4.1. Descripción del proceso	13
2.4.2 Flujograma general	14
2.4.3. Flujogramas muestrales	15
2.5. Equipos y materiales.....	17
2.5.1 Materiales de laboratorio	17
2.5.2. Balanza Analítica.....	17
2.5.3. Pigmento de semilla de aguacate (persea americana)	18
2.5.4. Tejido de punto jersey Pes/Co	18
2.5.5. Pasta base para serigrafía.....	19
2.5.6. Marco.....	20
2.5.7. Malla.....	20
2.5.8. Racleta	21
2.5.9. Túnel de secado	21
2.5.10. Trufade.....	22
2.5.11. Espectrofotómetro.....	24
2.6. Normas.	25
2.6.1. Norma ISO 105 – B02	25
2.6.2. Norma ISO 105 – A02.....	26

2.7 Procedimiento.....	26
2.7.2. Extracción del pigmento natural en base a la semilla de aguacate (persea americana).	27
2.7.3. Preparación de la pasta pigmentada.....	31
2.7.4. Proceso de estampación en tejido jersey polialgodón.	33
2.7.5. Prueba de laboratorio.....	34
2.7.5.1 Prueba de solidez de color a la luz.	34
CAPÍTULO III	36
RESULTADOS Y ANÁLISIS	36
3.1 Resultados.....	36
3.1.1 Tabla de resultados de solidez de color a la luz del estampado con pigmento de semilla de aguacate.....	36
3.2 Discusión de resultados de la solidez de color a la luz de estampado con pigmento de semilla de aguacate.....	37
3.2.1 Análisis de la varianza de la pasta pigmentada a diferentes concentraciones.	38
3.2.2 Normalidad de los datos para determinar su confiabilidad.	38
3.2.3 Análisis de la prueba no paramétrica.....	39
3.2.4 Análisis de resultados de la solidez del color a la luz.....	40
3.2.5 Discusión de resultados	41
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	43
Conclusiones.....	43
Recomendaciones	44
Referencias bibliográficas	45
Anexos.....	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte.....	7
Tabla 2	Componentes de la pasta de estampación.....	9
Tabla 3	Materiales utilizados en el proceso de laboratorio.....	17
Tabla 4	Caracterización del tejido jersey polialgodón.....	19
Tabla 5	Características de la goma de la raqueta.....	21
Tabla 6	Especificaciones técnicas del túnel de secado.....	22
Tabla 7	Especificaciones técnicas de Color i5 X-RITE.....	24
Tabla 8	Calificación de solidez a la luz escala de grises.....	26
Tabla 9	Auxiliares del proceso del solvente - formulación 1.....	28
Tabla 10	Auxiliares del proceso del solvente – formulación 2.....	28
Tabla 11	Proceso de maceración.....	29
Tabla 12	Proceso de destilación.....	30
Tabla 13	Cálculo del rendimiento.....	31
Tabla 14	Formulación de pasta pigmentada.....	32
Tabla 15	Intensidad de color estándar del estampado con pigmento de aguacate.....	36
Tabla 16	Grado de solidez del color a la luz en escala de grises.....	37
Tabla 17	Prueba de normalidad.....	39
Tabla 18	Resumen de la prueba de Kruskal Wallis.....	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Escala de grises	11
Figura 2 Flujograma general del proceso del estampado con pigmento de semilla de aguacate.	14
Figura 3 Flujograma del proceso de extracción del pigmento de semilla de aguacate.	15
Figura 4 Flujograma muestral del proceso de un estampado con pigmento natural.	16
Figura 5 Balanza Analítica	18
Figura 6 Pasta base para serigrafía	19
Figura 7 Marco de madera.....	20
Figura 8 Equipo Trufade.....	23
Figura 9 Espectrofotómetro	25
Figura 10 Ralladura de la semilla de aguacate	27
Figura 11 Maceración con Etanol.....	29
Figura 12 Maceración utilizando NaOH	29
Figura 13 Proceso de filtración	30
Figura 14 Proceso de destilación.....	31
Figura 15 Desarrollo de la pasta pigmentada	32
Figura 16 Proceso de estampación	33
Figura 17 Curado de las muestras en el túnel de secado	33
Figura 18 Muestras de estampado con pigmento de semilla de aguacate.	34
Figura 19 Muestras a ensayar en el equipo Trufade.....	35
Figura 20 Análisis de la varianza.	38
Figura 21 Gráfico de barras de las pruebas de solidez a la luz.....	41

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Ficha técnica de la pasta base.	50
---	----

INTRODUCCIÓN

Problema de investigación

En la actualidad, existe una creciente demanda por alternativas sostenibles en la industria textil, impulsada por la necesidad de reducir el impacto ambiental asociado a los procesos de producción. En este contexto, los pigmentos naturales derivados de fuentes vegetales han emergido como una prometedora opción para pigmentar (Mottillo, 2021).

A pesar de sus ventajas potenciales, la implementación de pigmentos naturales en la serigrafía textil enfrenta diversos desafíos que requieren una atención crítica. Uno de los principales obstáculos radica en la falta de información y documentación estandarizada sobre la solidez del color en tejidos estampados con estos pigmentos. Esta carencia de datos científicos y técnicos dificulta la toma de decisiones fundamentadas en la selección de materiales y procesos para la producción de prendas estampadas con pigmentos naturales de semilla de aguacate (Narváez et al., 2019).

Además, se observa una desinformación generalizada en torno a los procesos de serigrafía aplicados a pigmentos naturales, lo que limita la adopción de esta técnica por parte de la industria textil (Rojas Lazo et al., 2014). Por otro lado, la sostenibilidad y la reducción del impacto ambiental son imperativos ineludibles en la actualidad. A pesar de las ventajas ambientales potenciales de los pigmentos naturales.

Justificación

La elección de investigar la solidez del color de un estampado con pigmento natural de semilla de aguacate en tejido jersey polialgodón es de relevancia significativa en el campo de la ingeniería textil y la serigrafía. Esta investigación se fundamenta en la creciente demanda de alternativas sostenibles y ecológicamente responsables en la industria textil. Se ha escogido el tejido jersey polialgodón debido que dota de características muy importantes, como una mayor resistencia al desgaste, además posee una buena elasticidad y brillo (Taya, 2019).

A medida que la conciencia ambiental y las regulaciones gubernamentales sobre el uso de productos químicos en la industria textil se intensifican, existe una necesidad urgente de explorar y validar técnicas de pigmentación que utilicen fuentes naturales (Rojas Lazo et al., 2014).

El interés por los pigmentos naturales se ha visto impulsado por su potencial para reducir el impacto ambiental de la industria textil. Estos pigmentos ofrecen una alternativa a los colorantes sintéticos, cuya producción y aplicación a menudo involucran procesos químicos agresivos y generan residuos nocivos para el medio ambiente. La semilla de aguacate, en particular, ha demostrado ser una fuente prometedora de pigmentos naturales debido a la trituración y exposición al oxígeno se desarrolla un pigmento de tonalidad naranja brillante (Hatzakis et al., 2019).

Esta tesis contribuyó a la creciente literatura sobre pigmentos naturales en la serigrafía textil al proporcionar datos concretos sobre la solidez del color. Además, el estudio abordará la confiabilidad y viabilidad de la aplicación de pigmentos naturales de semilla de aguacate en tejidos de jersey polialgodón.

Objetivos

Objetivo General

Analizar la solidez del color de un estampado con pigmento natural de semilla de aguacate (*persea americana*) en tejido jersey polialgodón.

Objetivos Específicos

- Investigar en fuentes bibliográficas confiables sobre el proceso de serigrafía utilizando pigmentos naturales.
- Obtención del pigmento a base de la semilla de aguacate (*persea americana*) para la preparación de una pasta madre pigmentada a diferentes concentraciones.
- Realizar el proceso de estampación en un tejido jersey polialgodón y obtener las muestras para efectuar las pruebas de solidez de color a la luz.
- Analizar los datos obtenidos de las pruebas de solidez para determinar el comportamiento que tiene el pigmento natural a base de semilla de aguacate (*persea americana*), así como la confiabilidad de la investigación.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Estudios previos.

1.1.1. Estampado por serigrafía

Tras varios estudios la serigrafía ha ganado un lugar destacado entre los métodos de estampación en la actualidad. Se percibe como una técnica accesible que posibilita la reproducción de diversos diseños en una amplia variedad de materiales, como papel, metal y tejidos, entre otros. Se utilizan tintas, emulsiones y otras tinturas especiales en el proceso. Este método implica la transferencia de la tinta mediante una malla estirada en un marco, bloqueando las áreas no deseadas mediante una emulsión y permitiendo que la tinta fluya hacia el tejido, comúnmente de punto. Para lograr resistencia y calidad en el estampado, es esencial realizar una fijación térmica. Después de numerosos estudios, se ha determinado que este método puede llevarse a cabo tanto con pigmentos naturales como tintes sintéticos, ofreciendo acabados transparentes, fluorescentes, brillantes y mates (Rojas Lazo et al., 2014).

1.1.2. Elementos de serigrafía

Según Pomaina y Naranjo (2019) describen que los elementos necesarios de la serigrafía son los siguientes:

Bastidor

El bastidor, también conocido como marco, actúa como el soporte fundamental en el proceso de serigrafía. En él, se tensan previamente las mallas donde se aplicará la emulsión o pasta madre pigmentada para revelar la imagen en el tejido. Estos bastidores varían en tamaño y están disponibles en diferentes materiales, como madera, acero o aluminio.

Mallas

Las mallas, numeradas según la cantidad de hilos por centímetro lineal, abarcan un rango de 20 a 200. Un número más alto indica una malla más cerrada, y viceversa. Estas mallas son cruciales en el proceso de serigrafía, proporcionando la base para el revelado de la imagen en el tejido. Su numeración específica se elige según la finura requerida para el diseño.

Raqueta

La raqueta es una herramienta esencial en serigrafía utilizada para aplicar la pasta madre sobre la malla. Su función principal es deslizar y distribuir uniformemente la pasta a través de las aberturas de la malla, facilitando la formación y transferencia del diseño al tejido. Su uso adecuado garantiza una aplicación precisa de la pasta madre durante el proceso de impresión.

Pasta Madre Pigmentada

La pasta madre pigmentada constituye la base esencial en el proceso de estampación por serigrafía. Su viscosidad y tonalidad deseada la hacen versátil, permitiendo la elección de diferentes formulaciones según el diseño específico que se busca lograr. Esta pasta madre es crucial para la formación y transferencia del diseño al tejido.

Tejido

El tejido, en este contexto, se refiere al sustrato textil sobre el cual se llevará a cabo la impresión por serigrafía. Puede estar compuesto de algodón, poliéster o mezclas, y su elección depende del propósito final del diseño. La consideración del tipo de fibra es esencial al seleccionar la pasta madre adecuada para asegurar una impresión de calidad y duradera.

1.1.3. Pigmentos naturales

Los pigmentos naturales se han presentado como una alternativa viable para diversas industrias, especialmente en el contexto de la sostenibilidad (Martín y Viniegra, 2023). Estos pigmentos ofrecen una eficaz sustitución de los colorantes sintéticos, proporcionando productos más naturales a los consumidores, debido que:

Su aplicación abarca el teñido de tejidos y fibras vegetales, siendo crucial considerar la afinidad química entre las moléculas involucradas. Además, los resultados de varias pruebas indican que factores como el pH, la temperatura y el porcentaje de concentración desempeñan un papel determinante en la estabilidad de estos pigmentos (Castilla, 2011).

1.1.4. Pigmento de semilla de aguacate (persea americana).

Se han llevado a cabo estudios científicos sobre las semillas de aguacate, también conocidas con su nombre científico *Persea americana*. Estos estudios han explorado diversas aplicaciones de la extracción de pigmentos, demostrando una notable solidez en la coloración de tejidos. En particular, la extracción de pigmentos de las semillas de aguacate ha resultado efectiva en materiales textiles compuestos por algodón o poliamida. Se recomienda el uso de mordientes vegetales para mejorar el proceso. Además de la coloración de tejidos, la pepa de aguacate presenta diversas utilidades, y se han desarrollado diferentes métodos para extraer el pigmento:

Yupangui y Reyes (2019) señalan que es importante destacar que el rendimiento del extracto de las semillas de aguacate está más influenciado por el coadyuvante utilizado que por el tipo de muestra en sí.

