



Ingeniería Industrial

ISSN: 1025-9929

Fondoeditorial@ulima.edu.pe

Universidad de Lima

Perú

Declercq Pedraza, Ludwig
Industrialización del algodón nativo peruano de color
Ingeniería Industrial, núm. 35, enero-diciembre, 2017, pp. 141-161
Universidad de Lima
Lima, Perú

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337453922007>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Proyectos empresariales
industriales

Industrial Business Projects

Industrialización del algodón nativo peruano de color

Ludwig Declercq Pedraza*

Universidad de Lima. Perú

Recibido: 15 de marzo del 2017 / Aprobado: 11 de mayo del 2017

RESUMEN: El presente artículo evaluó la viabilidad técnica para obtener hilos de calidad elaborados con algodón nativo de color, algodón propio del Perú que crece en la costa norte y que se caracteriza por estar naturalmente pigmentado con los colores crema, marrón, verde, pardo, fijo (lila), blanco y *beige* sin la necesidad de ser teñido. Sin embargo, este algodón presenta algunas particularidades, como ser de fibra corta y tener baja resistencia a la torsión, lo que hace imposible su hilado con maquinaria convencional; por ello, se utilizó una máquina especialmente adaptada para el proceso de hilado.

Palabras clave: algodón / algodón nativo de color / Perú / hilo / desarrollo sostenible / fibras textiles / resistencia a la torsión

The industrialization of Peruvian Native Cotton

ABSTRACT: The objective of this study is to evaluate the technical feasibility to obtain high quality yarns from Peruvian native cotton. This cotton grows in the north coast of Peru and is characterized by being naturally pigmented with colors such as cream, green, brown, purple, white and beige without being dyed. However, this cotton has some features such as short fiber and low torsional resistance which makes it impossible to spin it with conventional machinery; therefore, a machine specially adapted for the spinning process was used.

Keywords: cotton / Peruvian native cotton / Peru / yarn / sustainable development / textile fibers / torsional resistance

* Correo electrónico: ludwigdec@gmail.com

1. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

1.1 Marco teórico

El tema por tratar es la viabilidad tecnológica para obtener hilos de calidad a base de algodón nativo de color, con el fin de ofrecer al mercado, tanto nacional como internacional, hilos cuyo tono sea natural, para que posteriormente se puedan confeccionar prendas de vestir. Este tipo de algodón se caracteriza por tener variados colores, como crema, marrón, verde, pardo, fífo (lila), blanco y *beige*. Las prendas de vestir que se elaborarán con este hilo tendrán la ventaja de no requerir teñido, lo cual reducirá las posibilidades de contaminación ambiental y hará que las personas alérgicas o de piel sensible a los tintes químicos puedan utilizar este tipo de prendas, así como aquellas que apoyan el desarrollo sostenible.

El algodón nativo de color posee fibras de distintos colores y se produce mayormente en la región Lambayeque, y en menor medida en Piura y San Martín. Este tipo de algodón presenta fibra de corta longitud y baja resistencia a la torsión, por lo que su hilo no se puede obtener con máquinas para hilar convencionales: se debe utilizar una especialmente acondicionada con parámetros de velocidad específicos, para no romper el hilo al momento de procesarlo.

La producción de hilo elaborado con algodón nativo de color se efectúa de forma tanto artesanal como industrial. El procesamiento artesanal se realiza en Lambayeque, donde se obtiene un hilo muy grueso, con el que solo se pueden confeccionar carteras, bolsos y billeteras, mas no prendas de vestir. En cuanto al hilo industrial, existen pocas empresas que lo elaboran a partir de la mezcla del algodón nativo de color con algodón tangüis; es decir, no pueden producir hilo con 100 % algodón nativo de color. Este hilo es exportado a Europa y Estados Unidos.

El procesamiento artesanal de algodón nativo de color comprende los siguientes pasos:

1. *Despepitado*. Consiste en el retiro de semillas de las bellotas. Aproximadamente, se pueden obtener de seis a ocho semillas por capullo.
2. *Vareado*. Después de que los capullos han quedado limpios, las artesanas juntan alrededor de cinco kilos de algodón nativo de color, que pasan a ser golpeados con dos varas de madera (una en cada mano) durante un tiempo de alrededor de 30 minutos, hasta que se obtiene una alfombrilla de algodón conocida como *napa*, cuyas dimensiones varían entre 50 y 60 centímetros de ancho y 80 y 90 de largo.

3. *Formación de copos.* Con la napa obtenida de la operación anterior, se procede a la formación del copo, el cual se consigue doblando la napa en dos y luego enrollándola, para formar un rollo rectangular.
4. *Hilado.* El copo es amarrado a una estaca o a un tronco. Las artesanas desprenden con los dedos índice y medio de la mano izquierda una porción de algodón nativo, dándole al mismo tiempo una ligera torsión, mientras que, con la mano derecha, lo jalen o estiran para formar una mecha; efectúan de esta manera la operación de estiraje. Este hilo es recolectado mediante un huso, en el cual se va enrollando.
5. *Ovillado.* Luego de obtener el hilo se pasa el ovillado, para el cual son necesarios entre tres y cuatro husos, de los cuales se obtiene un ovillo (Cortijo y Cancio, 2012).

1.2 Características principales del algodón nativo de color

El algodón nativo del Perú, como se ha mencionado, tiene fibras de distintos colores naturales, como crema, marrón, verde, pardo, fífo (lila), blanco y *beige*, y se produce mayormente en la región Lambayeque y, en menor medida, en Piura y San Martín. Según las investigaciones taxonómicas de la Universidad Nacional de Trujillo, el centro de diversidad del algodón nativo de color se ubica en la costa norte peruana, desde el río Moche, en la Libertad, hasta el río Tumbes.



