



Industrial Data

ISSN: 1560-9146

ISSN: 1810-9993

industrialdata@unmsm.edu.pe

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Perú

Cachay Anardo, Adriana Edith; Bellin Cier, Renato
Innovación tecnológica Kipa en procesos de teñido de algodón reactivo alineados
con las ODS en la empresa, para la producción de prendas artesanales
Industrial Data, vol. 27, núm. 2, 2024, Julio-Diciembre, pp. 33-49
Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Lima, Perú

DOI: <https://doi.org/10.15381/idata.v27i2.26905>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81690013>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en [redalyc.org](https://www.redalyc.org)

[redalyc.org](https://www.redalyc.org)

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de revistas científicas de Acceso Abierto diamante
Infraestructura abierta no comercial propiedad de la academia

Innovación tecnológica Kipa en procesos de teñido de algodón reactivo alineados con las ODS en la empresa, para la producción de prendas artesanales

ADRIANA EDITH CACHAY ANARDO ¹

RENATO BELLIN CIER ²

PABLO JOSÉ LUPIS DAVILA ³

RECIBIDO: 26/10/2022 ACEPTADO: 13/09/2023 PUBLICADO: 18/12/2024

RESUMEN

En la actualidad, el uso del pigmento reactante en el teñido de fibras textiles está muy extendido. Esto se debe a las propiedades de resistencia que la reacción covalente producida entre el colorante y la fibra le confiere a esta última después del proceso de teñido. Sin embargo, para alcanzar el nivel de solidez requerido, es necesario suprimir el colorante hidrolizado mediante múltiples enjuagues, por lo que se produce un alto consumo de agua, tiempo y energía. Dada la importancia de preservar los recursos de la naturaleza, especialmente el agua, que es un elemento clave en el proceso de teñido, es crucial identificar periodos significativos en los que se pueda minimizar su consumo. Es en las fases subsiguientes al teñido (jabonado y enjuagues) en donde se produce el mayor desperdicio de este recurso potable, pues en ellas se consume el 70% del agua utilizada en el proceso de teñido con pigmento reactante. El objetivo de esta investigación consiste en optimizar el teñido de algodón mediante un proceso denominado «Kipa», con la finalidad de reducir el consumo de recursos, tales como el agua, y minimizar el uso de elementos tóxicos en el proceso de teñido, tales como el cloruro de sodio y los químicos auxiliares. Asimismo, se busca identificar características temporales y térmicas, como el pH y la afinidad de baño, y el costo de los productos utilizados con la finalidad de optimizar el proceso de teñido.

Palabras clave: industria textil, teñido de algodón, teñido reactivo, teñido con reactivos sostenibles, sustentabilidad.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el medio ambiente está sufriendo los efectos dañinos del calentamiento global. El sector textil ocupa el segundo lugar entre las industrias más contaminantes del mundo, tan solo superado por la industria petrolera.

Un estudio ecológico ha demostrado que el proceso de teñido de algodón 100% reactivo produce aguas residuales contaminadas que ocasionan daños al medio ambiente, personas y empresas. El proceso actual de teñido reactivo de algodón desperdicia recursos y agota nuestra valiosa agua potable, debido a que una considerable porción del agua tóxica se vierte por el desagüe sin ser tratada anteriormente, lo que afecta a los peces y contamina nuestras aguas. Además, es un proceso anticuado y lento y, por ende, costoso.

Con este artículo se pretende contribuir al conocimiento evidenciando y resaltando el potencial del sector textil en nuestro país. Se proponen mejoras para su cadena productiva desarrollando un sistema innovador para el proceso de una nueva forma de teñido a nivel mundial que promueva la reactivación de la industria basándose en la innovación y la supervisión de la mitigación del impacto ambiental.

¹ Licenciada en Administración y Dirección de Empresas por la Universidad San Ignacio de Loyola (Lima, Perú). Actualmente, se desempeña como gerente adjunta en Ayni Design Lab SAC (Lima, Perú).

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9526-1320>

Autor de correspondencia: adriana.cachay@gmail.com

² Master en Supply Chain Management por la Universidad ESAN (Lima, Perú). Actualmente, se desempeña como gerente de Administración en Compañía Industrial ROMOSA SAC (Lima, Perú).

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6707-5136>

E-mail: rbellin@romosaperu.com

³ Actualmente, se desempeña como gerente general en Compañía Industrial ROMOSA SAC (Lima, Perú).

Orcid: <https://orcid.org/0009-0003-4933-8352>

E-mail: pablolupis@ctrecutex.com

El proceso KIPA aborda las complicaciones ambientales asociadas al teñido de algodón 100% reactivo, pues este nuevo método logra que el teñido sea más eficiente y sostenible. El proceso KIPA ayuda a proteger el suministro de agua dulce al disminuir su consumo en un 60%, dado que el algodón y el tinte son compatibles y no se utiliza el cloruro de sodio durante el proceso de teñido.