1.1.5. Pastas para serigrafía

Base plastisol

En la actualidad, se dispone de una variedad de pastas madres para llevar a cabo la serigrafía, siendo una de las más reconocidas y ampliamente utilizadas la que se fundamenta en la base plastisol. Al considerar la elección de esta pasta, es esencial prestar especial atención a la viscosidad, ya que una mayor cantidad del producto puede afectar negativamente el aspecto estético del tejido, en este sentido:

La viscosidad se convierte en un parámetro clave para asegurar que la aplicación de la pasta madre no solo sea eficiente desde el punto de vista técnico, sino también que cumpla con los estándares estéticos requeridos en la serigrafía contemporánea. Es así como la atención a estos detalles contribuye a optimizar el proceso y garantizar resultados visuales atractivos en la impresión sobre diversos materiales (Erazo, 2020).

Base agua

En términos generales, se hace referencia a tintes o pigmentos suspendidos en agua, utilizando esta última como disolvente:

Este tipo de componentes se distingue por su capacidad para secarse mediante evaporación y adherirse a la prenda, ya sea con o sin el empleo de temperaturas específicas, gracias a la aplicación de fijadores o catalizadores. Este enfoque implica la

utilización de sustancias que facilitan la fijación de los pigmentos en la tela, contribuyendo a la durabilidad y resistencia del color en la prenda (Erazo, 2020).

1.2 Marco legal (de existir, leyes y reglamentos que sustenten el tema).

Se divulgan todas las partes involucradas en los aspectos legales relacionados con la realización de esta investigación.

1.2.1. Constitución de la República del Ecuador

Según la Constitución de la República del Ecuador (2021) define los siguientes artículos en relación con los derechos del ciudadano y la preservación del medio ambiente. En la segunda sección, en el Art.14, se presenta lo siguiente:

Se reconoce el derecho de la población a habitar en un entorno saludable y equilibrado desde el punto de vista ecológico, asegurando la sostenibilidad y el bienestar, conocido como Sumak Kawsay. Se establece como de interés público la protección del medio ambiente, la preservación de los ecosistemas, la conservación de la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético nacional, así como la prevención de daños ambientales y la restauración de áreas naturales degradadas.

En el Capítulo nueve, Art. 83, literal 6, se declara la obligación de "respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente saludable y utilizar los recursos naturales de manera razonable, sustentable y sostenible" (p.13, 35).

1.2.2. Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte

Conforme a lo expuesto en la Resolución N° 122-SO-HCU-UTN,

La Universidad Técnica del Norte (2022) establece que sus Proyectos de Investigación en las líneas predefinidas, tomando en consideración las recomendaciones de la SENESCYT. De acuerdo con el perfil del proyecto, se orientará hacia dos líneas específicas, siendo la primera denominada "Producción Industria y Tecnología Sostenible" y la novena "Gestión, Producción, Productividad, Innovación y Desarrollo Socioeconómico" detallado en la tabla 1.

Tabla 1

Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte.

Nº	Líneas de investigación de la UTN
1	Producción industria y tecnología sostenible
2	Desarrollo forestal agropecuario y forestal sostenible.
3	Biotecnología, energía, recursos naturales renovables.
4	Soberanía, seguridad e inocuidad alimentaria sostenible.
5	Salud y bienestar integral.
6	Gestión calidad de la educación, proceso 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 cibemética).

Fuente: (Universidad Técnica del Norte, 2022).

1.3 Marco Conceptual

1.3.1. Pigmento de semilla de aguacate “*persea americana*”.

El pigmento extraído de la semilla de aguacate “*persea americana*” ofrece una fuente rica en colorantes utilizados de manera rudimentaria para teñir prendas de vestir, por lo tanto:

El aguacate, una fruta ampliamente reconocida a nivel nacional, alberga una semilla voluminosa de la cual se obtienen la perseína y varios derivados que proporcionan un color distintivo. Este pigmento se puede aplicar en una variedad de tejidos mediante la extracción del colorante, un proceso que puede realizarse con agua destilada e hidróxido de sodio, ambos considerados solventes eficaces que contribuyen a obtener resultados satisfactorios (Pineda y Enrique, 2004).

En lo que concierne al aguacate, es una fruta comestible con una semilla grande de la cual se puede obtener un colorante, que es una antocianina, útil para teñir tejidos naturales y alimentos (Rivas, 2016).

Antocianinas

Son pigmentos naturales que varían del azul al rojo. Las antocianinas se encuentran en hojas, pétalos y frutos, a los cuales también les confieren su color rojizo. Al ser solubles en agua, son excelentes colorantes naturales y también son conocidas por sus propiedades antioxidantes (Rivas, 2016).

1.3.2. Serigrafía

La serigrafía es un método de estampación donde se lleva a cabo la transferencia de tinta a través de una plantilla de malla sostenida por un marco, unida a una trama tensada. Este enfoque es ampliamente empleado para reproducir imágenes en diversos materiales, destacando su aplicación principal en la estampación de tejidos textiles. Para llevar a cabo este proceso, se requiere un marco dedicado para cada color presente en el diseño. Es evidente constatar que la serigrafía se destaca como uno de los métodos de estampación más económicos, permitiendo su ejecución tanto de manera mecanizada como manual (Granados, 2012).

1.3.3. Pasta de estampación

Como señala Potosí (2023) la pasta de estampación se presenta como una base transparente, lista para usarse, que puede ser pigmentada con una variedad de colores acuosos. Se puede añadir suavizante para mejorar el tacto del material. Al trabajar con poliéster o mezclas de algodón, se recomienda añadir un 1% de fijador. El pigmento es la sustancia química que aporta color a la fibra, y se suele aplicar en una proporción del 3%.

Este tipo de pasta es ideal para imprimir sobre tejidos claros, ya sean de algodón, poliéster o una mezcla de ambos.

La pasta está lista para su aplicación sin necesidad de diluirse, en caso de requerir una reducción en la viscosidad, se pueden agregar diversos productos, teniendo en cuenta tanto el material a estampar como la malla utilizada, con el objetivo de evitar posibles sangrados y lograr así un estampado de calidad con una definición óptima (Erazo, 2020).

Componentes de la pasta de estampación

La pasta de estampación para serigrafía está compuesta por una combinación de varios elementos clave como se puede ver en la Tabla 2, cada uno con un propósito específico para garantizar la consistencia y el rendimiento del proceso de estampado.

Tabla 2

Componentes de la pasta de estampación.

COMPONENTES PASTA MADRE	
Agua	Emulsionante
Úrea	Espesante
Antiespumante	Suavizante
Ligante	Fijador

Fuente: (Potosí, 2023)

1.3.4. Tejido de punto

El tejido de punto se elabora mediante uno o varios métodos de entrelazado que generan mallas, las cuales pueden orientarse horizontalmente por trama o verticalmente por urdimbre. La principal diferencia entre estos dos enfoques radica en la dirección en que se teje la tela. El ligamento más básico y sencillo de los tejidos de punto constituye la base para la mayoría de las telas de una sola cara, y se obtiene utilizando un sistema de agujas. Normalmente, el tejido de punto por trama es preferido por su flexibilidad, suavidad y elasticidad; además, tiene la capacidad de volver a su forma original tras estirarse en diferentes direcciones, sin sufrir daños (Potosí, 2023).

Tejido de punto Jersey

Como menciona Taya (2019) El tejido tipo jersey es el más básico y simple de los tejidos de punto, conocido por su comodidad y su apariencia algo ajustada. Se produce en máquinas con un único conjunto de agujas. Los tejidos de jersey se fabrican mediante tecnología de tricotado circular, lo que permite combinar diversos tipos de hilados para crear tejidos de punto variados.

Tejido poliéster/ algodón

En la actualidad, el tejido compuesto por algodón y poliéster es una combinación flexible en la que la proporción de cada tipo de fibra puede variar. Llulluna (2023) postula que la mezcla de fibras se lleva a cabo con el propósito de aprovechar las propiedades distintivas de ambos materiales, logrando un resultado que destaca por su resistencia, suavidad, estética atractiva, comodidad y durabilidad.

La proporción más comúnmente encontrada es del 50% de poliéster y 50% de algodón, la demanda predominante en el país tiende hacia una composición del 65% de poliéster y 35% de algodón. Además de las características mejoradas que ofrece esta mezcla, otro motivo significativo para su utilización es la reducción de costos en la producción de tejidos. Esta combinación de fibras ha demostrado ser altamente versátil y se adapta a las necesidades tanto de la industria textil como de los consumidores finales (Correa, 2016).

Díaz (2024) declara que es crucial identificar la composición de la fibra, ya que esto determina la formulación de la pasta con los productos químicos y auxiliares necesarios. Por ejemplo, para estampar en un tejido de algodón, se utilizan tintes reactivos, mientras que para poliéster se emplean tintes dispersos. Sin embargo, para una mezcla 65/35 de algodón y poliéster, o para tejidos 100% algodón, se pueden usar pigmentos simples. El tejido que se va a estampar debe cumplir ciertas características para asegurar que el diseño se transfiera sin defectos.

1.3.5. Solidez de color a la luz artificial

La solidez del color en un tejido se refiere a la capacidad de resistir la variación o pérdida de intensidad del tinte después de ser sometido a diversos procesos. Esta propiedad es crucial para evaluar la calidad de un tejido, ya que diversos factores pueden influir en su solidez, como el tipo de colorante utilizado, la fibra y el proceso de tintura, entre otros (Granados, 2012).

Evaluación del color usando la escala de grises.

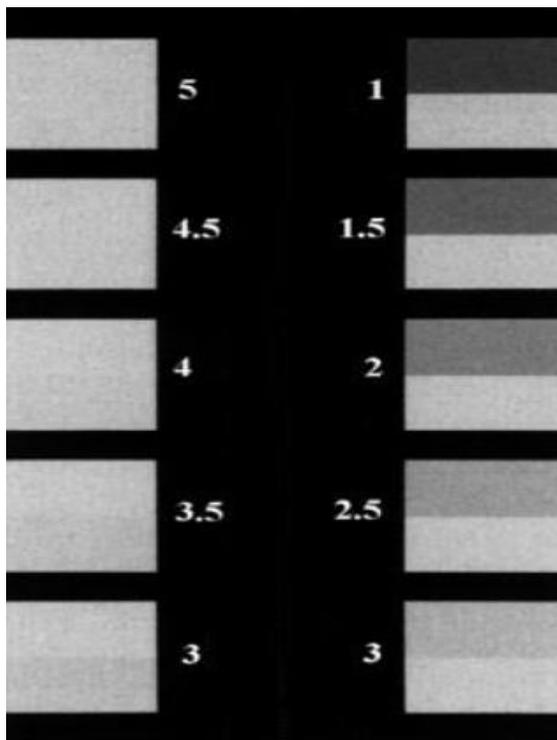
Cuascota (2021), describe que la escala de grises para el cambio de color, indica el grado de alteración del color debido a la exposición ambiental o el lavado, mientras que para la transferencia de color señala la cantidad de tinción de color en la multifibra durante las pruebas realizadas. Estas escalas se fundamentan en las sutiles diferencias entre un estándar de referencia y una muestra sometida a la prueba en comparación con estas dos escalas de grises.

El cambio de color se evalúa en relación con cinco pares de estándares grises similares como se visualiza en la Figura 1, donde la mitad de cada escala coincide siempre con el croma del espécimen inicial, mientras que la segunda mitad varía desde el croma inicial sin pérdida de color hasta el blanco, indicando la pérdida total de color. La

medición del contraste entre la tela sometida a pruebas y la no sometida se relaciona con uno de los pares estándar, determinando la puntuación en la escala de grises donde 5 indica que apenas se perdió color y 1 indica que se perdió la mayoría del color (Cuascota, 2021). Para evaluar el cambio y la transferencia de color en muestras sometidas a pruebas de solidez del color, se utiliza la escala de grises en el espectrofotómetro.