Figura 1. Rollos de algodón nativo de color

Fuente: Cortijo y Cancio (2012)

Esta planta se caracteriza por crecer entre dos y cuatro metros de altura, ser perenne y de amplia distribución natural. Está adaptada al mayor grado de altitud, más que cualquier otra especie algodónera. Se siembra a la altura del mar y también en zonas que alcanzan los 1900 metros sobre el nivel del mar, en los valles interandinos. Además, no solamente es el más resistente a docenas de plagas y enfermedades bacterianas y fungosas, entre otras, sino que soporta las altas concentraciones de salinidad de los suelos y la sequía, y es capaz de sobrevivir en áreas arenosas hasta por cinco años consecutivos sin riego alguno (Vásquez y Pérez, 2011).



Figura 2. Algodón nativo de color
Fuente: Ocampo (2015)

Por último, se debe considerar que en el 2008 se promulgó una ley que dejó sin efecto una ley anterior que prohibía la producción de algodón nativo de color. Por ello, a partir de ese año su producción se ha incrementado exponencialmente.

1.2.1 Análisis de fibra del algodón nativo de color

El análisis de la fibra se realiza para determinar los parámetros de calidad; es decir, las características físicas, químicas y mecánicas de las fibras textiles que se toman como referencia para determinar los estándares de calidad.

Tabla 1
Análisis de las fibras de algodón nativo de color

Color	Micronaire	Longitud (mm)	Índice de uniformidad	Resistencia	Elongación
Crema	6,58	23,32	81,3	32,1	11,7
Pardo	5,96	24,66	77,4	25,6	12
Verde	2,89	22,22	74,5	23,9	9,4
Marrón	4,22	23,55	77,7	25,6	15
Pardo claro	5,63	20,73	70,3	21,5	18

Fuente: Vásquez y Pérez (2011)

Tabla 2
Análisis de longitud de fibra de algodón nativo de color

Rango	Crema oscuro	Fifo (lila)	Pardo claro	Pardo oscuro	Crema	Verde
Mínimo	20	11	20	11	20	22
Máximo	25	16	25	15	27	25
Promedio	23	15	23	13	25	25

Fuente: Vásquez y Pérez (2011)

Como conclusión, se obtuvo que las fibras de mayor longitud son las de colores crema y verde, con las cuales se pueden hacer hilos de gran calidad y finura. Sin embargo, los colores fifo (lila) y pardo oscuro arrojaron una corta longitud de fibra, que solo permite elaborar hilos de grueso calibre.

1.2.2 Rendimiento

La producción del algodón nativo peruano empieza entre los seis y los siete meses de instalado en campo definitivo. Cada color presenta una arquitectura de planta y una producción diferente. Los rendimientos promedio actuales a nivel de parcelas comerciales se encuentran por encima de los 2000 kg/ha. Asimismo, cabe resaltar que el algodón blanco es el más productivo, con 2680 kg/ha; al cual le sigue el crema, con 2615 kg/ha, y luego el pardo, con 2412 kg/ha. Los de menor rendimiento son los algodones nativos marrón y fifo (lila), con 2242 kg/ha y 2093 kg/ha, respectivamente. Por último, se indicó que se siembran 2000 plantas por hectárea.



Figura 3. Plantación de algodón nativo de color
Fuente: Ocampo (2015)

1.3 Antecedentes históricos

El algodón nativo de color ha sido utilizado por Caral (5000 años a. C.), la civilización más antigua de América. Se conoce que los agricultores producían algodón destinado a la confección de redes y ropa (Vásquez, Vásquez y Ecurra, 2012).

Además, se han encontrado fibras de algodón nativo de color con características de intermedia domesticación en zonas arqueológicas de Ancón y Huaca Prieta (3500-2500 a. C.). Finalmente, el algodón nativo de color fue usado en formas domesticadas por las culturas moche y sicón (Vásquez, Vásquez y Ecurra, 2012).

En la época de la colonia, se continuó con el cultivo de algodones perennes y semiperennes hasta fines del siglo XIX. El cultivo del algodón en el Perú fue efectuado de manera artesanal para uso doméstico hasta 1830. Entre los años 1831 y 1874, la producción se orientó hacia la comercialización (Vásquez, Vásquez y Ecurra, 2012).

Alrededor de 1920, el cultivo del algodón nativo de color fue desplazado por el de algodón pima en la costa norte, ya que sus características eran las más adecuadas a las exigencias de la demanda de Inglaterra, que era el principal destino al cual se exportaba algodón.

La presencia de algodón nativo de color fue considerada como una amenaza hacia las variedades híbridas introducidas, debido a que atraía

plagas (como especie silvestre, era más resistente que las domesticadas). Las disposiciones del Ministerio de Agricultura llegaron a prohibir su cultivo en 1940, lo que implicaba que no recibiría agua del Estado, y que sus tallos, raíces y semillas serían quemados después de cada cosecha.

A partir de esto, el algodón nativo de color solo se cultivó domésticamente en menores cantidades en la zona norte del Perú, donde también creció en estado silvestre y pasó a formar parte de la tradición rural del norte. No obstante, investigadores como J. Vreeland, entre otros, destacaron sus propiedades en los años ochenta. En la primera década del siglo XXI, el *Gossypium barbadense* L. fue declarado, en un marco general de puesta en valor de las tradiciones y biodiversidad nativas, como Patrimonio Natural de la Región Lambayeque en el 2006 y como Patrimonio Genético Étnico-cultural de la Nación en el 2008, dejando de esta manera sin efecto la prohibición de su cultivo (Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, 2009).