Además, el proceso KIPA disminuye el consumo de energía, acorta el tiempo del proceso y utiliza menos productos tóxicos para el teñido, con lo que se obtienen aguas residuales limpias. La sostenibilidad y la economía no se excluyen mutuamente, por lo que las tintorerías ahora pueden mejorar su capacidad de producción en un 300%.

Por lo anterior, la investigación analiza cómo el proceso de teñido de algodón Kipa afecta los resultados respecto a las características técnicas y estándares mínimos internacionales establecidos por la Asociación Americana de Químicos Textiles y Coloristas (AATCC). En este estudio se realiza una validación técnica del proceso en volúmenes mínimos de 400 kg, mediante el uso de su infraestructura tecnológica y el software disponible. Se busca demostrar la incidencia de los resultados métricos y contenido de valor técnico comercial de la fórmula KIPA para lograr una difusión efectiva de una propuesta que valore los indicadores ambientales.

En la actualidad, el uso del pigmento reactante en el teñido de fibras textiles está muy extendido. Esto se debe a las propiedades de resistencia que la reacción covalente producida entre el colorante y la fibra le confiere a esta última después del proceso de teñido. Sin embargo, para alcanzar el nivel de solidez requerido, es necesario suprimir el colorante hidrolizado mediante múltiples enjuagues, por lo que se produce un alto consumo de agua, tiempo y energía.

El objetivo de esta investigación consiste en optimizar el teñido de algodón mediante un proceso denominado «Kipa», con la finalidad de reducir el consumo de recursos, tales como el agua, y minimizar el uso de elementos tóxicos en el proceso de teñido, tales como el cloruro de sodio y los químicos auxiliares. Este reto fue asumido y, como resultado, se obtuvo un producto innovador: el algodón Kipa.

El uso del algodón Pima, reconocido a nivel mundial como uno de los mejores por su finura, suavidad y fibras extra largas, ofrece una ventaja que se ha empleado para competir en mercados exigentes

y conocedores. Sin embargo, no es la única fibra natural que destaca competitivamente en el sector textil. El desarrollo del nuevo algodón Kipa se alinea con los estrictos parámetros de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en particular con el objetivo N.º 6: Agua limpia y saneamiento, que pretende garantizar el acceso al agua de forma sustentable y el saneamiento para todos.

Antecedentes

El International Trade Center (2011) aborda una investigación que tuvo como objetivo fomentar crecimiento de las webs peruanas especializadas en prendas de alpaca, con la finalidad de aumentar su competitividad. La empresa Romosa S.A.C. se destaca como líder en la producción de hilados especiales como heather, flamé, inyectados, mouliné, otros, fabricados con 100% algodón o mezclas con algodón y diversas fibras (alpaca, lino, bambú, modal, viscosa, tencel, poliéster, otros). El compromiso de la empresa con la alta calidad e innovación la ha posicionado como el *top of mind* de sus clientes, quienes utilizan sus fibras para la elaboración de productos que son exportados principalmente a Estados Unidos y Europa. Dichos clientes trabajan con empresas exportadoras del Perú y, mediante los productos de Romosa, satisfacen la demanda de clientes reconocidos en el mundo de la moda a nivel internacional tales como Patagonia, Hugo Boss, Michael Kors, Ralph Lauren, Vineyard Vines, entre otras.

Por su parte, Ocampo (2019), en su investigación titulada *Optimización del proceso de teñido reactivo de tejidos de algodón sin afectar la apariencia y la solidez al lavado, en el área de tintorería de una empresa textil localizada en Lima-Perú*, denota la viabilidad de la optimización de procesos en una tintorería con el objetivo de incrementar la producción manteniendo los estándares de calidad (sin la apariencia o solidez) y reduciendo los costos. Su investigación es aplicada y explicativa, ya que explora y describe el proceso de teñido reactivo para establecer una correlación entre las variables. La autora concluye que la optimización del ciclo de jabonado puede representar un aumento de la producción del 13%.

Por otro lado, Quinto (2022), en su trabajo de investigación *Decoloración por electro-oxidación de efluentes textiles del proceso de teñido de algodón con colorantes reactivos*, declara que los residuos industriales afectan de manera negativa las masas de agua debido al tratamiento inadecuado de las aguas residuales. El rubro textil consume grandes

cantidades de agua por causa de los diferentes agentes químicos que se utilizan, lo que da lugar a aguas residuales cargadas de contaminantes procedentes del proceso de teñido. Para abordar este problema, Quinto aplica la metodología de electro-oxidación con malla de titanio para el decolorado simulado y real de las aguas residuales del proceso de teñido con colorante reactivo, con la finalidad de ser reutilizadas.