Figura 1

Escala de grises



Fuente: (Cuascota, 2021).

Evaluación del color usando la escala de azules

La solidez a la luz, medida en una escala de azules, determina la resistencia de una prenda teñida a la decoloración causada por la exposición a la luz solar o fuentes de luz artificial. Este proceso, que puede durar más de 24 horas, se realiza en laboratorios utilizando equipos que simulan el envejecimiento acelerado, como lámparas fluorescentes con radiación UV o lámparas de arco xenón. La solidez a la luz se evalúa en una escala del 1 al 8 para determinar su grado de resistencia a la decoloración (Cuascota, 2021).

CAPÍTULO II

MARCO METODOLÓGICO

2.1 Enfoque de la investigación

Como señala Otero (2018) los dos métodos principales en la investigación científica son el enfoque cuantitativo y el cualitativo, ambos utilizando procesos rigurosos y basados en la experiencia para realizar observaciones, evaluaciones y así crear nuevo conocimiento.

Esta investigación adopta un enfoque cuantitativo, ya que se centra en la recopilación de datos numéricos y el uso de análisis estadísticos para obtener resultados precisos sobre la solidez del color del estampado usando un pigmento de semilla de aguacate.

2.2. Tipos de investigación a aplicar para el proceso de estampado con pigmento de semilla de aguacate

2.2.1. Investigación analítica

El enfoque de investigación analítica ha sido predominantemente empleado en el ámbito de la educación superior. Este método implica una secuencia de pasos, comenzando con la formulación de la pregunta de investigación, que representa la definición del problema junto con la solución deseada (Bravo et al., 2021). Se procede a recopilar datos provenientes de diversas fuentes confiables. Se presenta la información recolectada para llevar a cabo un análisis detallado de los datos. Una vez analizados, se realiza la predicción mediante el uso de datos estadísticos y finalmente, se ejecuta la acción, donde se busca respaldo mediante demostraciones concretas.

2.2.2. Investigación experimental

Como señala García et al., (2018) la investigación experimental constituye el método científico utilizado para corroborar hipótesis mediante la realización de diversos experimentos relacionados con el área de estudio.

Este enfoque no solo contribuye a perfeccionar el conocimiento, sino que también fomenta la formación de convicciones, estimula la creatividad y eleva la calidad del saber. Por lo tanto, es esencial recopilar información mediante la observación directa de fenómenos físicos y químicos, respaldando este proceso con el uso de equipos y el cumplimiento de normativas establecidas en los laboratorios (Acevedo et al., 2013).

2.3 Técnica de investigación

Chagoya (2016) afirma que la técnica es esencial en el proceso de la investigación científica, pues proporciona la estructura sobre la que se organiza el estudio. Su importancia es tan grande que se podría definir como la base del proceso de investigación. Los elementos clave de la técnica incluyen establecer un conjunto de normas para estructurar las etapas de la investigación científica y proporcionar herramientas y recursos para la recolección, recopilación y almacenamiento de datos.

Debido a que esta investigación es de tipo experimental, la técnica desempeña un papel fundamental en el proceso científico. Para analizar los resultados, se utilizan métodos estadísticos que permiten detectar diferencias significativas entre los grupos evaluados y también identificar correlaciones entre las variables estudiadas.

2.4 Diseño del Flujograma

En este apartado se diagramó tanto el flujograma general como el flujograma muestral del proyecto de investigación.

2.4.1. Descripción del proceso

El presente proyecto de investigación se enfoca en analizar la solidez del color de un estampado con pigmento natural obtenido a partir de la semilla de aguacate, aplicado en un tejido jersey polialgodón, con el propósito de sustituir los colorantes sintéticos.

El proceso de análisis comienza con la extracción del pigmento de la semilla de aguacate mediante la ralladura, trituración, macerado y filtración para eliminar los residuos sólidos, seguido por el destilado. Una vez completada esta etapa, se procede a la pigmentación de la pasta madre. En un vaso de precipitación, se mezcla la pasta madre con la cantidad necesaria de pigmento, según las diferentes concentraciones a 50 g/kg, 80 g/kg y 100g/kg que se aplicarán al tejido.

Posteriormente, se prepara el tejido jersey polialgodón, que debe estar previamente acondicionado y extendido sobre una superficie seca y firme. Se coloca el bastidor sobre el tejido y se aplica la pasta madre pigmentada con una raqueta, cubriendo toda la superficie del textil. Luego, el tejido se introduce en un horno de secado y se utiliza una plancha termofijadora. Una vez completado este proceso, se realiza la prueba de solidez del color a la luz, siguiendo la norma ISO 105-B02 y se lleva a cabo la medición del grado de degradación del color mediante un espectrofotómetro, basándose en la norma

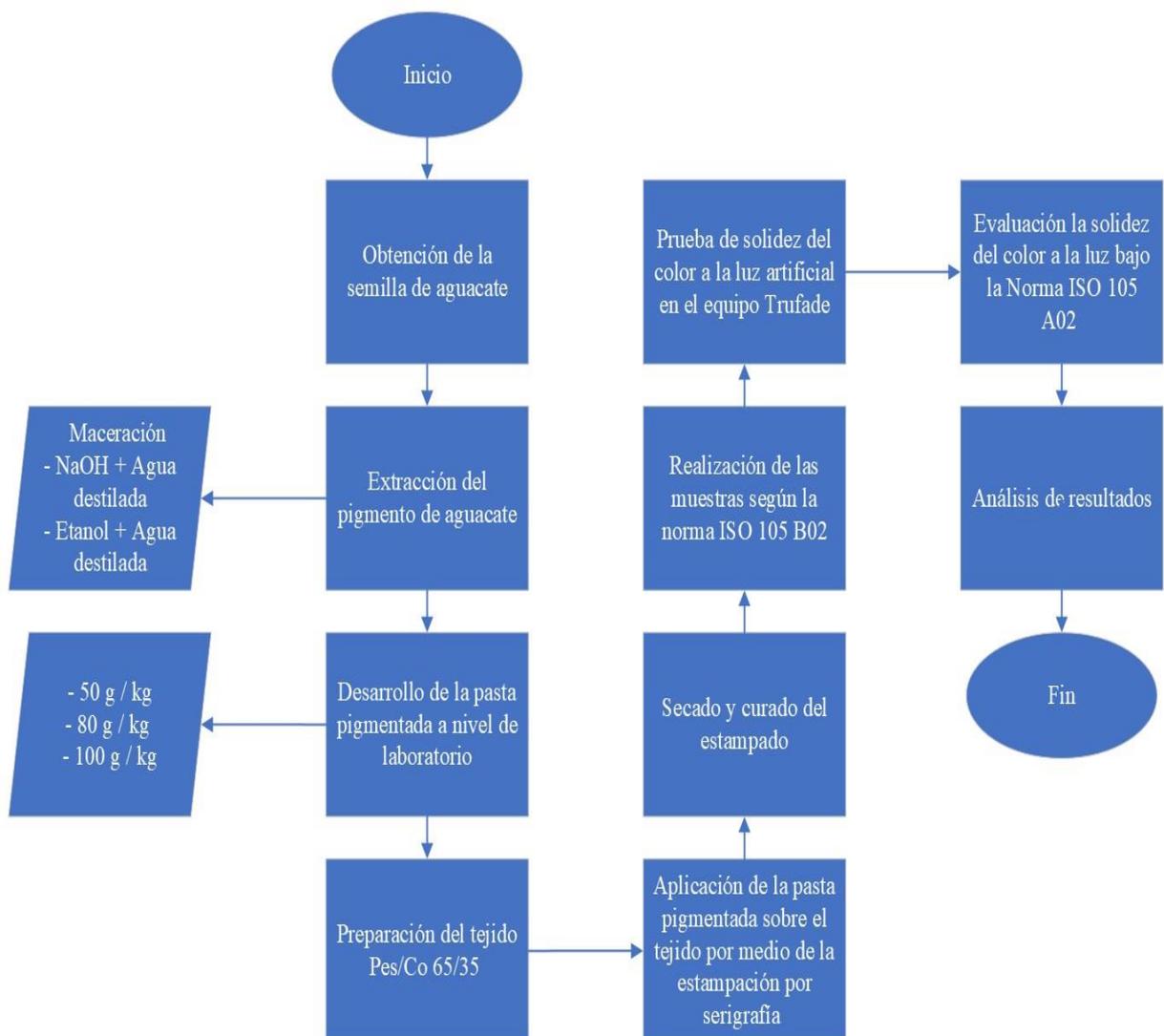
ISO 105-A02 escala de grises. Finalmente, se realiza un análisis de los resultados obtenidos.

2.4.2 Flujograma general

En el flujograma general Figura 2, se muestran los subprocesos de manera global que realiza el proyecto de investigación desde la preparación del tejido hasta el análisis de la prueba de solidez del color a la luz.

Figura 2

Flujograma general del proceso del estampado con pigmento de semilla de aguacate.

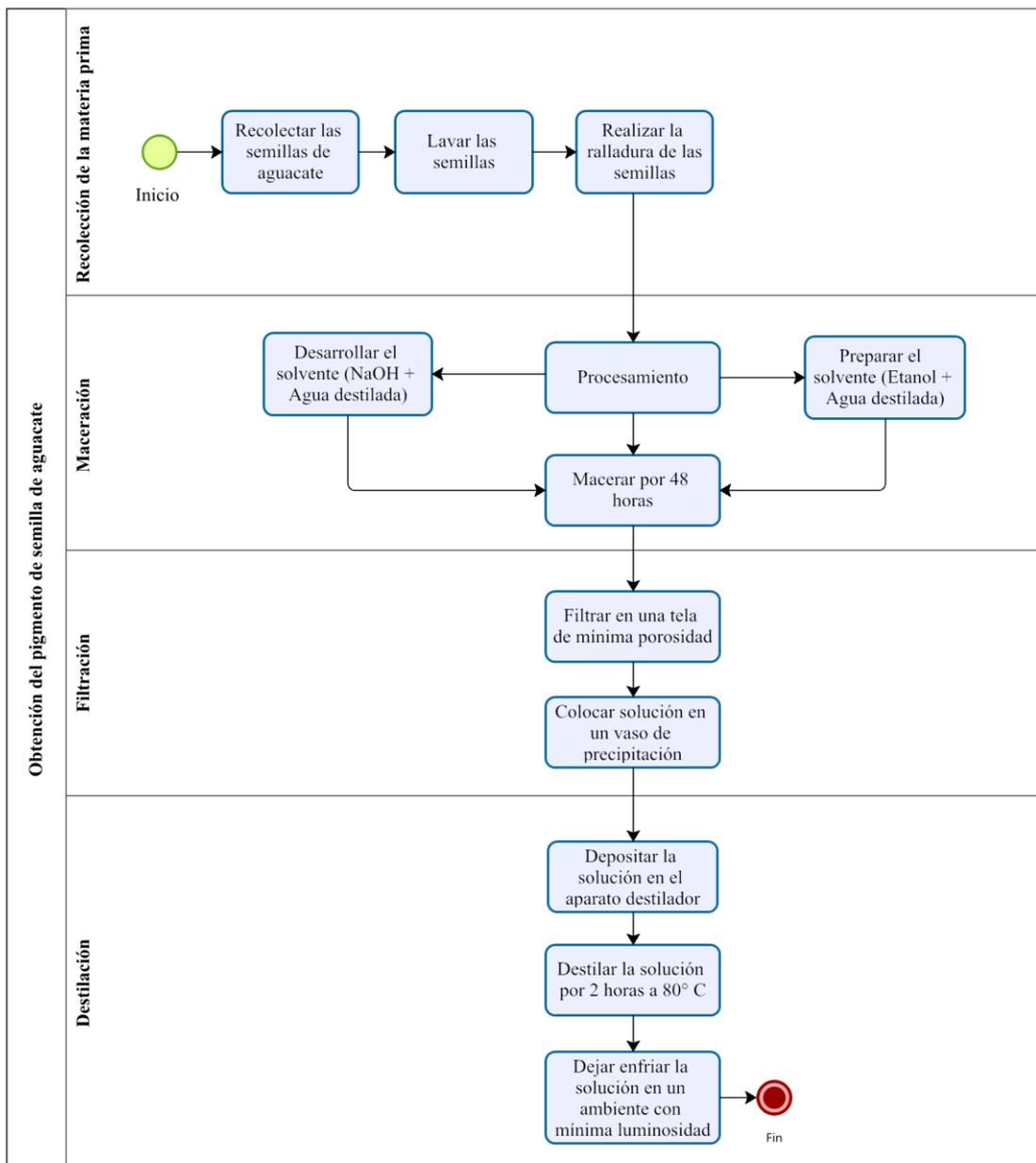


2.4.3. Flujogramas muestrales

El siguiente flujo muestral Figura 3, da a conocer el proceso de extracción del pigmento de la semilla de aguacate a partir de la recolección de la misma hasta obtener el pigmento.