A grandes rasgos, después del periodo prehispánico, el algodón nativo de color no fue un cultivo de aceptación general, en la medida en que su exportación fue minoritaria, pues se reemplazó por otras especies híbridas y hubo la intención de erradicarlo de su área de origen. Además, nunca fue cultivado con mayores cuidados que el de la poda, aunque, pese a ello, tuvo un buen rendimiento de producción. Esta variedad, legado genético y cultural de la nación, no ha demostrado aún toda su potencialidad.

2. VIABILIDAD TÉCNICA

Para la producción del hilo de algodón nativo de color, es preciso contar con la tecnología suficiente que satisfaga las necesidades de producción en una empresa de mediana envergadura, de modo que se pueda cubrir la demanda. Sumado a ello, se debe considerar el nivel de adaptación de las máquinas a variaciones en los métodos de producción. Por ejemplo, si se desea obtener distintos tipos de títulos de hilos, se puede adquirir maquinaria de segunda mano en buen estado que cuente con las características adecuadas para poder hilar este algodón nativo de color, de forma que se pueda obtener un producto de calidad. Para obtener hilo a partir de algodón, se pasa por varios procesos, como apertura, limpieza, cardado, regularizado, estirado e hilado, los cuales han sido analizados en el subcapítulo 2.2. Cabe recalcar que se debe modificar la máquina continua de hilar para poder obtener hilo de algodón nativo de color.

2.1 Diferencias en el procesamiento de algodón pima y de algodón tangüis con respecto al algodón nativo de color

El procedimiento convencional empleado para hilar algodones como el pima y el tangüis, cuya longitud de fibra es mayor que la del algodón nativo de color, no se puede emplear para este último, ya que, por tener fibra corta y baja resistencia a la torsión, al intentar procesarlo en máquinas convencionales se produciría la ruptura del hilo, pues dichas máquinas están diseñadas para producir hilos convencionales, de otras características. Así, para poder procesar el algodón nativo de color se deberá modificar una máquina continua de hilar.

Tabla 3
Características de los algodones pima y tangüis

Características	Pima peruano	Tangüis
Longitud de fibra (mm)	33,3-40,5	29,4-32,6
Resistencia (lb/pul ²)	90-95	86-88
Finura (<i>micronaire</i>)	3,3-4,2	4,6-5,8
Color	Blanco cremoso	Blanco

Fuente: Instituto Peruano del Algodón (2017)

La fibra es el filamento del cual está compuesto el algodón. El *micronaire*, por su parte, es la medida de la finura de la fibra del algodón, con relación al mayor o al menor diámetro. Está asociado con el grado de engrosamiento y con la calidad de las capas de celulosa depositadas en la fibra. La importancia en el proceso textil está en el diámetro de la fibra, pues es fundamental para el título o calibre de los hilos. Las fibras finas (*micronaire* bajo) se utilizan para elaborar hilos delgados; las ásperas (*micronaire* alto), para confeccionar hilos gruesos (Vásquez y Pérez, 2011).

La resistencia se define por la oposición de las fibras al ser sometidas a una tensión, y se expresa en miles de libras por pulgada o en gramos por tex. La resistencia está relacionada con la longitud de fibra (Vásquez y Pérez, 2011).

Al comparar las características técnicas del algodón nativo de color (ver tabla 1) con las de los algodones pima y tangüis, que se han indicado en la tabla 3, se ha podido notar la diferencia entre longitud, finura y resistencia, lo que hace al algodón nativo más difícil de procesar.

2.2 Invención de una máquina para hilar algodón nativo de color

Para poder obtener hilo a partir de algodón nativo de color, se debe modificar el sistema de transmisión de velocidades de la máquina continua de hilar. En esta máquina existen dos procesos: el estiraje y la torsión, los cuales deben ser ajustados para este tipo de hilo, que presenta propiedades diferentes de las que tienen los algodones convencionales, como menor longitud de fibra y menor resistencia a la torsión.

La máquina contaría con un sistema de transmisión de velocidades, con el cual estas podrían variar. El objetivo es obtener una velocidad angular adecuada de los husos para lograr la torsión idónea, y la velocidad precisa del movimiento de los cilindros del tren de estiraje para estirar la fibra del algodón nativo.

Asimismo, la máquina contaría con un mecanismo de variación de la velocidad de los husos. De tal forma, al variar la velocidad de ambos sistemas, se podrán obtener diversas torsiones, debido a la sincronía existente en las partes móviles de la máquina.

Los procedimientos de operación de la máquina de hilar algodón nativo de color son los siguientes:

1. *Estirado*. El objetivo de esta operación es estirar la mecha (conjunto de fibras paralelizadas) que ingresa hasta obtener una hebra (conjunto de fibras paralelizadas que ya han sido estiradas).
2. *Torsión*. Luego de que la hebra sale del primer cilindro del tren de estiraje, viaja hasta el huso (cilindro cónico recto que gira a una alta velocidad, de entre 6000 y 12 500 rpm, y sobre el cual se inserta la canilla donde se enrolla el hilo). La hebra se va torciendo en el trayecto desde el primer cilindro del tren de estiraje hasta el huso, al ser jalada por el huso que gira a alta velocidad, hasta que se obtiene hilo.
3. *Recolección del hilo*. El hilo es recolectado en la canilla (carrete metálico sobre los husos). Los husos suben y bajan, al estar insertados en una bancada (tabla con orificios), la cual, a su vez, está conectada a un sistema diseñado para subir y bajar, para que el hilo se acumule a lo largo de toda la canilla.