A su vez, Sucasaca (2022), en su trabajo de investigación para título profesional denominado *Efectos del colorante natural inflorescencia de colli (Buddleja coriacea) en la solidez de color del teñido de fibras de alpaca, Puno 2021*, tuvo como propósito extraer el pigmento amarillo a partir del brote de colli para utilizarlo en el proceso de teñido en fibras de alpaca y determinar la reacción del pigmento innato en la estabilidad de las fibras teñidas de alpaca. Para tal fin, trabajó con 16 muestras de tinte y controles de resistencia. Además, realizó pruebas a nivel laboratorio con el colorante extraído de la inflorescencia de colli y, para obtener distintos resultados, modificó los agentes concentrados de mordiente, temperatura y tiempo en el proceso de teñido.

Mientras tanto, Pallo (2022), en su investigación, destaca la importancia de reconocer técnicas artesanales como el tejido en telar del pueblo Salasaca para la elaboración de accesorios. Actualmente, el mercado de diseño de accesorios está cambiando, muchos de los clientes optan por adquirir elementos duraderos que contribuyan al cuidado del medio ambiente; los diseñadores de moda han creado una tendencia mundial al colaborar con artesanos hábiles fusionando técnicas artesanales como el tejido, bordado, tinturado y motivos importantes de cada cultura. Esta colaboración en conjunto genera valor agregado a los productos. De modo que la comercialización es parte integral del proyecto, pues permitió generar réditos financieros a nivel local al realizar piezas con una planificación estructural y funcional con distintos acabados realizados con material de la localidad como las fibras animales y vegetales.

Del mismo modo, Mamani (2020), en su investigación *Efectos del teñido natural con cúrcuma (Curcuma longa) en la solidez del color del hilado de alpaca para la artesanía textil, Puno 2020*, tuvo como objetivo determinar la reacción del teñido en ciernes con cúrcuma en la resistencia del color de la fibra de alpaca. Utilizó el método hipotético-inductivo, la población estuvo

compuesta por la cantidad de hilos de alpaca producidos en el poblado de Conduriri durante el último quinquenio y el tipo de representación fue no probabilística predeterminada; utilizó 38 ejemplares de hilado para realizar el estudio. Los resultados demostraron que los factores sustrato/planta, tiempo y temperatura de teñido tienen un efecto relevante en la resistencia del color al lavado y estabilidad al frote en seco. Obtuvo un grado de 4.17 en la resistencia del color al lavado con un procedimiento idóneo en relación sustrato/planta de un 9%, un tiempo de 30 minutos y una temperatura de 98°C; asimismo, obtuvo un grado de 4.5 de la solidez del color al frote en seco con un tratamiento óptimo relación sustrato/planta de 9%, tiempo de 30 minutos y una temperatura de 85°C; sin embargo, todos presentan baja solidez en el tratamiento.

Una limitación de la investigación fue el factor económico. Si bien el rubro textil peruano es uno de los motores del progreso en el empleo, las industrias deben invertir para satisfacer la demanda del mercado internacional. A pesar del potencial y las ventajas que tiene el sector textil debido a la alta cantidad de producción en fibra de algodón que sostiene a nivel global a nuestro país y la calidad de la misma, siguen existiendo retos. Entre ellos se encuentran la falta de capacitación de la mano de obra en cuanto a técnicas de tejidos y estándares de calidad adecuadas para el mercado nórdico, y la falta de participación directa en el proceso de negociación de las prendas.

Origen

El algodón Kipa surge del cambio químico del algodón regular para modificar en forma constante su carga eléctrica. El término «algodón» proviene del árabe *gunt* y pertenece al género *Gossypium*. Según la variedad y la región de donde proviene, sus tallos verdes pueden medir entre 0.8 y 1.5 metros de altura. Al florecer, el color del tallo cambia de verde a rojo, sus hojas en forma de corazón poseen cinco lóbulos, sus flores pueden ser rojas o blancas con manchas y su fruto es una cápsula que contiene un promedio de 15 a 20 semillas Romosa S.A.C. (2021b).

El algodón tiene como característica la suavidad de su fibra y su cultivo se remonta a tiempos antiguos. En un inicio, el término «algodón» se refería semánticamente a «tejido fino». Además, desempeñó un papel protagónico en el desarrollo de la industria textil hindú.

Ventajas y desventajas

Ventajas: fácil de mantener caliente, absorbe la humedad, tiene ajuste suave, transpirable, resistente a los álcalis y al calor, limpio e higiénico.

Desventajas: propenso al encogimiento, propenso a la formación de bolitas (*pilling*), fácil de arrugar, la aspecto poco liso y hermoso, requiere de planchado frecuente.