Figura 3

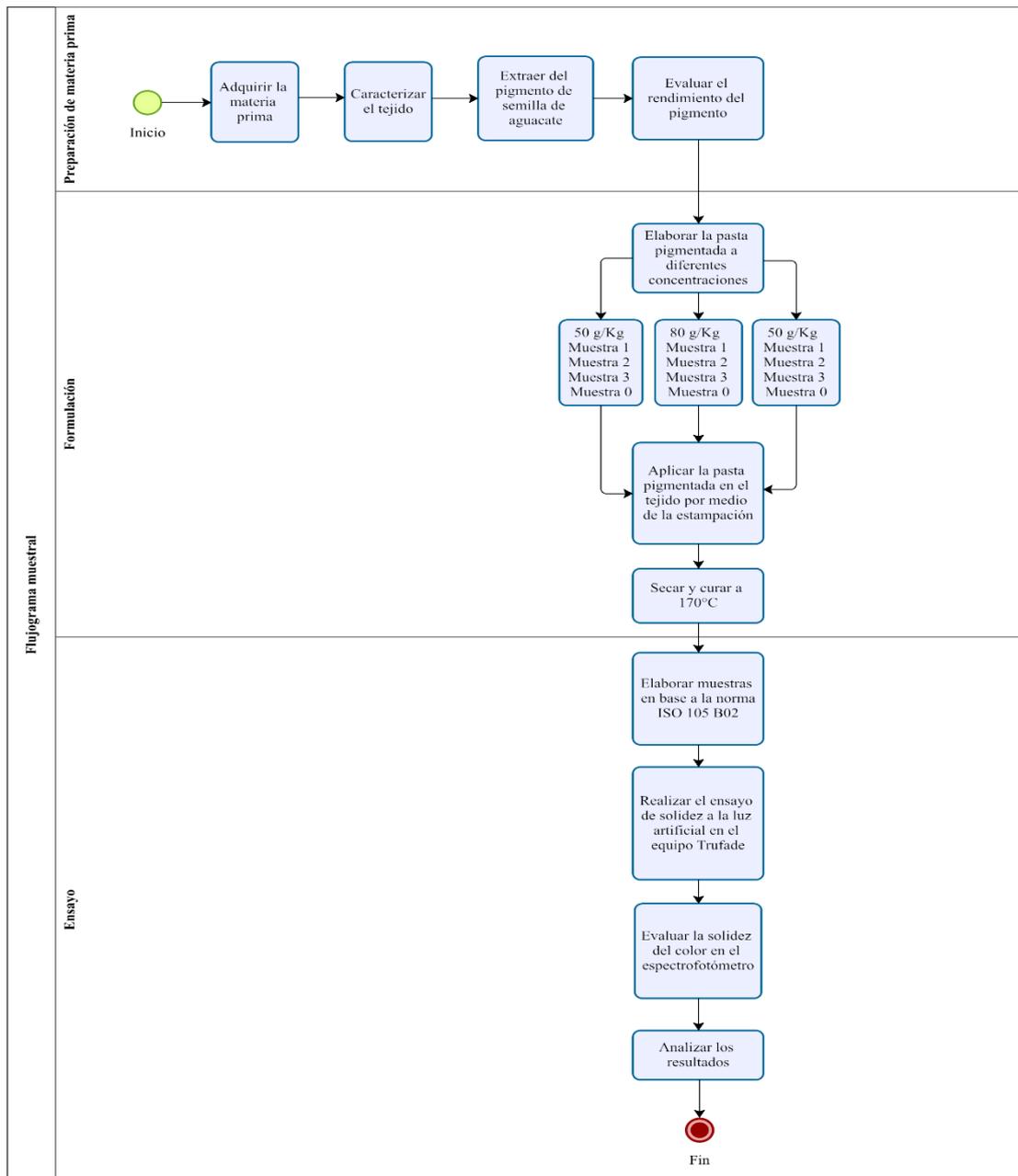
Flujograma del proceso de extracción del pigmento de semilla de aguacate.



A continuación, se presenta en la Figura 4 el flujograma muestral, especificando la cantidad de formulaciones a realizar y sus respectivas concentraciones. Además, se detallan los procedimientos a seguir, desde la adquisición de la materia prima hasta el análisis de los resultados de la prueba de solidez del color de las muestras.

Figura 4

Flujograma muestral del proceso de un estampado con pigmento natural.



2.5. Equipos y materiales.

En el marco del proyecto de investigación, se emplearon herramientas y materiales esenciales para llevar a cabo el estampado con pigmento natural, facilitando así la ejecución y análisis de la solidez del color. Estos elementos contribuyeron significativamente al análisis de la prueba realizada en el laboratorio. A continuación, se detallan los equipos y materiales utilizados para dicho propósito.

2.5.1 Materiales de laboratorio

A continuación, se describen en la Tabla 3 los elementos más utilizados en el laboratorio textil, destacando sus características y aplicaciones principales.

Tabla 3

Materiales utilizados en el proceso de laboratorio

Materiales	Descripción
Vaso de precipitación	Es un recipiente cilíndrico que se usa para mezclar y calentar líquidos en laboratorios.
Agitador	Varilla de vidrio utilizada para agitar o mezclar sustancias.
Matraz	Recipiente con base ancha y cuello estrecho, ideal para reacciones químicas y preparación de soluciones.
Papel pH	Tira impregnada con indicadores de pH que cambia de color según el nivel de acidez o alcalinidad de una sustancia.
Balanza analítica	Instrumento de alta precisión para medir masa. Utiliza sensibilidad extrema para medir cantidades muy pequeñas.

2.5.2. Balanza Analítica

Es un instrumento utilizado en laboratorio para medir el peso exacto de algún producto, La cantidad límite de pesaje es de 220 gramos, ideal para trabajos donde se requiere medir cantidades muy pequeñas de materiales. Está diseñada con un compartimiento cerrado, para proteger el plato de la balanza de corrientes de aire, polvo y otros factores externos que podrían afectar la precisión de la medición. Además, pertenece a la marca METTLER TOLEDO.

Figura 5

Balanza Analítica



2.5.3. Pigmento de semilla de aguacate (persea americana)

El colorante obtenido a partir de la semilla de aguacate se emplea en el teñido de fibras textiles, utilizando mordientes vegetales y los resultados son muy satisfactorios (Pineda y Enrique, 2004).

Obtener un colorante natural plantea desafíos importantes, ya que diversos factores químicos, como la exposición a la luz, el pH y la presencia de oxígeno, afectan su estabilidad. La aplicación de los colorantes naturales extraídos de la semilla de aguacate tiene su contenido abundante en fenoles y a los atributos funcionales que presenta, los cuales ofrecen oportunidades para su exploración. (Ramos, 2017).

2.5.4. Tejido de punto jersey Pes/Co

Se ha seleccionado un tejido de punto Pes / Co 65% /35% en donde sus propiedades se pueden visualizar en la Tabla 4. Esta mezcla proporciona un equilibrio de características que lo hacen versátil y adecuado para diversas aplicaciones. La inclusión de poliéster aumenta la durabilidad del tejido, haciéndolo resistente al desgaste, mientras que el algodón aporta suavidad y comodidad al tacto. La proporción equilibrada también influye en la transpirabilidad del tejido, permitiendo la circulación del aire y manteniendo al usuario fresco. Este tipo de tejido es conocido por su facilidad de cuidado, siendo menos propenso a arrugas y requiriendo menos planchado que los tejidos 100% algodón. Además, la presencia de poliéster contribuye a la resistencia al encogimiento y a un secado más rápido.

Tabla 4

Caracterización del tejido jersey polialgodón.

Muestra del tejido	Características	Descripción
	Tipo de tejido	Tejido de punto tubular
	Nombre del tejido	Jersey
	Composición	65/35 Pes/Co
	Ancho (m)	0,86
	Rendimiento (m/kg)	3,0

2.5.5. Pasta base para serigrafía

Se trata de un compuesto químico con una textura ligeramente espesa, diseñado para el proceso de estampación. Esta pasta se pigmenta específicamente para la impresión en tejidos de algodón y poliéster. La mezcla se presenta lista para su uso como se visualiza en el Anexo 1. No obstante, si se busca reducir la viscosidad, se puede agregar agua, sal o urea como agente refrigerante.

La viscosidad de la pasta varía según el material a estampar y la malla utilizada, con el objetivo de lograr una definición precisa en el estampado y prevenir deformidades en la figura o sangrado. Además, se tiene la opción de incorporar suavizante para mejorar la apariencia al tacto. Cuando se trabaja con poliéster o una mezcla de algodón, se puede añadir un 1% de fijador. El pigmento es el componente químico que se ajusta para aumentar o disminuir la intensidad del tono deseado (Chulde, 2023).

Figura 6

Pasta base para serigrafía



2.5.6. Marco

Según Vázquez (2018) informa que los marcos pueden variar en sus formas, dimensiones y materiales, pero comparten dos características fundamentales como la rigidez y peso adecuado. La rigidez se destaca como la propiedad más esencial para prevenir deformaciones en la malla que se ajusta y tensiona al marco, evitando así la pérdida de tensión. Esta pérdida de tensión podría provocar alteraciones en el registro y una calidad de impresión deficiente. En cuanto al peso, también desempeña un papel crucial, ya que la pantalla debe ser manipulada con facilidad por el operario durante el proceso de estampación. En este proceso, se empleó un marco de madera con dimensiones de 35 cm x 30 cm.

Figura 7

Marco de madera



2.5.7. Malla

Dada la abundancia de opciones de mallas disponibles, es crucial realizar una elección adecuada para lograr impresiones de calidad. Al seleccionar la malla adecuada, es esencial considerar principalmente dos aspectos: el depósito de tinta y la imagen a reproducir.

En cuanto al depósito de tinta, la densidad de las mallas tiene una influencia directa en la cantidad de tinta depositada. Para obtener depósitos más sustanciales, se recomienda optar por mallas de alta densidad (HD) y un número de hilos de 100 o menos. En el caso de imprimir con tintas textiles que contienen partículas de pigmentos gruesos,

también se requieren mallas de baja densidad, en el rango de 40 a 77 hilos. En cambio, si se busca un depósito de tinta más fino o la reproducción de colores translúcidos, se deben utilizar tipos de mallas ligeras con un número de hilos de 120 o más (Potosí, 2023).

2.5.8. Racleta

El componente principal que influye en la calidad del revelado es la racleta, ya que posibilita la impresión al desplazarse con la pasta a lo largo de la malla, a través de la cual la tinta fluye e impregna el tejido (Pomaina y Naranjo, 2019). Por lo general, la racleta consta de un mango y una lámina de goma o caucho, la cual está incrustada y sujeta en la parte más ancha que entra en contacto directo con la pasta pigmentada para realizar el estampado en el tejido Pes/Co. Basándonos en estas especificaciones, se ha seleccionado una racleta con las características que se detallan en la Tabla 5.