En la figura 4 se puede apreciar el sistema de engranajes primario (1), especialmente diseñado para brindar las velocidades idóneas a los cilindros primero, segundo y tercero del tren de estiraje (2). Con este sistema, dichos cilindros podrán estirar la mecha para convertirla en hebra. Asimismo, se muestra cómo el variador de velocidad primario

(3) está conectado al motor, y este a un sistema de poleas (4) diseñadas para otorgar una velocidad idónea a la faja (5), la cual da velocidad a los husos (6).

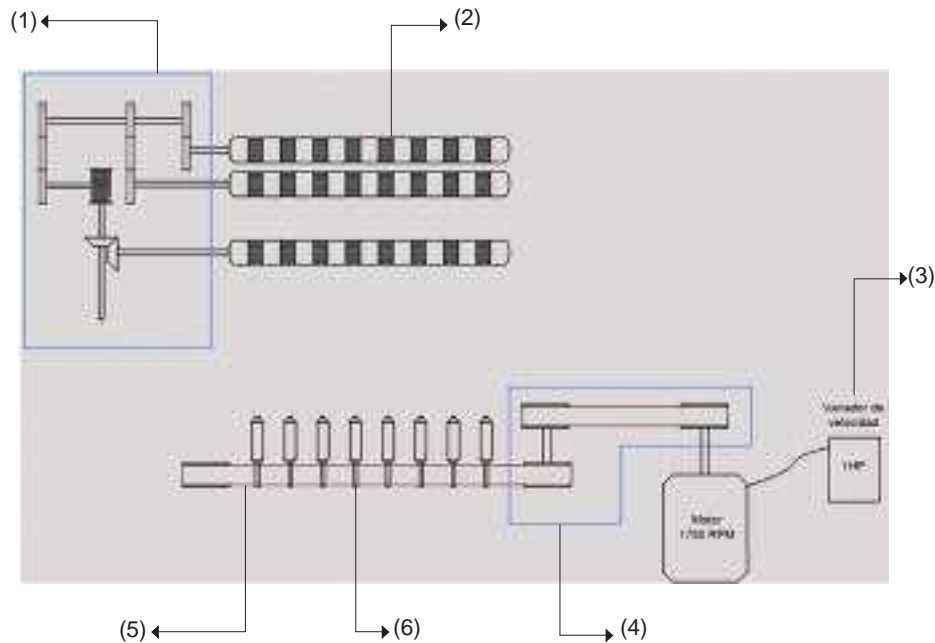


Figura 4. Cadena cinemática que brinda velocidad a los husos y al tren de estiraje
Elaboración propia

En la figura 5 se observa cómo un variador de velocidad (7) está adaptado a un motor reductor (8), y este, a su vez, a un sistema de engranajes secundario (9) que se conecta con el sistema de engranajes primario para brindar velocidad al tren de estiraje. De igual modo, el sistema de engranajes secundario se conecta con la leva (10), la cual brinda movimiento al sistema formador de canilla, que sirve para llenar el hilo a lo largo de todo el huso.

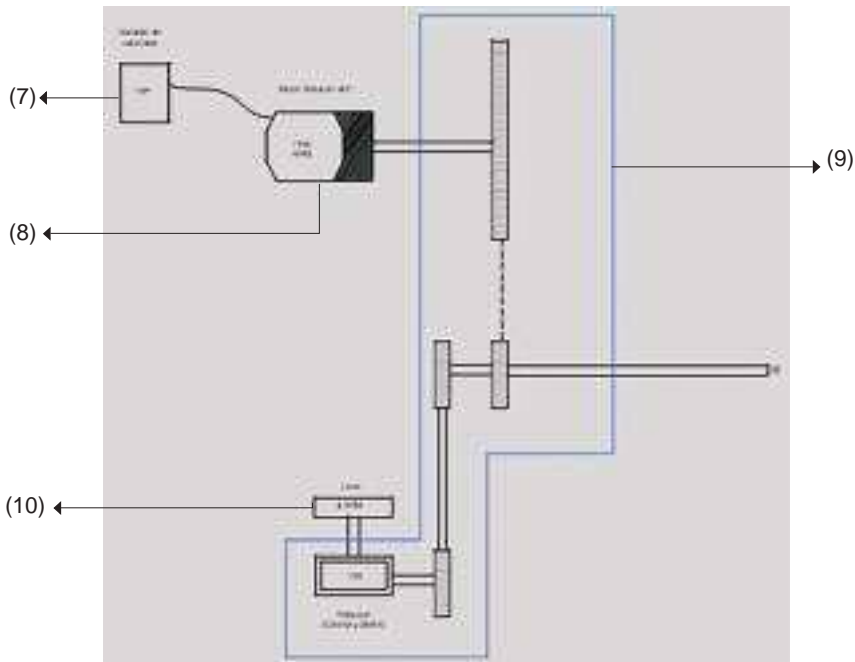


Figura 5. Cadena cinemática que brinda velocidad a los cilindros del tren de estiraje y al formador de canilla
Elaboración propia

Con este estudio técnico se construyó la máquina que se muestra en la figura 7. El proyecto fue presentado al Indecopi para obtener una patente. El producto se denominó “máquina para hilar algodón nativo de color”, con número de expediente 2015-002190. Esta patente pertenece a la Universidad de Lima y es la primera de esta casa de estudios.

Los inventores de la máquina para hilar algodón nativo de color son los siguientes:

- Ludwig Nick Declercq Pedraza
- Jorge Luis García Silva

La máquina para hilar algodón nativo de color ganó en el área temática “Utilitarios y otros”, del Concurso Nacional de Patentes e Invenciones del 2015 organizado por el Indecopi.