Clases de algodón

En la memoria técnica de comparación del proceso de teñido actual de algodón reactivo frente al proceso de teñido de algodón reactivo Kipa, se definen las características técnicas y los estándares mínimos internacionales requeridos por la Asociación Americana de Químicos Textiles y Coloristas (Romosa S.A.C., 2021c). En ella, se describen los tipos de teñido según la siguiente clasificación:

- Algodón indio: algodón de fibra corta y el de más baja calidad.
- Algodón americano: algodón de fibra mediana y también se le conoce con el nombre de «algodón Upland».
- Algodón egipcio: algodón de fibra extra larga que da lugar a telas de excelsa calidad.
- Algodón Pim: algodón conocido como el mejor del mundo debido a su calidad, durabilidad y, sobre todo, la suavidad de la tela. Este algodón se originó en Arizona; sin embargo, con el pasar del tiempo fue llevado al Perú, donde se introdujo en el mercado gracias a las favorables condiciones climáticas del país. El algodón Pima es una variedad de fibra larga que se cultiva principalmente en Perú, Estados Unidos, Australia y algunos países de América Latina. Es considerado el mejor algodón del mundo por su suavidad, durabilidad y resistencia.
- Algodón Premium en Crudo: hilo de algodón 100% natural, sin tintes ni tratamientos químicos. Una de las principales características de este hilo es su suavidad, lo que lo hace muy agradable al tacto y lo convierte en un algodón ideal para la elaboración de todo tipo de prendas.
- Algodón Tangüis: uno de los principales productos de exportación tradicional, que se produce en el departamento de Ica y, desde el siglo XX, también en Lima, lo que ha revolucionado la industria textil en el Perú.

Sostenibilidad

Según un informe elaborado por Romosa S.A.C. (2018b), el proceso Kipa es un proceso innovador de teñido que emplea menor cantidad de colorantes temperatura, vapor, energía eléctrica, químicos y agua. Además, elimina la necesidad de utilizar sal textil, carbonato de sodio y soda cáustica. Sus ciclos de teñido reactivo por agotamiento de colorantes son más cortos y ofrecen una mejor solidez del color.

El proceso Kipa fue diseñado y ejecutado íntegramente por el equipo interno de la empresa Romosa. Por tal razón, cuentan con un documento exhaustivo del procedimiento, que abarca desde el planeamiento inicial hasta el término de las actividades, el cual servirá de referencia técnica para futuros equipos de investigación de la compañía.

El proyecto se denominó «Kipa». Luego de tres años de investigación y desarrollo de actividades de innovación, el equipo creó un prototipo (100% autofinanciado) de un nuevo proceso para teñidos de telas de forma sostenible. Una vez desarrollado, se realizaron pruebas de laboratorio, en las que se obtuvieron resultados satisfactorios respecto a los valores de calidad del agua tras el proceso de teñido (DBO, DQO, PH, colorante hidrolizado, sólidos suspendidos, entre otros indicadores). Se realizaron pruebas en una máquina de teñido de muestras, con partidas de 25 kg, lo que resultó en más de 100 partidas procesadas hasta la fecha.

De acuerdo con las Naciones Unidas (2018), la industria textil es la segunda más contaminante a nivel mundial, superada únicamente por la industria petrolera. Es responsable de hasta un 20% de efluentes contaminados y un 10% de la emanación de carbono en el mundo, es decir, genera más contaminación que todos los vuelos internacionales y los buques de carga juntos.

Como señala Soto (2020), la industria textil es responsable del 20% de la contaminación de los efluentes industriales generados por el procesamiento de los textiles y utiliza más de 15 000 productos químicos durante su proceso productivo, empezando por la producción de fibras.

La sostenibilidad se está convirtiendo en un factor necesario para miles de clientes. Tres de cada cinco personas de entre 20 y 40 años ya demandan productos sostenibles. La preocupación por el medio ambiente, que comenzó como una tendencia,

se ha convertido en una necesidad para conservar la vida. Como respuesta, se han propuesto productos con un proceso sostenible al mercado textil. Todos han mostrado un gran interés y también han presentado el requerimiento de mantener un monitoreo constante para garantizar el cumplimiento de los indicadores de sostenibilidad. Esta propuesta es importante, ya que permitiría obtener reportes en tiempo real de que se está cumpliendo con los parámetros de sostenibilidad obtenidos en los reportes de laboratorio. Esta información sumaría valor para los clientes finales.

Características del colorante reactivo

Para Romosa S.A.C. (2021a), las propiedades características de los colorantes son las siguientes:

Reactividad: Determina la fijación del colorante, indicando la cantidad del mismo que tiene efecto disolvente y permitiendo tasar el pigmento eliminado en un proceso de tintura. Conforme a la reactividad, los colorantes se clasifican en tres tipos:

1. Colorantes reactivos normales: Rinden hasta el 50%, reaccionando en temperaturas de 75° a 90° C.
2. Pigmentos con reactividad alta: Rinden hasta un 75%.
3. Colorantes reactivos de muy alta reactividad: Tienen reacción entre 92% y 94% a temperaturas de 45° a 60° C, además, se usan para los teñidos continuos y semicontinuos.