Tabla 5

Características de la goma de la racleta

Características de la goma de la racleta					
Ancho	Largo	Espesor	Material	Dureza	Perfil
3,5 cm	14 cm	5mm	Poliuretano	65°Shore	Bisel Doble

2.5.9. Túnel de secado

El túnel de secado es una máquina para fijar acabados, brindar un secado y curado, a nivel de laboratorio, ofrece varios grados de temperatura según el proceso que se requiera realizar. Los parámetros de tiempo, velocidad y temperatura se pueden controlar a través de una pantalla de control de fácil uso. El textil es introducido por medio de una cinta transportadora que lo lleva al centro, donde se aplica el calor correspondiente (Potosí, 2023).

Yandún (2023) menciona que los túneles de secado están equipados con sistemas de calefacción y ventilación que permiten controlar la temperatura y la circulación de aire para lograr un secado uniforme y rápido. Estos túneles son comunes en la industria textil, pero también se utilizan en sectores como la alimentaria, automotriz y farmacéutica. Los túneles de secado pueden variar en longitud, configuración y capacidad, lo que les permite adaptarse a diferentes procesos de producción.

Tabla 6*Especificaciones técnicas del túnel de secado*

Especificaciones Técnicas	
Voltaje	220 v
Velocidad	0 a 15
Temperatura	0 a 300°C
Longitud de banda	2.50 m
Altura	1.10m
Ancho	1.10m

2.5.10. Trufade

El equipo Trufade se utiliza para llevar a cabo pruebas destinadas a evaluar la resistencia del color en textiles frente a la exposición a la luz. Durante este procedimiento, un conjunto de probetas es sometido a condiciones específicas de iluminación, replicando la radiación solar, a lo largo de un periodo determinado, además:

El software incorporado en el equipo está diseñado para facilitar su manejo y proporcionar información acerca de si los parámetros se encuentran dentro de las tolerancias especificadas por las normativas. En caso contrario, emite una alerta señalando un mal funcionamiento o una posible des calibración del equipo (Vega, 2018).

Según la información de Chulde (2023) el equipo Trufade exhibe las siguientes características generales:

- Cuenta con nueve portamuestras, cada uno con tres caras, lo que permite cargar hasta 27 probetas, con una superficie de exposición de 1640 cm².
- Facilita la edición de estándares preprogramados y la creación de condiciones de prueba personalizadas.
- Dispone de un panel de control con pantalla táctil sencilla e intuitiva.
- Incorpora un radiómetro solarsens que incluye un Black Standard Thermometer (BST).

- Utiliza una tecnología de lámpara de xenón enfriada por aire de alto rendimiento.
- Ofrece modos de funcionamiento controlados por potencia nominal e irradiancia.
- Cumple con los estándares internacionales de prueba para textiles y cuero.
- Garantiza un estricto control de la temperatura y la humedad en la cámara.

Para su operación, este equipo demanda un suministro continuo de agua destilada. Dado que cuenta con una lámpara de xenón refrigerada por agua, se requiere agua para mantener el nivel de humedad necesario, que es del 45%.

Figura 8

Equipo Trufade



La máquina emite una señal si es necesario añadir más agua para proseguir con el ensayo logrando que las condiciones de funcionamiento durante el proceso se mantengan en un rango de temperatura de 36°C y un 45% de humedad relativa (Chulde, 2023).

2.5.11. Espectrofotómetro

El espectrofotómetro, diseñado para medir la transmisión o reflexión del espectro de un objeto, compara la radiación para cada longitud de onda a la salida con el incidente. En este caso, se conecta a un monitor para obtener la información de color en el sustrato textil, representando el espacio tridimensional de los colores. Los ajustes se configuran al inicio de su uso como norma para pruebas posteriores y se adaptan según el tipo de tejido. Además, los datos del sustrato textil se registran en un formato de Excel para su análisis en un software estadístico, permitiendo comparar el cambio de color entre la muestra inicial y la final (Díaz, 2024).

Tabla 7

Especificaciones técnicas de Color i5 X-RITE

Especificaciones Técnicas Color i5 X-RITE	
Geometría óptica	d/8°
Repetibilidad	0.03 RMS Delta E Cielab
Acuerdo inter - instrumental	0.15 Avg. Delta E Cielab
Iluminación	Xenón Pulsado
Rango espectral	360 nm a 750 nm
Intervalo de longitud de onda	10 nm
Rango fotométrico	0.0% a 200% de reflectancia
Resolución fotométrica	0.01%
Tiempo de medición	2.5 segundos

Fuente: (Vega, 2018).

El uso del espectrofotómetro en la industria textil es crucial para asegurar la calidad y consistencia del color en los productos textiles. Los espectrofotómetros son herramientas de medición del color empleadas para capturar y analizar su tonalidad. En programas de control, los responsables de marcas y diseñadores los utilizan para definir y transmitir colores, mientras que los fabricantes los emplean para garantizar la exactitud cromática durante todo el proceso de producción (Vega, 2018). Además, analiza el color de una muestra mediante la emisión de luz a través de esta y la medición de la cantidad de luz reflejada o transmitida.

Figura 9

Espectrofotómetro



Fuente: (Díaz, 2024)

2.6. Normas.

A continuación, se describen las normas utilizadas en esta investigación. Entre las normas ISO aplicadas, destaca la 105-B02, que evalúa la solidez del color frente a la luz artificial, simulando condiciones de iluminación natural. También se incluye la ISO 105-A02, que utiliza una escala de grises para medir los cambios de color a que se aplica.

2.6.1. Norma ISO 105 – B02

La norma ISO 105-B02: Solidez del color a la luz artificial; se emplea para determinar la degradación del color en diversos sustratos textiles cuando se exponen a la luz artificial, simulando las condiciones de la luz natural cotidiana como:

Evaluar los cambios en las tonalidades de las muestras después de haber sido sometidas a la exposición lumínica. Para seguir la norma ISO 105-B02, es necesario utilizar el equipo Trufade, que incorpora una lámpara de arco de xenón refrigerada por agua (Vega, 2018).

El análisis se realizó conforme a la escala de grises para evaluar el grado de cambio en la tonalidad del color del estampado. La puntuación oscila entre uno y cinco, donde cinco indica que el color se mantiene sin pérdida, mientras que uno señala que la

mayoría del color ha desaparecido (Vega, 2018). Se toma en cuenta una calificación de cinco se considera excelente, mientras que una calificación de uno se clasifica como deficiente.

Principio

Se expone una muestra del textil a ser evaluado a la luz artificial, siguiendo las condiciones especificadas, junto con una escala de azules. La resistencia del color se determina comparando la degradación del color de la muestra con la observada en las muestras de la escala de azules correspondiente.

2.6.2. Norma ISO 105 – A02

La Norma ISO 105-A02: Escala de Grises para la evaluación del cambio del color; se utiliza para analizar las alteraciones en el color de materiales teñidos, como hilos o telas, y para realizar pruebas de resistencia del color. La solidez del color se califica en una escala del 5 al 1.

Tabla 8

Calificación de solidez a la luz escala de grises

Escala de grises	Observación
5	Excelente
4 – 5	Muy buena
4	Buena
3 - 4	Regular buena
3	Regular
2 – 3	Mediana
2	Baja
2 - 1	Deficiente mala
1	Muy mala

Fuente: (Cuascota, 2021).

2.7 Procedimiento

El procedimiento empieza desde la preparación del material el cual desempeña un papel crucial para garantizar resultados de alta calidad. Dentro de este contexto, la aplicación de apresto se convierte en un proceso esencial que demanda cuidado y

precisión. Desde la mezcla de la pasta madre con pigmento natural hasta la cuidadosa manipulación en el bastidor de estampado, cada paso contribuye a lograr un acabado óptimo en los tejidos, una vez realizado el estampado se procede a realizar las pruebas en el Trufade y el análisis en el espectrofotómetro. Este proyecto da a conocer las etapas fundamentales desde la preparación inicial hasta la ejecución de pruebas.

2.7.2. Extracción del pigmento natural en base a la semilla de aguacate (persea americana).

Recolección y limpieza

La materia prima utilizada en este estudio fue la semilla de aguacate, recolectada en la ciudad de Ibarra en la provincia de Imbabura, la misma fue seleccionada por su generoso volumen. Para el lavado de las semillas, se llevó a cabo una limpieza manual con el objetivo de eliminar todas las impurezas que pudieran acompañarlas. Este proceso implicó la remoción de restos de aguacate que pudieran afectar de alguna manera el procedimiento, utilizando agua de la llave.

Ralladura de semilla

Posteriormente, se procedió a reducir el tamaño de la materia prima mediante un rallador metálico casero, con un diámetro aproximado de 0.1. Esta etapa tiene como objetivo minimizar la masa como se aprecia en la Figura 10; por ende, aumentar la superficie para facilitar una extracción efectiva. La ralladura resultante se machacó hasta lograr tener una masa pastosa, la cual quedó lista para el proceso de extracción.

Figura 10

Ralladura de la semilla de aguacate



Preparación del solvente

Para preparar el solvente, se llevaron a cabo dos procesos distintos con el fin de determinar cuál es el más adecuado. En la primera formulación, se añadieron 4 g de sosa cáustica al 50% y 200 ml de agua destilada en un matraz, tal como se muestra en la Tabla 9. La segunda formulación consistió en mezclar 20 ml de alcohol etílico con 180 ml de agua destilada, como se puede visualizar en la Tabla 10. Estas formulaciones se realizaron con el objetivo de identificar cuál es la más eficaz para extraer una mayor cantidad de pigmento de la semilla de aguacate.

Tabla 9

Auxiliares del proceso del solvente - formulación 1

Auxiliares	Cantidades
Hidróxido de sodio al 50% (NaOH)	4 g
Agua destilada	200 ml

Tabla 10

Auxiliares del proceso del solvente – formulación 2

Auxiliares	Cantidades
Alcohol etílico	20 ml
Agua destilada	180 ml

Maceración

La maceración para extraer el pigmento de la semilla de aguacate se llevó a cabo colocando ralladura de la semilla en un solvente dentro de un matraz, manteniéndose por un tiempo determinado, como se expone en la Tabla 11. En este proceso, se dejaron 20 g de ralladura de aguacate en una solución de hidróxido de sodio y agua destilada durante 48 horas. Además, se realizó otra maceración utilizando 30 g de semilla de aguacate en una mezcla de alcohol etílico y agua destilada durante el mismo período. Como resultado, la maceración con etanol adquirió un tono anaranjado rojizo, como se visualiza en la

Figura 11, mientras que la realizada con hidróxido de sodio presentó una tonalidad marrón, tal como se muestra en la Figura 12.

