

## Implementación del Proceso de Mercerización de Hilo de Algodón.

Karla Solares, Verónica Alvarado, Sonia López, Ricardo Ramírez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ingenieros egresados de la Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ingeniería, Ingeniería Química e Ingeniería Química Industrial.

### RESUMEN (Martínez, 2015)

La empresa Algodón textil produce hilo de algodón como uno de sus productos principales, de igual manera cuenta con un área de acabado, donde se llevan a cabo procesos de lavado y teñido de tejido.

Por las razones anteriores se decidió realizar la mercerización de hilo de algodón, para poder implementar este tratamiento en el proceso de acabado de hilo ya que los costos del proceso son bajos y el producto no requiere de una alta inversión de tiempo para realizarse, por lo que es un proyecto factible que posee un mercado objetivo diverso y que no presenta mucho riesgo.

El proceso de mercerización se realizó a nivel de laboratorio y a nivel industrial.

Los parámetros que se tomaron en cuenta para realizar el proceso de mercerización tanto a nivel industrial como a nivel de laboratorio fue la tensión, la temperatura del álcali, el pH final del hilo mercerizado, el tiempo de inmersión en el álcali y el tiempo de lavado.

A nivel de laboratorio para realizar el proceso de mercerización se realizaron tres diferentes pruebas variando la concentración del álcali (20%,23%,25%).

Para determinar la calidad del hilo mercerizado obtenido a nivel industrial y a nivel de laboratorio se identificó el grado de mercerización, se realizó una prueba de resistencia y un análisis de brillo de la fibra del hilo.

Se logró determinar por medio de estas tres pruebas que la concentración ideal para realizar el proceso de mercerización a una temperatura de 23°C es con la solución de hidróxido de sodio de 25%. A nivel industrial el grado de mercerización del hilo fue de 161.70 y obtuvo una resistencia de 8.4N y una diferencia de 1.9N con el hilo no mercerizado.

**Palabras clave:** Mercerización, Fibra de algodón, Tiempo, Inmersión, Concentración, Hidróxido de sodio, Resistencia, Brillo, Grado de mercerización, Temperatura, Título 20/2, Tensión, Suavizante, Calidad y Estandarización.

### ABSTRACT

#### Implementation of the Mercerization Process of Cotton Yarn

The Cotton textile company produces cotton yarn as one of its main products, also has a finishing area, where washing and dyeing processes are carried out.

For the above reasons it was decided to perform the mercerization of cotton yarn, to be able to implement this treatment in the thread

finishing process since the costs of the process are low and the product does not require a high investment of time to perform, so It is a feasible project that has a diverse target market and does not present much risk.

The mercerization process was carried out at the laboratory level and at the industrial level.

The parameters that were considered to perform the mercerization process both at the industrial level and at the laboratory level were

the tension, the alkali temperature, the final pH of the mercerized thread, the immersion time in the alkali and the washing time.

At the laboratory level to perform the mercerization process three different tests were performed varying the concentration of the alkali (20%, 23%, 25%).

To determine the quality of the mercerized yarn obtained at the industrial level and at the laboratory level, the degree of mercerization was identified, a resistance test and a gloss analysis of the yarn fiber was performed.

It was possible to determine by means of these three tests that the ideal concentration to

### **INTRODUCCIÓN** (NPTEL, 2013)

El algodón es la planta textil de fibra que se considera como la más importante del mundo y su cultivo es de los más antiguos.

Es un tejido fino, debido a que sus fibras son blandas y aislantes, resisten la rotura por tracción como para permitir la confección de tejidos, admiten el blanqueado y teñido.

Debido a ello, el algodón se convirtió desde hace mucho tiempo en un producto de importancia fundamental para el hombre.

La sustancia fundamental del algodón, como la de otras fibras vegetales, es la celulosa.

La celulosa comunica a la fibra resistencia, flexibilidad, elasticidad y otras propiedades, necesarias para la obtención de la hilaza y tejidos.

perform the mercerization process at a temperature of 23 ° C is with the 25% sodium hydroxide solution. On an industrial level the degree of mercerization of the thread was 161.70 and obtained a resistance of 8.4N and a difference of 1.9N with the non-mercerized thread.

**Keywords:** Mercerization, Cotton fiber, Time, Immersion, Concentration, Sodium hydroxide, Resistance, Brightness, Degree of mercerization, Temperature, Title 20/2, Tension, Softener, Quality and Standardization.

Los tejidos de fibras de algodón son de los más antiguos producidos a través de la historia.