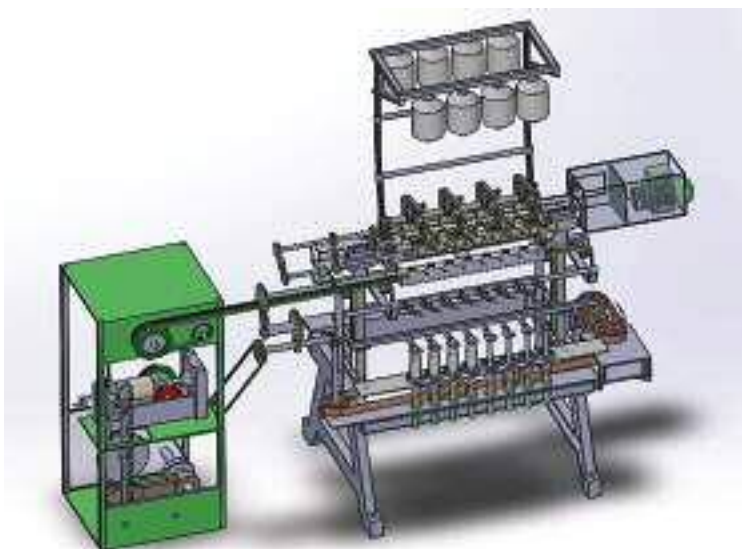


Figura 6. Diseño isométrico de la máquina para hilar algodón nativo de color
Elaboración propia



Figura 7. Máquina para hilar algodón nativo de color
Elaboración propia

2.2.1 *Proceso de producción. Descripción*

El proceso para producir hilo a partir del algodón nativo de color consta de varias etapas: premezclado; apertura, mezcla y limpieza; cardado; regularizado de cinta; estirado; hilado y enconado, entre otras. Cabe mencionar que la materia prima que se utiliza son fardos de 250 kilogramos de algodón nativo de color procesado.

1. *Premezclado.* Consiste en esparcir el algodón nativo de color en un espacio de cinco metros de largo por tres de ancho, de forma que se consiga una manta del mezclado preliminar de las fibras. Este espacio se halla al lado de una faja, que conduce al alimentador de mezcla.
2. *Apertura, mezcla y limpieza.* El algodón nativo de color se coloca sobre la faja, la cual lo conduce al alimentador de mezcla, que se encarga de desmenuzarlo mediante un ducto. El material es llevado hacia la mezcladora, que es una máquina conformada por un sistema de rodillos con púas, cuya finalidad es la de mezclar algodón para obtener una fibra de mayor longitud y de tonalidad homogénea. Luego, mediante un ducto, el material es llevado hacia un limpiador y un abridor colocados de forma adyacente; el limpiador sirve para abrir y disgregar el algodón, y se encarga de limpiar impurezas como fibras cortas, cascarillas, semillas, hojas y tierra; mientras que el abridor desmenuza el algodón. Este proceso se repetirá dos veces, y luego, a través de otro ducto, el material será llevado por última vez a un limpiador, el cual está colocado de forma adyacente, con un motor ventilador que impulsará el material hacia la carda.
3. *Cardado.* El material entra al silo, que se utiliza para dosificar la entrada hacia la carda. Luego, ingresará a la carda, la cual se encargará de disgregarlo hasta la paralelización de sus fibras. En la carda, además, se eliminan las impurezas existentes. Como producto final se obtendrá la cinta (conjunto de fibras paralelizadas que se unen). Es en este proceso que se efectúa una mezcla homogénea de las fibras. Las cintas, de aproximadamente una pulgada de diámetro, salen de la carda y se colocan en tachos de 70 centímetros de diámetro, los cuales poseen unas ruedas pequeñas que facilitan su traslado al manual.
4. *Regularizado de cinta.* Entre seis y ocho cintas irregulares (las cintas a lo largo de su longitud presentan diferentes títulos) provenientes del cardado entran al manual, el cual se utiliza para paralelizar las fibras de algodón y corregir tanto como sea posible cualquier

irregularidad de las cintas (doblado). En el manual estas son estiradas; luego se colocan en posición paralela y se doblan, para poder obtener una cinta más uniforme. El proceso de estirado de cinta realizado en el manual se lleva a cabo mediante un conjunto de rodillos, cada uno de los cuales gira a mayor velocidad que el cilindro anterior. Al no ser suficiente un solo proceso para obtener la paralelización y la regularidad necesaria, se recurre, por lo general, a dos procesos sucesivos, con el fin de dar a las fibras que constituyen la cinta de la carda el paralelismo requerido para facilitar el adelgazamiento. Las cintas que se obtienen en el manual se ponen en tachos de 50 centímetros de diámetro, para posteriormente ser llevados a la mechera.

5. *Estirado*. La cinta proveniente del manual ingresa a la mechera, que se emplea para estirla y afinarla por medio de un tren de cilindros de estiraje que permiten obtener una mecha de título varias veces más fina que la original. En la mechera también se lleva a cabo un proceso de torsión que otorga a la mecha la resistencia necesaria para soportar el devanado que se realizará en la máquina continua de hilar. El producto de esta máquina son bobinas, en las cuales se enrolla la mecha. Posteriormente, las bobinas se trasladan a la máquina de hilar.
6. *Hilado*. Las bobinas enrolladas con mecha se colocan en un soporte en la parte superior de la máquina de hilar. Luego, cada mecha pasa a través del tren de estiraje, con el objetivo de estirlas y convertirlas en hebras. Debido a que se usa como materia prima el algodón nativo de color, las velocidades de los cilindros del tren de estiraje deben estar adecuadas para poder estirar esta variedad, la cual, como se ha mencionado, se caracteriza por tener fibra corta. Después, la hebra que sale del tren de estiraje viaja hasta los husos. Allí, el hilo es enrollado en la canilla insertada en los husos, los cuales tienen una velocidad de 8000 rpm, pues el algodón nativo de color presenta poca resistencia a la torsión. Se debe mencionar que la torsión se produce en el recorrido entre la salida del último cilindro del tren de estiraje y los husos. De igual modo, para que el hilo sea enrollado a lo largo de las canillas se utiliza la bancada, la cual se mueve verticalmente. En ella están insertados los aros y el cursor, por el cual pasa el hilo antes de ser enrollado en el huso.
7. *Enconado*. Las canillas son trasladadas a la conera, la cual tiene por finalidad reunir varias husadas de la máquina continua en un