Sustantividad: El colorante reactivo tiene una mala sustentividad, por lo que requiere un alto consumo de sal para lograr su agotamiento.

Poder de difusión: El colorante de alta reactividad tiene un elevado poder de difusión a diferencia de los colorantes normales.

Afinidad: Se refiere a la reacción del pigmento fibroso, que resulta de la diferencia de la capacidad química entre el baño de teñido y la fibra en su estado estándar. En términos de potencial químico, la afinidad expresa la atracción entre el colorante y la fibra, representada en unidades de trabajo. Conceptualmente, equivale a medir el trabajo o la fuerza necesarios para la separación del colorante de la fibra. La correspondencia del colorante reactivo depende de los grupos cromóforos y del sistema del reactante.

Durante el proceso de teñido, las moléculas del pigmento disueltas suelen ocupar más espacio, lo que provoca un aumento de la energía. Cuando las moléculas del colorante se adhieren a la fibra, entran en un estado de menor desorden; por ende, precisan de una fuerza externa que les permita cambiar de estado, conocida como «afinidad». La afinidad desempeña un papel decisivo en el proceso de fijación, ya que una elevada reactividad genera un mayor rendimiento de fijación solo si alcanza o supera el límite de afinidad. Cuanto mayor sea la afinidad del colorante por la celulosa, mayor será el porcentaje de colorante absorbido por la fibra, con lo que se cumple con las condiciones del proceso de teñido y se consigue un mayor grado de fijación. Debido a que se presentan colorantes reactivos con baja afinidad por la celulosa, la fijación y el poder de adherencia de los colorantes reactivos no se altera.

La duración del proceso de teñido se encuentra acotada en el sentido de que si el proceso de montaje y fijación es demasiado rápido, el teñido puede resultar desigual. Esta situación debe evitarse, ya que el colorante fijado no podrá uniformizarse y el teñido deberá ser desmontado o sobreteñido si se desea corregir el color (Villegas, 2012).

Propiedades del colorante reactivo

Para Romosa S.A.C. (2018a), las propiedades del colorante reactivo se determinan por agotamiento, solubilidad, sustentividad y fijación, los cuales se detallan a continuación:

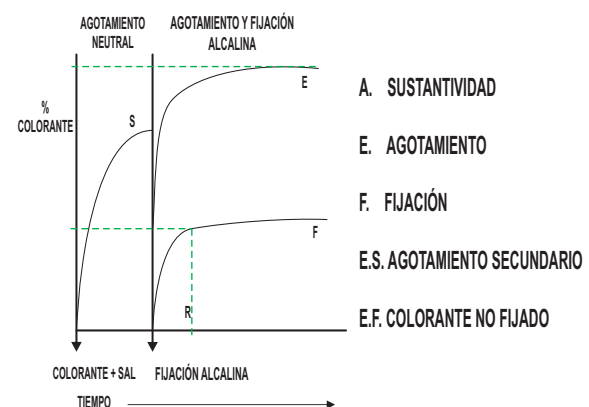


Figura 1. Propiedades del colorante reactivo.

Fuente: Romosa S.A.C. (2018a).

Las propiedades que se generan en el proceso de teñido de algodón reactivo tienden a variar dependiendo del tipo de proceso efectuado. Un valor alto

de agotamiento indica que un nivel bajo de consumo de colorante permanece en el efluente del proceso, mientras que en un valor bajo corresponde a un alto nivel del colorante en el efluente. Por otro lado, el porcentaje de fijación representa el grado del enlace covalente con el sustrato basado en el colorante original utilizado en el teñido.

METODOLOGÍA

Hipótesis de investigación

H₁: Mediante la implementación de la validación técnica de la fórmula Kipa se garantiza su uso en volúmenes mínimos de 400 kg, validando el cumplimiento de normativas AATCC. Procedimiento del método de investigación.

H₂: Mediante los equipos tecnológicos y de software disponibles, se optimiza el proceso de teñido y el seguimiento de sus indicadores ambientales resultante.

En la investigación de innovación tecnológica Kipa en los procesos de teñido de algodón reactivo alineados con los ODS, se determinaron las variables presentadas en la Tabla 1.

Tabla 1. Variables.

	Variable independiente	Variable dependiente
H ₁	Fórmula Kipa	Volumen mínimo y nivel de concordancia con las normas AATCC
H ₂	Equipo tecnológico y software	Optimización del proceso de teñido

Fuente: Elaboración propia.

Para abordar el problema planteado, se adoptó un enfoque cuantitativo con diseño experimental para establecer una relación causa-efecto entre sus variables: teñido de algodón reactivo y valoraciones técnicas y estándar internacionales del AATCC.