Actualmente se han desarrollado otros tipos de fibras sintéticas cuyas características y propiedades han hecho que los procesos de fibras naturales como el algodón, sean modificados con el fin de obtener propiedades más significativas sobre la fibra.

Una de las modificaciones que les han realizado a las fibras de algodón es la mercerización.

La mercerización es un proceso efímero de tratamiento del tejido con una solución concentrada de sosa cáustica bajo tensión y un correspondiente lavado energético con agua, mediante la cual la celulosa se transforma químicamente proporcionándole ciertas propiedades de brillo y resistencia.

## MÉTODOS, PROCEDIMIENTOS y MATERIALES (AITEK, S.F.)

### Fuentes Primarias

Experiencias en planta, también asesoría profesional por parte del gerente general de producción de la empresa, Ingeniero Álvaro García y por el Ingeniero Ryan Ramírez, asesor del proyecto. Así mismo experiencias de otras empresas internacionales, consultas bibliográficas y la web.

### Fuentes de recolección de datos

- Procedimientos que posee la empresa para conocer todas las operaciones involucradas en la elaboración del hilo título 20/2.
- Fichas de seguridad de los productos químicos a utilizar.
- Manuales de los equipos a utilizar para la mercerización y el análisis del hilo mercerizado.
- Manual Técnico AATCC (American Association of Textile Chemist and Colorist)

#### a. Instrumentos

A continuación, se exponen los métodos e instrumentación necesaria para la medición de las variables definidas, para el proceso de mercerización:

### Concentración de hidróxido de sodio

- a) *Objetivos:* determinar la concentración de la solución mercerizante (hidróxido de sodio), por medio de una titulación ácido base. Utilizando ftalato ácido de potasio como patrón primario, por su elevada pureza, estabilidad frente a los agentes atmosféricos y alto peso molecular para evitar errores en la pesada. El punto equivalente será identificado por medio de un indicador que en este caso se utilizará la fenolftaleína.
- b) *Tipo de instrumentos:*
- i) Bureta: de 100 ml, error de  $\pm 0.05$ ml
  - ii) Balanza analítica Ohaus Explorer, error de  $\pm 0.00005$  gr
  - iii) Erlenmeyer de 250ml con error de  $\pm 1$  ml

**Tabla 1** Valoración del hidróxido de sodio (20%)

	Masa KHP	Volumen NaOH	Concentración de NaOH
Prueba 1			
Prueba 2			
Prueba 3			
		Promedio	

**Tabla 2** Valoración del hidróxido de sodio (23%)

	Masa KHP	Volumen NaOH	Concentración de NaOH
Prueba 1			
Prueba 2			
Prueba 3			
		Promedio	

**Tabla 3** Valoración del hidróxido de sodio (25%)

	Masa KHP	Volumen NaOH	Concentración de NaOH
Prueba 1			
Prueba 2			
Prueba 3			
		Promedio	

### Tiempo de baño del mercerizado

- a) *Objetivos:* establecer el tiempo adecuado para la mercerización del hilo de algodón título 20/2, dicha inmersión debe ser tan rápida y completa como sea posible para que el encogimiento y la tensión sean uniformes ya que si no se dan dichas características del proceso de teñido posterior sea irregular.
- b) *Tipo de instrumentos:*
- i) Cronómetro Steren, precisión de 1/1000 segundos.

### Temperatura del álcali

- a) *Objetivos:* identificar la temperatura adecuada para la mercerización, en la cual se pueda obtener una mejor calidad.

En la práctica industrial se fija en 18°C el valor más conveniente, ya que un enfriamiento a temperaturas inferiores produce una mejora en el brillo que no es

compensada con el aumento de costos por gastos en refrigeración.

- b) *Tipo de instrumentos:*
- i) Termómetro de inmersión parcial con escala en grados Celsius, error de  $\pm 0.05$  °C.

### Tensión del hilo a mercerizar

- a) *Objetivos:* lograr el estiramiento adecuado para la mercerización, el cual, según la literatura debe de ser de un 4% aproximadamente, para obtener brillo y evitar el encogimiento del hilo. De tal forma que este debe ser controlado para no afectar la resistencia y elasticidad del hilo.
- b) *Tipo de instrumentos:*
- i) Metro: Stanley, Fat Max 3 metro, error de  $\pm 0.5$  cm

La instrumentación necesaria para el control y análisis de la calidad del hilo que se elabora durante el tratamiento químico de mercerización se define como:

**Tabla 4** Condiciones de mercerización.

	NaOH (20%)	NaOH (23%)	NaOH (25%)
Temperatura del NaOH			
Tiempo de Baño del Mercerizado			
Tensión aplicada			
Tiempo de lavado			
Temperatura del agua			
Tiempo de inmersión en suavizante			
pH final			

### Resistencia del hilo

- a) *Objetivos:* distinguir la fuerza máxima que se puede aplicar al hilo mercerizado sin que ocurra rompimiento.