cono de dos kilogramos, cuyo tamaño es muy superior al del huso, para facilitar las operaciones posteriores de urdido y tisaje, ya que el cono tiene mayor rendimiento que la canilla. Este trasvase de hilo es aprovechado para depurar los defectos de masa no deseados.

8. *Humidificado*. Sirve para fijar la torsión; es decir, brinda más resistencia al hilo, lo cual ayuda a que este no se enrosque. Los conos son puestos en la cámara de humidificación, donde se consigue fijar la torsión, por un lapso de 45 minutos. El aumento de peso en cada cono es despreciable. La máquina puede almacenar 200 conos/lote (400 kilogramos).
9. *Ablandamiento de agua*. Para el proceso de humidificado se necesita agua blanda; por tal motivo, previamente se ablandará el agua dura, de modo que se eliminen las sales que pudiesen incrustarse en la cámara de humidificado. En el proceso de ablandamiento se utilizan resinas catiónicas, las cuales tienen la propiedad de intercambiar sus iones Na^+ o K^+ por los iones Mg^{+2} y Ca^{+2} del agua dura. Para el proceso de intercambio de cationes se emplean torres rellenas de resinas, y el agua dura fluye desde la parte superior hacia la inferior, atravesando el relleno para obtener agua blanda. En la parte inferior de la torre hay una serie de láminas perforadas que sostienen el relleno. Cuando se agota la capacidad de cambio de la resina, se requiere su regeneración con un retrolavado con solución de NaCl al 10 %. El retrolavado permite descompactar la resina y retirar cualquier material retenido durante la operación normal.
10. *Embolsado*. Manualmente, un operario se encargará de poner 12 conos en una bolsa, para así llegar a la presentación final del producto. En promedio, un operario se demora 40 segundos en embolsar 12 conos.
11. *Etiquetado*. Se procede a etiquetar cada bolsa de 12 conos de hilo. Cada etiqueta debe tener el rótulo de la empresa. También se rotulará el título del hilo (Declercq, 2016).

2.3 Diagrama del proceso: DOP

A continuación, se presenta el diagrama del proceso:

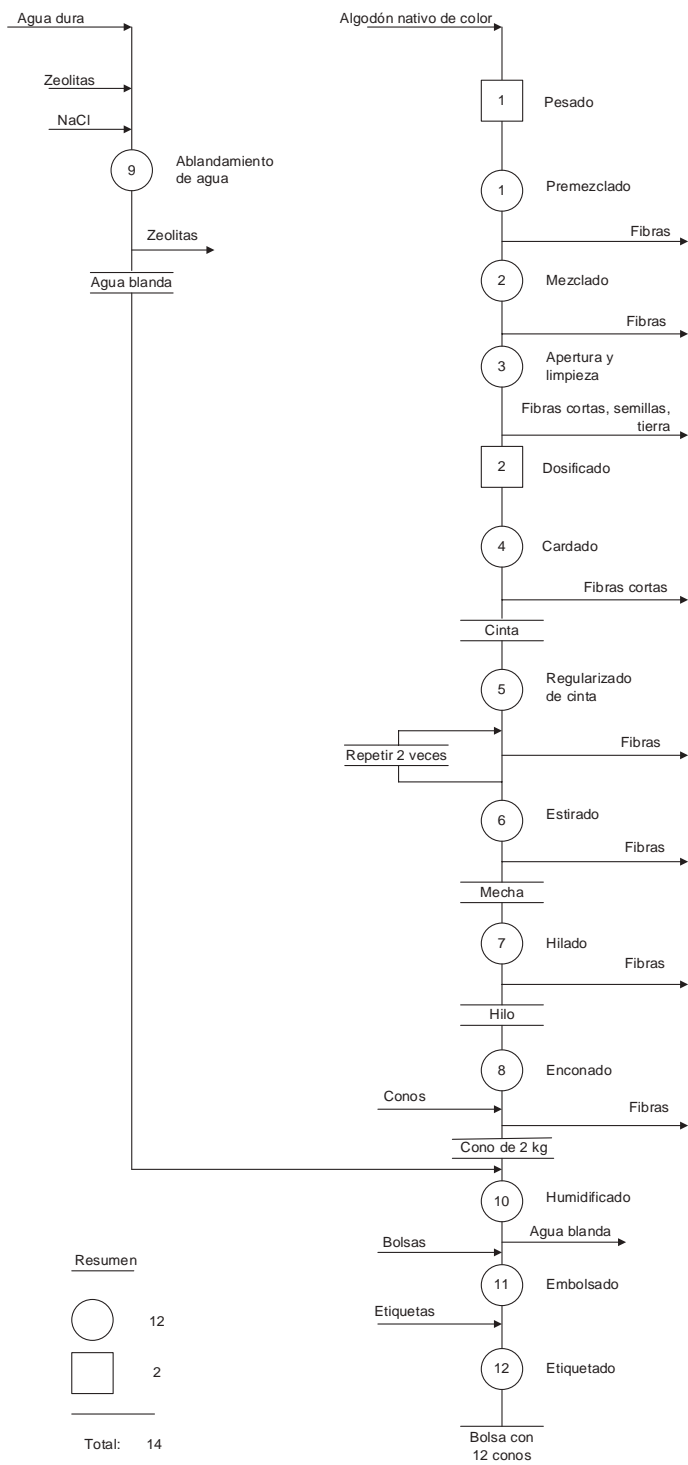


Figura 8. Diagrama de operaciones del proceso para la producción de hilo de algodón nativo de color
Elaboración propia