Figura 11

Maceración con Etanol

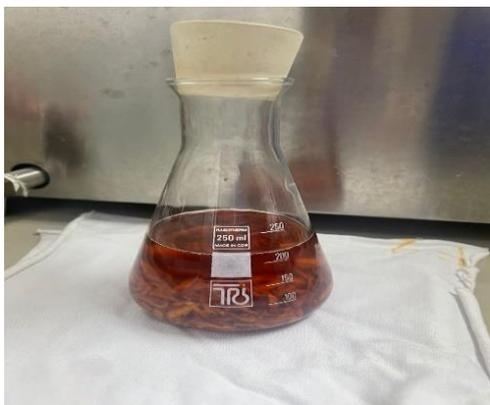


Figura 12

Maceración utilizando NaOH

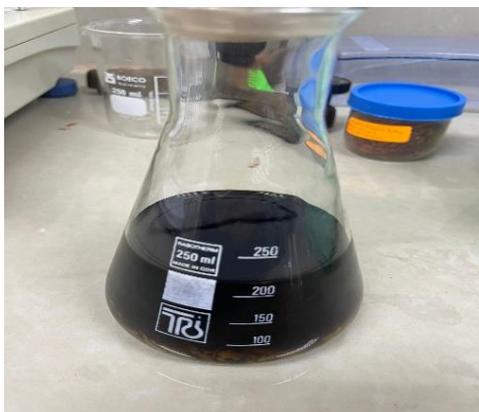


Tabla 11

Proceso de maceración

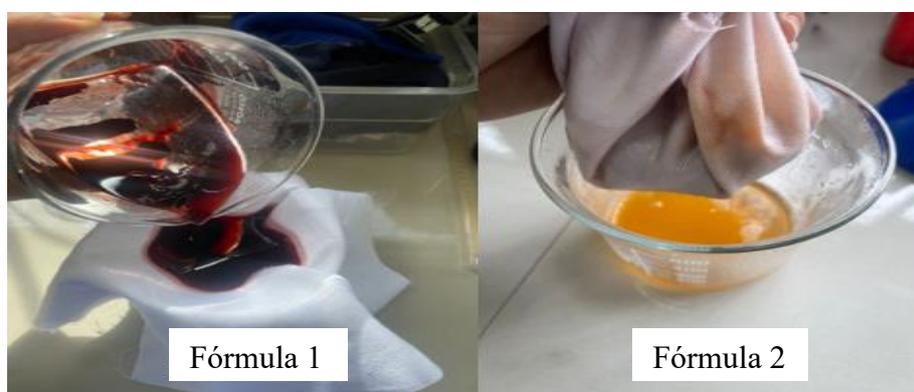
Solvente	Ralladura de semilla de aguacate (g)	Tiempo (horas)
Formulación 1	20	48
Formulación 2	30	48

Filtración

Para el proceso de filtración, se aplicó el mismo método en ambas formulaciones de solventes. Se utilizó una tela de mínima porosidad, colocada sobre un vaso de precipitación, sobre la cual se vertió la solución previamente macerada, como se muestra en la Figura 13. Esto se hizo con el propósito de eliminar todos los residuos sólidos presentes en la mezcla.

Figura 13

Proceso de filtración



Destilación

Después de filtrar las soluciones, se procedió a reducir la humedad de ambas formulaciones, como se ilustra en detalle en la Figura 14. Este proceso implicó la eliminación del agua presente. Posteriormente, para concentrar el pigmento extraído de la semilla de aguacate, como se muestra en la Tabla 12 se llevó a cabo un control de la temperatura que no supere los 80°C durante un período de 2 horas.

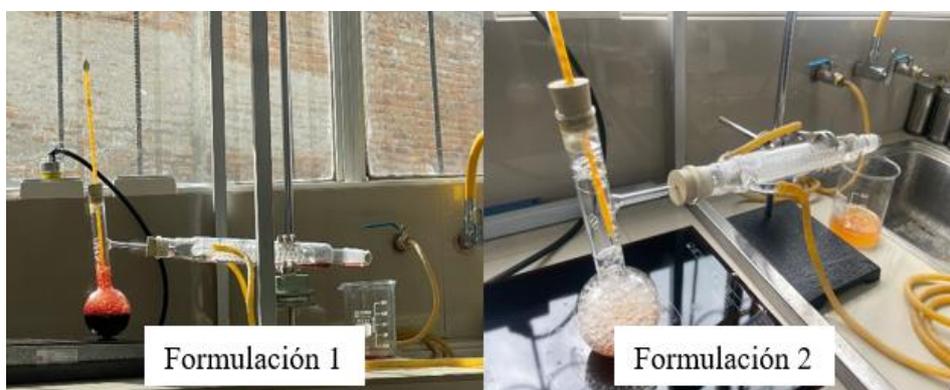
Tabla 12

Proceso de destilación

Solución	Tiempo (Horas)	Temperatura (°C)
Formulación 1	2	80
Formulación 2	2	80

Figura 14

Proceso de destilación



Cálculo de rendimiento del pigmento

Se calculó el rendimiento considerando la relación entre el peso final y el peso inicial de la semilla. Como se detalla en la Tabla 13, el rendimiento fue significativamente mayor con hidróxido de sodio, con un rendimiento del 25.49% en comparación con el etanol, que mostró un rendimiento del 9.59%.

$$\text{Rendimiento}(\%) = \left(\frac{\text{Peso final (g)}}{\text{Peso inicial (g)}} \right) \times 100$$

Tabla 13

Cálculo del rendimiento

Procesos	Peso final (g)	Peso inicial (g)	Rendimiento (%)
Formulación 1	56.087	220	25,49
Formulación 2	17.653	184	9.59

2.7.3. Preparación de la pasta pigmentada

La elaboración de la pasta madre pigmentada es un proceso crucial en el campo de la estampación. En este procedimiento, se pesan tanto el extracto de semilla de aguacate como la pasta base, de acuerdo a las diferentes concentraciones de pigmento con la formulación previamente establecida en g/Kg. Luego, se mezclan para crear la pasta pigmentada que se aplicará posteriormente en el proceso de estampado. A continuación,

en la Tabla 14 se presenta en detalle la formulación necesaria para llevar a cabo la preparación de la pasta madre pigmentada.

Tabla 14

Formulación de pasta pigmentada

Nº muestras	Concentración	Dosificación (g/ Kg)	Cantidad pasta base (g)	Cantidad pigmento (g)
4	C ₁	50	10	0,5
4	C ₂	80	10	0,8
4	C ₃	100	10	1

Para el desarrollo de la pasta pigmentada como se muestra en la Figura 15. Inicialmente se definió las cantidades adecuadas de pigmento. Posteriormente en un vaso de precipitación se combina la pasta madre con la cantidad de pigmento, utilizando una balanza analítica para medir las cantidades de forma exacta, finalmente se mezcla procurando lograr una pasta homogénea.

Figura 15

Desarrollo de la pasta pigmentada



Es crucial mezclar de manera exhaustiva para lograr una distribución uniforme del pigmento en la mezcla, evitando aglomeraciones y asegurando una coloración homogénea.

2.7.4. Proceso de estampación en tejido jersey polialgodón.

El tejido destinado a la estampación se colocó sobre una superficie plana y rígida. El bastidor se posiciona sobre el tejido y se ajusta para evitar cualquier movimiento indeseado. La pasta pigmentada se aplicó sobre la malla, extendiéndola por todo el diseño mediante una racleta.

Con una leve presión, el racle, junto con la pasta, se desliza de arriba hacia abajo en toda la zona de la malla con el fin que el estampado quede uniforme como se visualiza en la Figura 16. El número de pasadas es un factor crucial que determina la calidad y definición del diseño por lo cual se realizó 2 pasadas.

Figura 16

Proceso de estampación



Luego, se levantó el bastidor con cuidado y se procedió a realizar el secado y curado a 170°C como se observa en la Figura 17. Una vez que el estampado ya estuvo listo se procedió a desarrollar las muestras para la prueba de solidez del color, tal como se exhibe en la Figura 18.

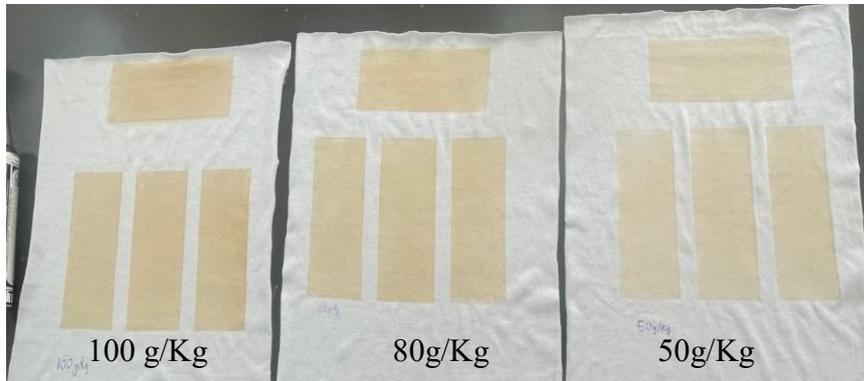
Figura 17

Curado de las muestras en el túnel de secado



Figura 18

Muestras de estampado con pigmento de semilla de aguacate.



2.7.5. Prueba de laboratorio

En esta investigación, las pruebas de laboratorio desempeñan un papel fundamental en la evaluación de la solidez del color a la luz en materiales textiles. Siguiendo los protocolos establecidos por la Norma ISO 105-B02 (2014), se lleva a cabo un proceso meticuloso que incluye la preparación de muestras según dimensiones específicas y la exposición controlada a condiciones de luz durante un periodo determinado. Posteriormente, se utilizan herrami en los colores antes y después de la exposición.

2.7.5.1 Prueba de solidez de color a la luz.

Para llevar a cabo el ensayo de solidez del color a la luz, es fundamental obtener las muestras tal como se exhibe en la Figura 19, siguiendo el procedimiento establecido por la Norma ISO 105-B02 (2014) la cual menciona que se debe realizar el siguiente proceso para la obtención de muestras.

- Tomar una muestra con dimensiones de 5 x 15 cm.
- Cortar un rectángulo de cartulina de 10 x 10 cm con un marco de 4 cm, doblando el cartón por la mitad.
- Realizar el estampado con el pigmento natural de semilla de aguacate en cada muestra.
- Posicionar la muestra en el interior de la cartulina y asegurar el extremo abierto.
- Disponer las muestras en el equipo durante un periodo de 40 horas.

Figura 19

Muestras a ensayar en el equipo Trufade



Después de completar la prueba de solidez a la luz, los resultados antes y después de la exposición. Utilizando un espectrofotómetro y las escalas de grises, se realizaron mediciones para evaluar los cambios en los colores de las muestras.

La evaluación de la degradación del color se realizó mediante la comparación con cinco conjuntos de estándares grises. En cada escala, la mitad de los estándares tiene un croma igual al del espécimen inicial, mientras que la otra mitad varía desde el croma inicial sin pérdida de color hasta el blanco, donde se pierde todo el color. La medición del contraste entre la tela estampada con pigmento natural realizada la prueba y la no sometida se relaciona con uno de los pares estándar, obteniendo así una calificación en la escala de grises. Una puntuación de 5 indica que apenas hubo pérdida de color, mientras que una puntuación de 1 indica que se perdió gran cantidad del color.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Resultados

En esta sección, se exponen detalladamente los hallazgos derivados de las pruebas cuantitativas realizadas mediante el equipo Trufade, en cumplimiento con lo establecido por la norma ISO 105 B02 para evaluar la solidez del color a la luz. Los valores obtenidos del espectrofotómetro, que reflejan la estabilidad del color bajo condiciones específicas de iluminación, son analizados para proporcionar una comprensión sobre la solidez del color a la luz de un estampado con pigmento de semilla de aguacate. Estos resultados ofrecen una visión profunda de la durabilidad del color.

3.1.1 Tabla de resultados de solidez de color a la luz del estampado con pigmento de semilla de aguacate

En la Tabla 15 se detalla la medición de los valores del color inicial o estándar de las muestras preparadas en tres concentraciones diferentes de pigmento: 50 g/kg, 80 g/kg y 100 g/kg. Estos valores representan la referencia base antes de someter las muestras a cualquier prueba de solidez del color. Esta medición inicial es crucial para evaluar cómo cada concentración de pigmento la intensidad del color y servirá como punto de comparación para el análisis de degradación del color tras la exposición a la luz. La precisión en estos valores iniciales permite establecer un estándar claro, facilitando la interpretación de los resultados de estabilidad y durabilidad del color en condiciones reales de uso.

Tabla 15

Intensidad de color estándar del estampado con pigmento de aguacate

	L	a	b	c
50g/kg	85.26	4.55	3.87	5.97
80g/kg	82.34	6.06	6.48	8.87
100g/kg	78.58	7.84	12.46	14.72

Nota: Las concentraciones se basan en gramos de pigmento de semilla de aguacate / Kg de pasta madre.

A continuación, en la Tabla 16 se presentan los resultados detallados de la solidez del color a la luz, evaluada mediante el uso de la escala de grises. Se analizaron un total de nueve muestras con diversas concentraciones: 3 muestras a 50g/kg, 3 muestras a 80g/kg y 3 muestras a 100g/kg.