- b) *Tipo de instrumentos:*
- i) Dinamómetro
  - ii) Pesas

**Tabla 5** Medición de la resistencia del hilo mercerizado con NaOH al 20%.

	Peso aplicado hasta rotura	Fuerza	Longitud de Rotura
Prueba 1			
Prueba 2			
Prueba 3			
		Promedio	

**Tabla 6** Medición de la resistencia del hilo mercerizado con NaOH al 23%.

	Peso aplicado hasta rotura	Fuerza	Longitud de Rotura
Prueba 1			
Prueba 2			
Prueba 3			
		Promedio	

**Tabla 7** Medición de la resistencia del hilo mercerizado con NaOH al 25%.

	Peso aplicado hasta rotura	Fuerza	Longitud de Rotura
Prueba 1			
Prueba 2			
Prueba 3			
		Promedio	

### Brillo del hilo

a) *Objetivos:* incrementar el brillo natural de la fibra de algodón. En cuanto al brillo según su pérdida de torsión y estructura escamosa, puede variar de opaco a más luminoso. Cuando se observa la fibra de algodón al microscopio se aprecian las escamas que las recubren y a veces una médula

central continua o discontinua. Al someter al hilo a un tratamiento de mercerizado, se logra el hinchamiento de las paredes celulares, incrementando la superficie total de la fibra y su reflectancia.

b) *Tipo de instrumentos:*

i) Microscopio

**Tabla 9.8:** Análisis cualitativo del brillo de las fibras de hilo.

	NaOH (20%)	NaOH (23%)	NaOH (25%)
Torsión de la fibra			
Uniformidad de la fibra			
Brillo			

### Grado de mercerización del hilo

a) *Objetivos:* determinar del grado de mercerización de los tejidos de algodón. Puesto que el algodón mercerizado posee una mayor capacidad de absorción que el algodón sin mercerizar, por lo que al someter una muestra de algodón mercerizado con una solución de hidróxido de bario absorberá mayor cantidad de álcali que el algodón sin mercerizar.

b) *Tipo de instrumentos:*

i) Balanza analítica Ohaus Explorer, error de  $\pm 0.00005$  gr

ii) Estufa eléctrica, Termo Scientific

iii) Baño María cromado,

iv) Bureta: de 100 ml, error de  $\pm 0.05$ ml

v) Pipeta volumétrica de 25 ml, 10ml y 5ml, error de  $\pm 0.05$ ml

vi) Erlenmeyer, 100ml error de  $\pm 1$  ml

vii) Cronómetro Steren, precisión de 1/1000 segundos.

**Tabla 9** Grado de mercerización.

	Volumen HCl consumido	Grado de Mercerización
Solución de Bario		-
Hilo sin Mercerizar		-
Hilo mercerizado (NaOH 20%)		
Hilo mercerizado (NaOH 23%)		
Hilo mercerizado (NaOH 25%)		

**Diagrama 1** Procedimiento

Diagrama de Operario			
		Hoja	1 de 1
Curso	Proyectos de ing. Química II	Lugar	Universidad Rafael Landívar
Fecha	2 ciclo 2016	Integrantes	Sonia López
Seccion	2	Integrantes	Ingrid Alvarado
Ing.	Ryan Ramírez	Integrantes	Karla Alvarado
TEMA	Mercerizacion de hilo de algodón	Integrantes	Alejandro Reina