Esta es una investigación aplicada con diseño experimental-experimento puro, porque se analiza más de una variable. Del mismo modo, se utilizan prepruebas y pospruebas para evaluar la evolución de los grupos experimentales.

El diseño incluye un grupo control y un grupo experimental, ambos medidos en el momento posterior al tratamiento (posprueba). El grupo de control estuvo compuesto por el algodón reactivo y el experimental por el algodón Kipa, estructurados de la siguiente:

GC: - O₁

GE: X O₂

En donde:

X: Aplicación del estímulo (Kipa)

O₁, O₂: Medición de indicadores posprueba

La unidad de análisis estuvo conformada por 400 kg de algodón. La población está conformada por todos los kilogramos de algodón que produce la empresa. Las pruebas fueron realizadas mediante la metodología AATCC. La muestra de investigación, necesaria para realizar las pruebas y los ajuste, tiene un peso volumétrico de 400 kg, que refleja el peso volumétrico promedio de compra en el mercado.

RESULTADOS

La Tabla 2 presenta los resultados tanto del grupo control (algodón reactivo) como del grupo experimental (algodón Kipa).

Tabla 2. Volumen y nivel de concordancia con las normas AATCC en volúmenes mínimos de 400 kg.

Indicadores	Algodón reactivo	Algodón Kipa
Consumo de cloruro de sodio	160 kg	0 kg
Consumo de carbonato de sodio	16 kg	0 kg
Consumo de soda cáustica	6.4 kg	0 kg

Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en la Tabla 2, se sometieron a prueba 30 lotes de 400 kg. Por cada lote, el teñido del algodón reactivo consume 160 kg de cloruro de sodio, 16 kg de carbonato de sodio y 6.4 kg de soda cáustica; mientras que el algodón Kipa no consume estos químicos en su proceso de teñido, sino que hace uso del colorante Synozol Ultra Navy DS-R en su receta. Los indicadores no muestran variabilidad de datos, ya que en todos los casos son constantes; por lo tanto, no es aplicable una prueba inferencial.

La Tabla 3 muestra los resultados del grupo de control y del grupo experimental en relación con la hipótesis 2.

Como se puede observar en el indicador solidez del color al agua ISO 105-E-01, el algodón reactivo muestra una reacción de hidrólisis de 30% en cada lote muestreado; mientras que el algodón

Tabla 3. Optimización del proceso de teñido.

Indicadores	Algodón reactivo	Algodón Kipa
Solidez del color al agua ISO 105 E-01	30% de hidrólisis	No sufre hidrólisis
Resistencia a la formación de pilosidad en textiles ISO 12945-2	3 (<i>pilling</i> moderado)	4 (<i>pilling</i> ligero)
Solidez del color al lavado -acelerado-AATCC TM 61	Menor agotamiento (valor 4 en la escala grises de calidad)	Mayor agotamiento (valor 5 en la escala grises de calidad)
Impacto en la salud	Agua residual contaminada	Agua residual limpia
Consumo de agua	72 L/kg	24 L/kg
Consumo de energía eléctrica	180 minutos \approx 649.98 kW	108 minutos \approx 389.97 kW

Fuente: Elaboración propia.

Kipa no muestra reacción de hidrólisis porque no hace uso de los químicos en su proceso de teñido a diferencia del algodón reactivo.

En cuanto al indicador resistencia a la formación de pilosidad en textiles ISO 12945-2, en la escala de grises de la AATCC/ISO, el algodón reactivo presenta un valor de tres (3) que se define como *moderate pilling* o formación moderada de *pilling*, mientras que el algodón Kipa presenta un valor de cuatro (4) que se define como *slight pilling* o *pilling* ligero.

En cuanto al indicador solidez del color al lavado-acelerado-AATCC TM 61, el algodón reactivo presenta un valor de cuatro (4) en la escala grises de calidad que refleja un 80% de solidez de color, mientras que el algodón Kipa obtiene un valor máximo de cinco (5) en escala de grises. Es decir, presenta una mejor solidez del color y una ventaja en la calidad del producto.

En cuanto al indicador impacto en la salud, el algodón reactivo genera agua residual contaminada en el proceso de teñido, mientras que el algodón Kipa genera agua residual limpia.

En cuanto al indicador consumo de agua, el algodón reactivo consume 72 L/kg de algodón, a diferencia del algodón Kipa que consume 24 L/kg en su procesamiento. Es decir, el algodón Kipa consume un 66% menos de agua que el teñido de algodón reactivo.

En cuanto al indicador consumo de energía eléctrica, el algodón reactivo consume 180 minutos de energía eléctrica equivalente a 649.98 kW, a diferencia del algodón Kipa que utiliza 108 minutos en su proceso equivalente a 389.97 kW. Es decir, se produce un ahorro considerable del 40% en el tiempo de procesamiento del algodón Kipa en comparación con el algodón reactivo.