Estos resultados permiten comprender cómo la degradación del color cuando se expone a la luz. La evaluación minuciosa de estas muestras es esencial para determinar la durabilidad y estabilidad del color, información que es crucial para aplicaciones prácticas en la industria. Esta tabla sirve como una referencia clave para comparar la efectividad del pigmento de semilla de aguacate en mantener el color bajo condiciones de exposición lumínica.

Tabla 16

Grado de solidez del color a la luz en escala de grises

Concentración/ Número de muestras	50g/kg	80g/kg	100g/kg
1	2	2	1
2	2.5	1.5	1.5
3	1.5	1.5	1.5

Nota: La escala de grises indica que el valor 5 es una solidez excelente y el valor 1 es una solidez muy mala.

3.2 Discusión de resultados de la solidez de color a la luz de estampado con pigmento de semilla de aguacate.

La discusión de resultados sobre la solidez de color a la luz de estampado con pigmento de semilla de aguacate implica analizar varios aspectos importantes relacionados con la durabilidad del color en textiles tratados con este pigmento natural.

En primer lugar, el uso de pigmentos derivados de semillas de aguacate para el tratamiento textil es parte de un enfoque sostenible y eco amigable en la industria textil. Este tipo de pigmentos naturales no solo ofrece una alternativa biodegradable a los tintes sintéticos, sino que también pueden tener propiedades beneficiosas para la resistencia a la luz y otras propiedades físicas de los tejidos. Uno de los puntos clave en la discusión de resultados es la solidez del color a la luz.

La solidez a la luz es crucial porque determina la resistencia del pigmento a la decoloración cuando se exponen a la luz solar o a fuentes de luz artificial intensa.

3.2.1 Análisis de la varianza de la pasta pigmentada a diferentes concentraciones.

Según los resultados mostrados en la Figura 20, se analizaron los valores obtenidos de las pruebas de solidez a la luz, proporcionando datos estadísticos importantes como la varianza. Además, los valores mínimos y máximos permiten determinar que la solidez a la luz varía entre 2.5 y 1, respectivamente. La figura también presenta los coeficientes de variación, destacando que la concentración de 50 g/kg tiene un coeficiente de variación del 25%, lo que indica una mayor dispersión en los datos. En contraste, la concentración de 80 g/kg muestra un coeficiente de variación menor, del 17.32%, indicando una dispersión más reducida.

Figura 20

Análisis de la varianza.

	50g/kg	80g/kg	100g/kg
N	3	3	3
Min	1.5	1.5	1
Max	2.5	2	1.5
Sum	6	5	4
Mean	2	1.666667	1.333333
Std. error	0.2886751	0.1666667	0.1666667
Variance	0.25	0.08333333	0.08333333
Stand. dev	0.5	0.2886751	0.2886751
Median	2	1.5	1.5
25 prcnil	1.5	1.5	1
75 prcnil	2.5	2	1.5
Skewness	0	1.732051	-1.732051
Kurtosis	-2.333333	-2.333333	-2.333333
Geom. mean	1.957434	1.650964	1.310371
Coeff. var	25	17.32051	21.65064

3.2.2 Normalidad de los datos para determinar su confiabilidad.

Según Past (2024) si el p valor es inferior a 0.05, se puede rechazar la hipótesis de normalidad. En tales casos, se consideran las pruebas de Shapiro-Wilk y Anderson-Darling como las más precisas. El análisis de la normalidad de los datos se realizó para establecer la confiabilidad de los valores obtenidos en los ensayos de solidez. Los valores

de p(normal) mayores a 0.05 proporcionan una confiabilidad del 95% en los datos obtenidos de cada prueba.

En la Tabla 17 se presenta el test de normalidad y confiabilidad de los datos de las pruebas de solidez. La prueba de Shapiro-Wilk indica que las distribuciones no son normales. Sin embargo, el test de normalidad de Anderson-Darling muestra valores p(normal) mayores a 0.05, lo que sugiere una confiabilidad del 95% en los datos expuestos.

Esto significa que, al considerar la prueba de Anderson-Darling, todos los parámetros muestran normalidad lo que permite continuar el análisis utilizando todos los datos. Esta evaluación asegura que el nivel de confianza para todos los parámetros es superior al 95%, garantizando la validez y la utilidad de los datos en el análisis estadístico.

Tabla 17

Prueba de normalidad

	50g/kg	80g/kg	100g/kg
N	3	3	3
Shapiro-Wilk W	1	0.75	0.75
p (normal)	1	0	0
Anderson-Darling A	0.1895	0.4878	0.4878
p (normal)	0.6307	0.05651	0.05651

3.2.3 Análisis de la prueba no paramétrica

Dado que los datos no cumplieron con el supuesto de normalidad según la prueba de Shapiro-Wilk, se consideró más apropiado utilizar una prueba no paramétrica para el análisis comparativo entre los grupos. En este contexto, se seleccionó la prueba de Kruskal-Wallis que se utiliza cuando no se pueden asumir distribuciones normales en las muestras.

La prueba de Kruskal-Wallis se realizó utilizando el software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences). Es un programa ampliamente utilizado para el análisis estadístico en ciencias sociales y otras disciplinas. Ofrece una variedad de herramientas para el análisis de datos, incluyendo pruebas no paramétricas.

Esta prueba evalúa si hay diferencias significativas entre las medianas de los diferentes grupos. El resultado obtenido se puede visualizar en la Tabla 18 fue un estadístico de Kruskal-Wallis de 3.582 que indica la magnitud de la diferencia entre las distribuciones de los grupos y un valor p de 0.167.

Tabla 18

Resumen de la prueba de Kruskal Wallis

Resumen de la prueba Kruskal Wallis	
N total	9
Estadístico de prueba	3.582
Grado de libertad	2
Valor p	0.167

El valor p obtenido 0.167 es mayor que el nivel de significancia comúnmente utilizado 0.05, lo que indica que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las distribuciones de las respuestas entre los tres grupos de concentraciones. Esto sugiere que las medianas de los efectos observados en los diferentes grupos no son significativamente diferentes entre sí bajo las condiciones realizadas del proyecto. Dado que el valor p es mayor que 0.05, podemos concluir que los datos son confiables en el contexto de esta investigación.

3.2.4 Análisis de resultados de la solidez del color a la luz.

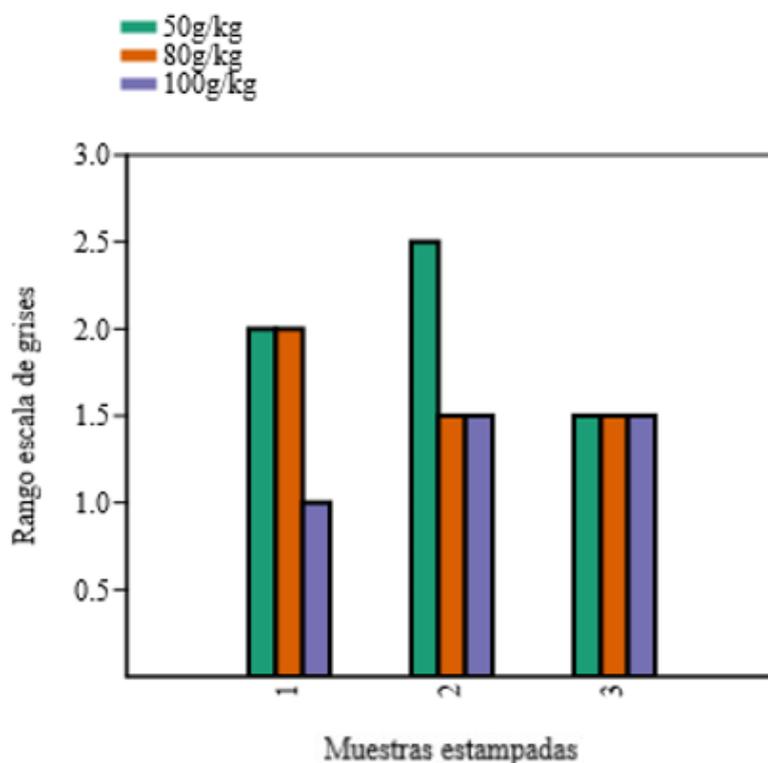
Para una mejor interpretación de los resultados, se realizaron gráficos estadísticos, incluyendo gráficos de barras de las pruebas de laboratorio realizadas.

En la Figura 21 se presenta un gráfico de barras que representa los datos de la escala de grises, la cual establece un rango de 1 a 5. En esta escala, un valor de 5 indica una solidez excelente, señalando ausencia de cambio de color, mientras que un valor de 1 indica una solidez muy mala, evidenciando un cambio de color elevado.

El gráfico muestra claramente un cambio significativo en la solidez a la luz, con valores que varían entre 2.5 y 1. Estos resultados, que se encuentran en rangos bajos y muy bajos, indican una baja resistencia del color a la luz. Esta visualización facilita la comprensión de la estabilidad del color bajo exposición lumínica.

Figura 21

Gráfico de barras de las pruebas de solidez a la luz



3.2.5 Discusión de resultados

La discusión de los resultados obtenidos en la solidez de color a la luz para el pigmento de semilla de aguacate revela varios aspectos importantes basados en el proceso experimental descrito.

En primer lugar, se utilizó un método de extracción de pigmento de semilla de aguacate que involucró dos formulaciones diferentes: una con hidróxido de sodio y otra con etanol. Estas formulaciones mostraron diferencias significativas en rendimiento de extracción, con el método de hidróxido de sodio alcanzando un rendimiento de 25.49% frente al 9.59% obtenido con etanol. Este resultado indica que el hidróxido de sodio fue más efectivo para extraer el pigmento de la semilla de aguacate.

Posteriormente, se desarrolló una pasta pigmentada utilizando el pigmento obtenido con hidróxido de sodio en concentraciones de 50 g/kg, 80 g/kg y 100 g/kg de pasta madre base agua. Estas concentraciones fueron aplicadas sobre un tejido de poliéster algodón 65/35 mediante estampación por serigrafía, generando 9 muestras en total.

Las muestras fueron sometidas a pruebas de solidez de color a la luz artificial según la norma ISO 105 B02. Este procedimiento incluyó un secado y curado específicos antes de exponer las muestras al equipo de Trufade durante 40 horas a condiciones controladas de temperatura y humedad.

Los resultados de las pruebas de solidez de color revelaron que las muestras presentaron una baja solidez a la luz. Según el análisis en el espectrofotómetro, los valores obtenidos en base a la escala de grises variaron entre 1 y 2,5, indicando una resistencia deficiente del color a la degradación de la luz. Específicamente, los valores más bajos sugieren una solidez muy mala, lo cual puede deberse a diversos factores como la naturaleza del pigmento extraído, la concentración en la pasta pigmentada y la interacción con el sustrato de poliéster algodón 65/35.

Es crucial considerar que la baja solidez a la luz puede limitar la aplicabilidad práctica del pigmento de semilla de aguacate en aplicaciones donde la estabilidad del color es esencial, como en textiles expuestos a la luz solar o artificial intensa. Factores adicionales como la afinidad del pigmento con el sustrato textil pueden influir en la solidez del color.