No.	Descripción de la actividad	Simbología						Observaciones
1	Solicitar permiso para utilizar las instalaciones, equipo y reactivos de la universidad.	●	⇒	D	□	▽		
2	Visitar la empresa, para tomar nuestras del hilo y mercerizador.	○	⇒	D	□	▽	necesitamos que ellos nos faciliten la materia prima para el	
3	Realizar mercerización y titulación del NaOH	●	⇒	D	□	▽	diluciones 2:1000 para la titulación.	
4	Solicitar permiso para la utilización del laboratorio de microbiología	●	⇒	D	□	▽		
5	Prueba de control: Análisis Brillo	○	⇒	D	■	▽	Observar características cualitativas del	
6	Solicitar permiso para utilización del laboratorio de física	●	⇒	D	□	▽		
7	Prueba de control: Análisis de Resistencia.	●	⇒	D	□	▽	Evaluar la resistencia a que los hilos mercerizados poseen	
8	Solicitar el permiso para utilizar el laboratorio de análisis químico	●	⇒	D	□	▽		
9	Prueba de control: Grado de mercerización.	●	⇒	D	□	▽	Efectividad del mercerizado con las disoluciones	
10	Análisis de resultados,	○	⇒	D	■	▽	datos obtenidos de los analisis	
11	Elaboración del informe final	●	⇒	D	□	▽	Discusión de los datos.	
12	Presentación final del proyecto.	●	⇒	D	□	▽		
13	Fin	○	⇒	D	□	▽		

Simbología		RESUMEN	Número
○	Operación	Operaciones	9
➡	Transporte	Transportes	1
D	Demora	Demoras	0
□	Inspección	Inspecciones	2
▽	Almacenaje	Almacenamiento	0
		Otras	1
		Total	13

### Diseño y metodología estadística

- *Experimentos:* determinación de la concentración ideal de hidróxido de sodio y análisis de control de control de calidad (resistencia del hilo y grado de mercerización) del producto terminado.
- *Tratamientos y Repeticiones en los Experimentos:* se realizarán las dos pruebas de control de calidad por cada concentración utilizada (20, 23, 25%), cada experimentación será en triplicado, para un mejor control estadístico.

### Descripción de las unidades experimentales

En base a los resultados obtenidos de las pruebas de control de calidad a diferente concentración (nueve unidades experimentales), se podrá identificar la concentración ideal, donde se obtiene un producto con mejores cualidades y que cumpla con las especificaciones del mercado.

### Variable Respuesta

Ya identifica la concentración ideal de hidróxido de sodio está se controlará por medio de titulaciones, antes del proceso de mercerización.

### Metodología de Análisis

El análisis para determinar las condiciones ideales en las que se debe de llevar a cabo el proceso de mercerización será realizado con Excel donde se podrá graficar y determinar tendencias.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La mercerización se realizó tanto a nivel laboratorio como a nivel industrial en una empresa de algodón textil. Los

parámetros seguidos para la mercerización en cada área son mencionados en la tabla 1 para el laboratorio y tabla 2 en el área industrial.

Para la mercerización se pueden utilizar diferentes tipos de álcali como sosa cáustica, hidróxido de litio y potasa cáustica que son los más conocidos. El hidróxido de litio puede alcanzar un grado de hinchamiento mayor, ya que solo necesita la mitad del que se usaría de soda cáustica o potasa cáustica para alcanzar el mismo nivel de hinchamiento, por lo que puede ser utilizado para mercerizar fibras de rayón sin causar daños. La razón de elegir la soda cáustica sobre el hidróxido de litio y la potasa cáustica es el precio, que es menor que el de los otros dos compuestos. (BVSDE, S.F.)

También se puede realizar mercerizaciones con amoniaco.

La tensión superficial del amoniaco líquido es menor que el de sosa cáustica, sus propiedades humectantes y penetrantes son tan extremadamente buenas para reducir el tiempo de mercerizado Sin embargo, el amoniaco líquido tiene un punto de ebullición alrededor de  $-33^{\circ}\text{C}$ , por lo que la inflamación inducida en la fibra celulósica es bastante inestable y la fibra pronto vuelve a su estado original debido a la vaporización del amoniaco, incluso cuando se mantiene la temperatura por debajo del punto de ebullición.

Al utilizar sosa cáustica en la fibra, el grupo hidroxilo de la celulosa reacciona con el hidróxido de sodio bajo el desarrollo de calor y se transforma en álcali-celulosa debido a la absorción de la

fibra, éstas se hinchan y reducen su tamaño. Al aplicar tensión cuando estas se encuentran hinchadas y luego se aclaran con agua, el álcali será eliminado y se obtendrá un mejor brillo. El máximo grado de brillo se obtiene al estirar el material lo más posible, aunque debido a factores físicos no es posible lograr un estiramiento mayor al 5%.

Si el material no es estirado, no se obtiene un brillo apreciable, pero aumenta su resistencia y elasticidad (hasta 20%).

En el laboratorio, la tensión del hilo se controlaba por medio del sistema mostrado en la figura 15.1 de anexos, el cual consiste en dos carretes de metal para hilo donde se enrolla el hilo y la tensión es controlada por medio de dos alambres, uno define la distancia a la que se enrolla el hilo y el segundo la distancia para el estiramiento.