DISCUSIÓN

La investigación resalta porque aprueba el algodón Kipa como materia prima a una escala industrial, al tiempo que optimiza los indicadores ambientales. No solo se realizaron pruebas y ajustes en el planteamiento del proceso, sino que también se utilizaron herramientas que lograron obtener una línea base del proceso de teñido reactivo comparándolo con el proceso de teñido Kipa. Lo que permitió validar los indicadores con resultados positivos.

Se estableció un protocolo normativo de supervisión constante y se digitalizaron las métricas para realizar un análisis y comunicar la mejora de los indicadores de sostenibilidad a los clientes, puesto que ellos necesitan información detallada del proceso. La certificación OEKO-TEX es necesaria para las pruebas de validación con volúmenes de 400 kg.

Con la validación de los parámetros indicados y la supervisión ambiental respectiva, se logró beneficiar a los clientes, quienes brindaron retroalimentación durante las pruebas de calidad final del producto y sobre los beneficios adquiridos en el proceso, considerando que la industria textil es la segunda industria que genera mayor contaminación en el mundo y la que más agua utiliza.

El proyecto presenta un nivel de sostenibilidad muy alto, único a nivel global, pues disminuye el consumo de agua, energía y empleo de químicos en el proceso de teñido. Los clientes de esta industria demandan la sostenibilidad de sus productos y transparencia en la información para ponderar las métricas de impacto sobre la mitigación ambiental dadas.

En cuanto a la evaluación y contrastación de resultados entre los procesos de teñido de algodón reactivo y el teñido de algodón Kipa, la propuesta

tuvo un impacto significativo al reducir hasta un 90% la contaminación ambiental generada durante el proceso de teñido. Una reducción especialmente notable, teniendo en cuenta que la industria de la moda es la segunda industria más contaminante según las Naciones Unidas.

El proceso demandó 40% menos tiempo en la fabricación, 66.7% menos agua y 20% menos energía. Métricas que hasta ahora no se cumplían en la industria textil y que suponen una ventaja competitiva para la empresa en mercados sostenibles. Se logró maximizar la capacidad instalada de la tintorería, alcanzando hasta las 150 toneladas mensuales en esta línea, lo que incrementó las ventas proyectadas a más de S/70 millones para el año 2025 y las ventas acumuladas del proyecto a más de S/130 millones para el mismo año.

Se lograron ahorros significativos (+S/1MM) al reducir el consumo de agua, energía, colorantes, temperatura, y al eliminar el uso de la sal textil, carbonato de sodio y soda cáustica. Esto permitió ofrecer el producto a un precio competitivo en el mercado.

Se amplió la cartera de productos, lo que permitió también a los clientes ofrecer productos con alto valor sostenible que pueda ser certificado a otros nichos de mercado. Ello contribuyó con la reactivación económica del sector y con su posicionamiento a nivel internacional.

En comparación con estudios anteriores, esta investigación es importante porque optimizó los indicadores de mitigación ambiental, en tanto que la investigación realizada por el International Trade Center (2011) tuvo un objetivo diferente, ya que se centró en el crecimiento del comercio de las prendas de alpaca.

Este estudio comparte semejanzas con el trabajo de Ocampo (2019), debido a que se ambos se centran en la investigación del proceso de teñido de algodón; sin embargo, difiere en el incremento de producción del teñido de algodón. En la investigación mencionada, se observó un incremento del 13%, mientras que en la presente se alcanzó el 40%.

Aunque la presente investigación también minimiza la contaminación de las aguas residuales, difiere de la investigación de Quinto (2022), porque hace uso de colorantes reactivos que impactan negativamente en los cuerpos de agua.

Otra distinción se refiere a la coloración. En esta investigación, se hace uso del colorante Synozol Ultra Navy DS-R, mientras que en la de Sucasaca

(2022) se utiliza el colorante natural inflorescencia de colli para el teñido de fibras de alpaca.

Esta investigación guarda similitud con la investigación de Pallo (2022) en cuanto a su objetivo, que es identificar las técnicas artesanales como el tejido en telar en pro de proteger el medio ambiente con el indicador ambiental pertinente.

Por último, esta investigación se relaciona con la de Mamani (2020) al enfocarse en la solidez del color en el proceso de teñido, sobre todo incidiendo en la baja contaminación al usar ambos productos naturales en el proceso de teñido.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se deduce que el teñido de algodón reactivo Kipa es un proceso sostenible que opta por la conservación de los recursos naturales y establece un diferencial en la valoración económica y ecológica en el sector textil.

La optimización de este proceso se traduce en un importante ahorro de costos, lo que lo convierte en un proyecto rentable.