2.4 Balance de materia

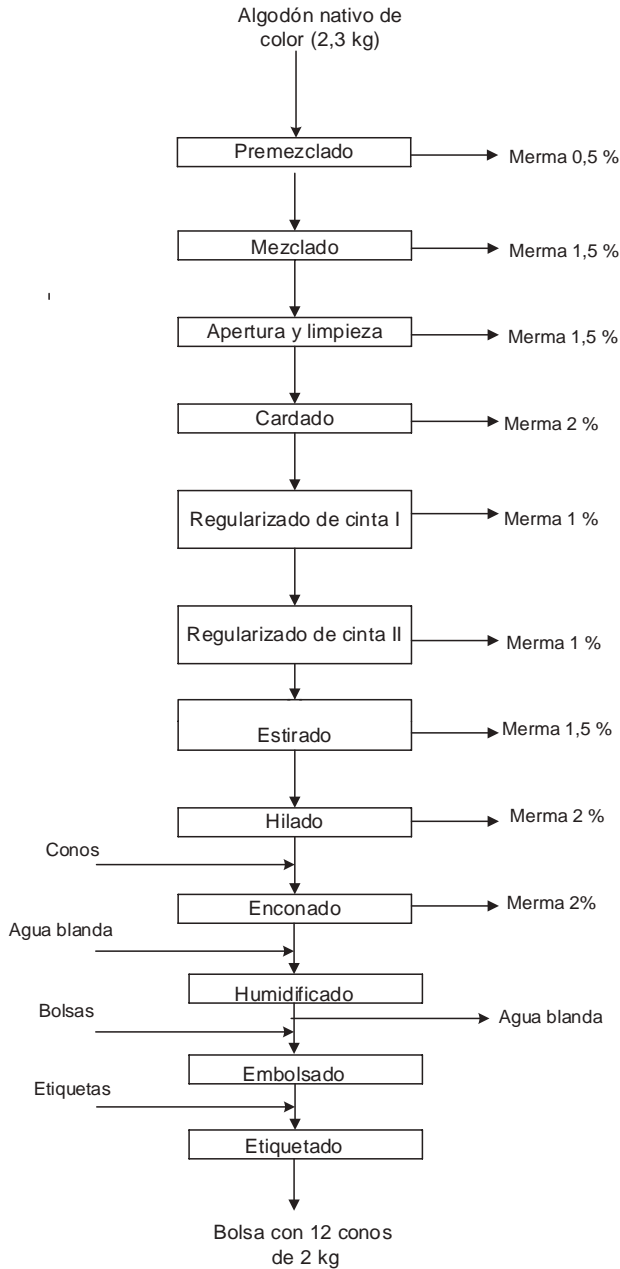


Figura 9. Diagrama de bloques del proceso para la producción de hilo de algodón nativo de color
Elaboración propia

3. USOS Y CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

El hilo elaborado con algodón nativo de color, a diferencia de los hilos hechos con algodones convencionales (como el tangüis y el pima), presenta la ventaja de poseer color natural sin haber pasado por un proceso de teñido. Así, se evita su tratamiento con sustancias químicas, de forma que se dejan de contaminar grandes cantidades de agua y disminuyen las probabilidades de que las personas con piel sensible o las que sufran de enfermedades dermatológicas se vean afectadas. Además de ello, hilar algodón nativo de color ahorra costos, pues se omite el proceso de teñido, lo que hace de este producto una alternativa atractiva para las industrias textiles.

Este hilo será usado para la elaboración de telas para prendas de vestir como polos, poleras y chompas; es decir, telas que se hacen con tejido de punto. Por ello, debe tener un menor título, entre 10 y 40 Ne. Es preciso mencionar que para elaborar chompas se necesitan hilos de dos o tres cabos, y que esta prenda será usada preferentemente en las estaciones de primavera y otoño, pues su tela es fresca y no abrigadora.

Tabla 4
Rango de título para determinadas prendas de vestir

Uso	Rango del título (Ne)
Polos	30-50
Chompas	10-15 Ne (2 a 3 cabos)
Poleras	10-20 Ne

Fuente: Hilandería de Algodón Peruano (Hialpesa, 2015)
Elaboración propia

4. ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL

Se ha previsto que el impacto originado por una planta de producción de hilos de algodón nativo de color, como la requerida para el presente proyecto, no sería tan significativo como el que se puede dar en la industria textil que precisa de un proceso de teñido, en el cual se utilizan productos químicos y colorantes, por lo que se generan efluentes tóxicos que afectan negativamente la salud humana, la fauna y el medioambiente. La mayoría de pigmentos empleados para la elaboración de colorantes están hechos a base de metales pesados que son altamente dañinos para la salud humana. Los más peligrosos son el arsénico, el

cual presenta gran capacidad tóxica; el mercurio, que produce enfermedades neurológicas y lesiones renales; y el plomo, que es el más peligroso, ya que causa daños en el cerebro. También se usan varios productos especiales, conocidos como *auxiliares de teñido*, para mejorar la calidad del teñido, la suavidad, la firmeza, la textura, la estabilidad dimensional y la resistencia a la luz y al lavado.