Aunque el proceso de extracción del pigmento de semilla de aguacate fue exitoso en términos de rendimiento, las pruebas de solidez a la luz indican que se necesitarían ajustes adicionales en las formulaciones o procesos de aplicación para mejorar la resistencia del color a la degradación bajo condiciones lumínicas, asegurando así una mayor durabilidad y estabilidad del color en textiles tratados con este pigmento natural.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- El estudio presentó resultados detallados sobre la solidez del color de estampados utilizando pigmento natural de semilla de aguacate. Se observó una baja solidez a la luz en las muestras evaluadas, con un rango de 2.5 a 1 en la escala de grises, lo que indica una degradación significativa del color. Con los valores obtenidos en las pruebas de solidez del color a la luz, con el pigmento de semilla de aguacate, en las concentraciones y en las condiciones analizadas, se llega a determinar que estas no proporcionan una resistencia adecuada a la luz, considerando que un rango adecuado es de 4.5 a 5 en la escala de grises para aplicaciones textiles que requieren alta resistencia del color.
- De la investigación bibliográfica se llegó a identificar 32 bases de datos que destacan los estudios relacionados con el proceso de estampado, lo cual proporcionó así una base sólida sobre las técnicas de serigrafía y el uso de pigmentos naturales en la industria textil. Lo cual fue indispensable para el desarrollo de investigación.
- Luego de haber aplicado el proceso de extracción, se logró obtener pigmento de semilla de aguacate. Estableciendo que el método más eficaz fue mediante la extracción con hidróxido de sodio, con lo cual se obtuvo un rendimiento significativo del 25.49 % en comparación con el método de etanol con un rendimiento 9.59%.
- Las concentraciones de pigmento utilizadas en las pruebas (50 g/kg, 80 g/kg, 100 g/kg) mostraron diferencias en la solidez del color a la luz, destacando una tendencia hacia una disminución en la resistencia conforme se incrementa la concentración. Estos resultados sugieren que, aunque una mayor concentración de pigmento puede intensificar el color, también puede comprometer su durabilidad ante la exposición a la luz.
- Dado que la obtención de los resultados de esta investigación se realizó de acuerdo a la medición en la escala de grises y al no presentar normalidad según la prueba de ShapiroWilk, es esencial utilizar una prueba no paramétrica para evaluar la distribución de los datos con mayor precisión. Es por ello, que se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis la cual arrojó un p valor de 0.167 indicando que los datos de la investigación son fiables y precisa de los resultados obtenidos.

Recomendaciones

- Se recomienda considerar ajustes en las formulaciones de pigmento o en los métodos de aplicación para mejorar la resistencia a la luz del estampado con pigmento de semilla de aguacate. Además, explorar otras técnicas de extracción de pigmento para evaluar su impacto en la solidez del color y la eficiencia del proceso.
- Optimizar y estandarizar el método de extracción con hidróxido de sodio para maximizar el rendimiento y la calidad del pigmento. Esto podría incluir la experimentación con diferentes concentraciones de hidróxido de sodio, tiempos de extracción y condiciones de temperatura. Además, explorar otros posibles métodos de extracción que puedan ser más sostenibles o económicos sin comprometer la calidad del pigmento.
- Realizar estudios adicionales para determinar la concentración óptima de pigmento que logre un equilibrio entre la intensidad del color y la solidez a la luz. Esto podría incluir pruebas con concentraciones intermedias y la evaluación de otros factores que puedan influir en la solidez del color, como el tipo de tejido y las condiciones ambientales, como la temperatura, la humedad y la exposición a diferentes tipos de luz, ya que estos factores pueden alterar la estabilidad del pigmento y, en consecuencia, la resistencia del color.

Referencias bibliográficas

- Acevedo, Linares, & Cachay. (2013). *Investigación en la acción. Un ejemplo de estudio experimental en el mercadeo de servicios*.
<https://www.redalyc.org/pdf/816/81632390010.pdf>
- Bravo, L. E. C., Molano, J. I. R., & López, H. J. F. (2021). Analítica académica: Nuevas herramientas aplicadas a la educación. *Revista Boletín Redipe*, 10(3), Article 3.
<https://doi.org/10.36260/rbr.v10i3.1225>
- Castilla. (2011). *Extracción y uso de tres pigmentos naturales a partir de tomate de árbol (Solanum betaceum Cav.), Mortiño (Vaccinium myrtillus L.) y mora de castilla (Rubus glaucus) como alternativa colorante natural para alimentos*.
<https://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/4929/T-ESPE-IASA%20I-004583.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chagoya, E. R. (2016). *Métodos y técnicas de investigación*.
https://www.academia.edu/27845971/M%C3%A9todos_y_t%C3%A9cnicas_de_investigaci%C3%B3n
- Chulde, K. G. (2023). *Teñidos y acabados en tejidos de punto de fibra polialgodón*.
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/14707/2/04%20IT%20346%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Constitución de la República del Ecuador. (2021). *Constitución de la República del Ecuador*.
https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf
- Correa, G. (2016). *Teñidos y acabados en tejidos de punto de fibra polialgodón*.
https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/1783/Giovanni_Informe_T%3%adtuloprofesional_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Cuascota, K. (2021). *Análisis de la tintura de un tejido jersey 100% algodón, utilizando el negro de humo, mediante el método de agotamiento.*
<https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/11203/2/04%20IT%20289%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Díaz, S. (2024). *Influencia del termofijado en la solidez de color al laado de un tejido Jersey 100% algodón estampado con plastisoles.*
<https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/15874/2/04%20IT%20382%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- ERAZO, M. (2020). *Aplicación de tintas termocromaticas en tejido 100% algodón para confección de prendas infantiles como indicador en el aumento de la temperatura corporal.*
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10215/2/04%20IT%20261%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- García, L. Á., López Medina, F. L., Moreno Toiran, G., & Ortigosa Garcell, C. (2018). El método experimental profesional en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Química General para los estudiantes de la carrera de ingeniería mecánica. *Revista Cubana de Química*, 30(2), 328-345.
- Granados, M. N. (2012). *Evaluación de la resistencia de estampado sobre tela de algodón con tinte natural de estopa de coco (cocos nucifera).*
<https://webquery.ujmd.edu.sv/siab/bvirtual/BIBLIOTECA%20VIRTUAL/TESIS/03/DPA/0001839-ADTESGE.pdf>
- Hatzakis, E., Mazzola, E. P., Shegog, R. M., Ziegler, G. R., & Lambert, J. D. (2019). Perseorangin: A natural pigment from avocado (*Persea americana*) seed. *Food Chemistry*, 293, 15-22. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.04.064>

- ISO 105-B02. (2014). *UNE-EN ISO 105-B02:2014 Textiles. Ensayos de solidez del color...* <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0054034>
- Llulluna, E. (2023). *Análisis del cambio dimensional del tejido de punto fleece 65/35 pes/co para determinar la variabilidad del tejido acabado.* <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/15159/2/04%20IT%20362%20Tesis.pdf>
- Malan, L. (2019). *Innovación en los procesos de serigrafía hacia el uso de tintes ecológicos.* <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/7673/1/UNACH-EC-FCEHT-DS%c3%91-GRF-2021-000006.pdf>
- Martín, N., & Viniegra, M. (2023). Pigmentos Naturales. *Contactos, Revista de Educación en Ciencias e Ingeniería, 130*, Article 130.
- Mottillo, F. (2021). *Desarrollo de tinta textil serigráfica a partir de insumos de origen natural.* <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/27983>
- Narváez, R. M. B., Ortega, Y., & Ducón, W. (2019, agosto). Persea americana, un pigmento ecológico para el arte 2030. *Revista Científica Agroecosistemas.* <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/download/289/313/>
- Otero, A. (2018). *Enfoques de investigación.* https://www.researchgate.net/publication/326905435_ENFOQUES_DE_INVESTIGACION
- Past. (2024). *Past.* <https://www.nhm.uio.no/english/research/resources/past/downloads/past4manual.pdf>
- Pineda, D., & Enrique, J. (2004). *Proceso para obtener colorante a partir de la semilla del aguacate.* <https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad->

efit/article/download/836/745/2490#:~:text=A%20partir%20de%20la%20semil
la%20del%20Aguacate%20se%20puede%20extraer,color%20a%20fibras%20na
turales%20usando

Potosí, M. (2023). *Efecto devoré sobre muestras de tela jersey pes/co 65/35 utilizando pasta madre ácida como agente destructor de algodón mediante estampación directa.*

<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/14536/2/04%20IT%20342%20TRABAJO%20GRADO.pdf>

Ramos, L. H. (2017). *Aprovechamiento de la semilla de aguacate variedad lorena como un colorante natural y del aceite de mesocarpios residuales de la variedad hass como componentes funcionales en un jabón líquido.*

[https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/3150/Tesis%20Aprovechamiento%20del%20aguacate%20como%20colorante%20y%20ac
eite%20para%20un%20producto%20cosmetico.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/3150/Tesis%20Aprovechamiento%20del%20aguacate%20como%20colorante%20y%20ac
eite%20para%20un%20producto%20cosmetico.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

Rivas, C. (2016). *“Evaluación del pigmento obtenido de la semilla de dos variedades de aguacate (Persea americana var. Hass y Persea americana var. Fuerte) como alternativa de uso en la industria de alimentos.*

[http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/485/1/295%20evaluacion%20del%20pigmento%20obtenido%20de%20la%20semilla%20de%20dos%20vari
edades%20de%20aguacate.pdf](http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/485/1/295%20evaluacion%20del%20pigmento%20obtenido%20de%20la%20semilla%20de%20dos%20vari
edades%20de%20aguacate.pdf)

Rojas Lazo, O., Mavila Hinojoza, D., & Rojas Pérez, N. (2014). Insumos ecológicos en la serigrafía textil: Caso peruano. *Industrial Data*, 14(1), 034.

<https://doi.org/10.15381/idata.v14i1.6207>

Taya, P. (2019). *Análisis de transpirabilidad en telas de tejido de punto con diferentes mezclas, y ligamentos, destinadas a la confección de ropa deportiva.*

<https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9650/2/04%20IT%20255%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>

Universidad Técnica del Norte. (2022). *Vicerrectorado de investigación– Universidad Técnica del Norte*. <https://www.utn.edu.ec/direccion/>

Vazquez, C. G. (2018). *Serigrafía*. https://www.aliat.click/BibliotecasDigitales/disenio_y_edicion_digital/Serigrafia/Serigrafia-Parte1.pdf

Vega, A.-Z. (2018). *Estudio Técnico del Nivel de Degradación del Color a la Luz Uv de las fibras Bambú y Algodón*. 1(1). <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7912/2/ART%c3%8dCULO.pdf>

Yandún. (2023). *Aplicación de un acabado con miel de abeja para mejorar la recuperación al dobléz y arrugas en tejido plano 100% algodón*. <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/14070/2/04%20IT%20333%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>

Yupangui, J., & Reyes, H. (2019). *Elaboración de pigmento negro a base de la pepa de aguacate*. https://www.researchgate.net/publication/331396163_Elaboracion_de_pigmento_negro_a_base_de_la_pepa_de_aguacate

Anexos

Anexo 1

Ficha técnica de la pasta base.



SOLLYD WSL BASE TEXTIL MATE CD2200

Tinta de clase BASE AGUA ideal para telas y fondos claros, cuenta con una gran estabilidad de impresión, provee un acabado cero tacto.

CARACTERISTICAS PRINCIPALES

- Pigmentación rápida
- Excelente paso por mallas cerradas
- Buena adherencia solidez
- Acabado cero tacto.

RECOMENDACIONES

- Utilice una malla apropiadamente tensionada y raseros (squeegees) de borde rectangular.
- Para obtener los mejores resultados en alta definición, use mallas (43T-120T). Llene completamente las áreas abiertas de la pantalla con tinta, luego imprima con un rasero a presión media
- Para tirajes muy largos añada 5% de RETARDANTE BASE AGUA para evitar bloqueos de malla en el proceso de impresión.

PARAMETROS RECOMENDADOS

SUSTRATOS: 100% poliéster, mezclas poliéster algodón,

MALLAS: 43T-120T

RASERO: 60-75

CURADO: PLANCHA 170°C 15 segundos / HORNO: 170°C 1minuto

Esta información corresponde al estado actual de nuestros desarrollo y conocimientos. Se garantiza la buena calidad del producto ya que han sido probado en laboratorio. Este documento pretende guiar en la posible aplicación del producto. SOLLYD no se responsabiliza por el mal uso que se pueda dar con el producto, esto queda bajo responsabilidad del usuario. Recuerda corroborar la información haciendo sus propias pruebas ya que los parámetros podrían cambiar para distintos tipos de locación y producción.
CONSULTA CERTIFICACION EN ESTE CANAL: <https://www.sollyd.com/about.html#gsty>