El teñido algodón reactivo Kipa es más duradero, estable y natural en el tiempo por las siguientes razones:

- No necesita cloruro de sodio ni álcalis (como el carbonato y la soda cáustica).
- Requiere 32% menos colorante para lograr el mismo tono.
- Tiene mayores índices de agotamiento, lo que resulta en una mejor solidez del color.
- El ciclo de teñido reactivo es más corto debido al agotamiento de colorante.
- El proceso se realiza a una menor temperatura, requiere menos vapor y consume menos energía eléctrica.
- En este proceso se observa la reducción y hasta eliminación de enjuague (consume 67% menos agua) para eliminar el colorante no fijado.
- Utiliza menos colorantes y químicos, lo que resulta en aguas residuales limpias. Esto es especialmente importante, dado que el rubro textil es el segundo más contaminante del mundo.

Además, se prevé que la investigación duplique los puestos de empleo de la empresa al 2025.

REFERENCIAS

- [1] American Association of Textile Chemists and Colorists. (2023). *AATCC Manual of International Test Methods and Procedures*.
- [2] Mamani Puma, E. J. (2020). *Efectos del teñido natural con cúrcuma (cúrcuma longa) en la solidez del color del hilado de alpaca para la artesanía textil, Puno 2020*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Juliaca, Juliaca. <http://repositorio.unaj.edu.pe/handle/UNAJ/191>
- [3] Naciones Unidas. (24 de julio de 2018). *Objetivos del desarrollo sostenible. Noticias ONU: mirada global historias humanas*. <https://news.un.org/es/story/2018/07/1438312>
- [4] Ocampo Dávila, S. S. (2019). *Optimización del proceso de teñido reactivo de tejidos de algodón sin afectar la apariencia y la solidez al lavado, en el área de tintorería de una empresa textil localizada en Lima-Perú*. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/10758>
- [5] Pallo Núñez, D. C. (2022). *Diseño de accesorios con tejidos artesanales de la comunidad Salasaca elaborados en el caserío Manzapamba Grande*. (Proyecto integrador previo a la obtención de licenciatura). Repositorio Universidad Técnica de Ambato, Ambato. <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/36083>
- [6] Quinto Sánchez, M. (2022). *Decoloración por electro-oxidación de efluentes textiles del proceso de teñido de algodón con colorantes reactivos*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3321991>
- [7] Romosa S.A.C. (2018a). *Memoria Técnica resumida del proyecto KIPA*.
- [8] Romosa S.A.C. (2018b). *Proceso innovador del teñido que se emplea menor cantidad de colorantes, temperatura, vapor, energía eléctrica, químicos, agua, no necesita sal textil, carbonato de sodio, soda caustica, con ciclos más cortos, teñidos reactivos por agotamiento de colorante*.
- [9] Romosa S.A.C. (2021a). *Definiciones*.
- [10] Romosa S.A.C. (2021b). *Informe de prospección comercial*. Lima: Industrial Romosa S.A.C.
- [11] Romosa S.A.C. (2021c). *Memoria técnica de comparación del proceso de teñido actual de algodón reactivo versus el proceso de teñido de algodón reactivo kipa, definiendo las características técnicas y estándares mínimos internacionales requeridos por la ATCC*. Lima: Compañía industrial ROMOSA S.A.C.
- [12] International Trade Center. (2011). *Empowering Peruvian Woman Business Enterprises in Alpaca to enter the US Market*. <https://www.intracen.org/news-and-events/news/working-with-partners-to-empower-women-and-power-trade>
- [13] Soto Méndez, M. (22 de abril de 2020). Industria de la moda es responsable del 10% de las emisiones mundiales. *Ojo al clima*. <https://ojoal-clima.com/articulos/industria-de-la-moda-es-responsable-del-10-de-las-emisiones-mundiales>
- [14] Sucasaca, A. (2022). *Efectos del colorante natural inflorescencia de colli (Buddleja coriacea) en la solidez de color del teñido de fibras de alpaca, Puno 2021*. http://repositorio.unaj.edu.pe:8080/xmlui/bitstream/handle/UNAJ/213/TE-SIS_%202022_ALEXANDER%20SUCASACA%20QUISPE_ITC.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [15] Villegas Pita, S. E. (2012). *Optimización de la fase de jabonado en la tintura de algodón 100% con colorantes reactivos mediante la evaluación y selección de una fórmula técnicamente desarrollada*. (Tesis de licenciatura). Universidad Técnica del Norte, Ibarra. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/1957/1/Tesis-FormatoPdf.pdf>

Contribución de los autores

Adriana Edith Cachay Anardo (autor principal): Investigación, análisis formal y redacción (revisión y edición).

Renato Bellin Cier (coautor): Investigación, análisis formal y redacción (revisión y edición).

Pablo José Lupis Davila (coautor): Investigación, análisis formal y redacción (revisión y edición).