En los efluentes procedentes del proceso de teñido se pueden encontrar un gran número de contaminantes, como fenoles, sulfuros, cromo y colorantes. En el proceso productivo de hilo elaborado con algodón nativo de color, por el contrario, no se utiliza ningún tipo de sustancia peligrosa; pero, al ser hecho por una empresa hilandera, se debe realizar un cuidadoso control de la fibra volátil y de la pelusa, están suspendidas en el ambiente, pues podrían ser inhaladas por los trabajadores, lo que les causaría daños a las vías respiratorias y molestias estomacales. El proceso en el que se presenta en mayor grado este problema es el de premezclado, que se realiza manualmente. Por ello, la fábrica deberá contar con un sistema de climatización, que consiste en un conjunto de ductos que se encuentran por debajo de las máquinas, los cuales absorberán las fibras volátiles junto con aire caliente, para luego pasar por un filtro en forma cilíndrica que se encarga de retener las pelusas para depositarlas después en sacos, los cuales posteriormente serán dispuestos como residuos sólidos. El aire caliente, por su parte, es aspirado y enviado al exterior de la fábrica mediante un ducto de siete metros de altura. Cabe mencionar que, cuando se desea aumentar la temperatura, se deja de absorber el aire caliente.

Debido a que el filtro absorbe todo el material particulado, solo se expulsa hacia el medioambiente el aire caliente, pues este no es un parámetro controlado por el ECA (estándar de calidad ambiental). Asimismo, este sistema sirve para mantener la fábrica a una temperatura idónea de 32 °C, para que el algodón no se deshidrate.

En lo referente a residuos sólidos, además de las mermas generadas en todo el proceso productivo (como las fibras), también se originan otros residuos, producto de la limpieza, el mantenimiento y el trabajo de oficina y de laboratorio.

En cuanto a los residuos líquidos, para hacer un correcto mantenimiento se utilizan lubricantes como grasas y aceites, y así no hay fricción en las máquinas. En el manual, se emplea una sustancia llamada *hidrolina*, que

ayuda al correcto funcionamiento del sistema hidráulico del brazo pendular, el cual sujeta los rodillos que estiran las fibras.

Por otro lado, en la fábrica generaría ruido en todos los procesos, pues las máquinas cuentan con motores eléctricos, sistemas de poleas, ejes, chapones y rodajes, que hacen que el ruido sea constante e intenso. Asimismo, la vibración que producen las máquinas puede afectar el sistema nervioso, los órganos internos y los tejidos del cuerpo de los trabajadores. Cuando la exposición al ruido está por encima de los niveles máximos permisibles, se pueden presentar daños como pérdida temporal de la audición y lesiones irreversibles en el oído medio e interno, además de disminución de la eficiencia del trabajador y una comunicación inefectiva.

Antes de comenzar la instalación de la planta, es fundamental efectuar el estudio de impacto ambiental, con el cual se analizará si el terreno elegido se halla cerca de zonas urbanas donde existan viviendas que serían potencialmente afectadas, debido a que la planta podría generar ruidos intensos.

5. CONCLUSIONES

- La viabilidad técnica de elaborar hilos de calidad a partir del algodón nativo de color es factible, pues se demostró que, mediante un acondicionamiento de la máquina para hilar, se puede obtener un hilo de calidad del algodón nativo de color, el cual posee características difíciles de tratar, como fibra corta y baja resistencia a la torsión. No obstante, es posible trabajar el algodón nativo al proporcionarle a esta máquina un sistema de transmisión de velocidades idóneo.
- El hilo hecho a partir de algodón nativo de color será usado para la elaboración de telas para prendas de vestir como polos, poleras y chompas; es decir, telas que se hacen con tejido de punto. Por ello, estos hilos tendrán un menor título de entre 10 y 40 Ne.
- Se concluyó que, al usar un algodón cuyo color es natural, se reduce significativamente la contaminación ambiental, ya que el principal contaminante en la industria textil se genera por el proceso de teñido.

REFERENCIAS

- Cortijo, D., y Cancio, R. (2012). Innovación tecnológica para recuperar el algodón nativo de color. *Revista de Ingeniería Industrial*, (30), 225-245.
- Declercq Pedraza, L. (2016). *Estudio de pre-factibilidad para la instalación de una planta productora de hilos de calidad elaborados con algodón nativo de color* (trabajo de investigación para optar el título profesional de ingeniero industrial). Universidad de Lima.
- Hilandería de Algodón Peruano. (2015). *Rango de título para prendas de vestir*. Recuperado de <http://www.hialpesa.com/>
- Instituto Peruano del Algodón. (2017). *Características del algodón peruano*. Recuperado de <http://www.ipaperu.org/>
- Ocampo, P. (2015). *Potencialidades del algodón nativo de color en la región Lambayeque*. Recuperado de <http://www.uss.edu.pe/uss/descargas/2088/Archivos/Algodon%20nativo%20de%20colores.pdf>
- Servicio Nacional de Adiestramiento en Trabajo Industrial. (2006). *Manual de aprendizaje para mecánico textil en hilandería "Regulaciones de la continua de anillos de FC y FL tercera parte"*. Lima: Senati.
- Servicio Nacional de Adiestramiento en Trabajo Industrial. (2007). *Manual de aprendizaje para mecánico textil en hilandería "Materiales textiles"*. Lima: Senati.
- Vásquez, L., Vásquez, P., y Ecurra, J. (2012). *Los algodones del Perú un ensayo comparativo de las variedades de color de algodón nativo del Perú G. Barbadense*. Lambayeque: Universidad Pedro Ruiz Gallo.
- Vásquez, P., y Pérez, P. (2011). *Revalorando un cultivo ancestral. Algodón nativo: fibra de calidad para la industria*. Chiclayo, Perú: Cáritas.