Este sistema, permitía un estiramiento aproximado de 4% de modo que el hilo aumentara tanto su brillo como su resistencia. En la fábrica de algodón textil, se utilizó un equipo el cual consta de dos rodillos, donde se colocan las madejas de hilos y la tensión es ajustada manualmente hasta obtener una tensión aproximada de 4.5% obteniendo de igual manera un mayor brillo y resistencia.

La temperatura del hidróxido de sodio tiene efecto sobre la tensión superficial de la solución, al aumentar la temperatura, se disminuye la tensión superficial haciendo más fácil la absorción del álcali en la fibra de algodón. (COPESA, 2012)

Las mercerizaciones se realizaron a temperatura ambiente, para no aumentar el costo por calentamiento o enfriamiento. La mercerización realizada a nivel laboratorio, se realizó a 23°C mientras que la mercerización en la fábrica de algodón textil a 17°C debido a la diferencia de clima por la ubicación.

La solución de NaOH utilizada se mezcló además un quitamanchas el cual permite disminuir la tensión superficial de la solución de hidróxido de sodio favoreciendo la penetración de esta en la

fibra y por lo tanto disminuyendo el tiempo de inmersión para lograr el mercerizado.

El tiempo de inmersión requerido para que se dé una reacción completa entre la celulosa y la fibra para las concentraciones por debajo de aproximadamente 34 a 35°Bé es menos de cinco minutos, por encima de 42°Bé es diez minutos, y por encima, se requiere mucho más tiempo para completar la reacción, como las soluciones realizadas son menores de 35°Bé, el tiempo de inmersión tanto para la mercerización a nivel laboratorio como industrial fue de 4 minutos.

El lavado luego del proceso de mercerización es muy importante debido a que de esa manera se retira el exceso de sosa cáustica de la fibra frenando el proceso de mercerización, de manera que la fibra no se encoja ni pierda brillo. Esto es comprobado midiendo el pH del hilo luego del lavado.

En la experimentación en el laboratorio, se realizó dos lavados de 2 minutos para llevar el hilo a un pH neutro (7) y luego realizar el prensado para eliminar el exceso de agua. En la fábrica de algodón textil, el sistema de lavado se realiza por medio de una bomba de agua que distribuye el agua por medio de un tubo PVC con agujeros a lo largo, se bombea agua por dos minutos y luego es prensada por un rodillo para eliminar el exceso de agua. En este paso, el pH disminuye de 14 a 11, pero aún no se encuentra neutro, por lo que se deja la fibra en remojo por una hora y luego es prensada de nuevo y secada. (Centro de Comercio internacional, s.f.)

Para realizar la mercerización de cualquier hilo de algodón, en este caso se utilizó el hilo título 20/2, uno de los parámetros más importantes es definir la concentración ideal del hidróxido de sodio, ya que es uno de los factores que proporciona un máximo brillo y mejora las propiedades de la fibra de algodón.

Para obtener un proceso óptimo de mercerización, generalmente la fibra celulósica es tratada con una solución



concentrada de hidróxido de sodio entre un rango de 20% -25% con un tiempo y temperatura determinada para que el álcali penetre no solo en las regiones más accesibles sino también en las más profundas.

Para la mercerización realizada a nivel laboratorio, se utilizaron tres soluciones de hidróxido de sodio dentro del rango de concentración de 20% -25% para obtener los resultados deseados en el proceso de mercerización.

Únicamente se trabajó dentro de ese rango de concentración de hidróxido de sodio, ya que al utilizar en el proceso de mercerización concentraciones menores se obtienen grados de mercerización bajos y menor brillo.

Al utilizar concentraciones de soda caustica mayores no se obtiene mejor grado de mercerización ni mayor brillo, es decir que no proporciona ningún efecto adicional; la concentración mayor a 25% es inservible ya que la celulosa es incapaz de absorber el álcali.

A nivel laboratorio se realizaron tres soluciones de hidróxido de sodio de diferente concentración, de 20%, 23% y 25%, disolviendo lentejas de hidróxido de sodio en agua y aforando en un balón volumétrico de un litro.

Para comprobar la concentración de las soluciones preparadas se realizó la estandarización con una solución de ftalato ácido de potasio y como indicador se empleó fenolftaleína. (Peñaiel, 2011)

El viraje de la fenolftaleína se originó cuando el hidróxido de sodio reaccionó por completo con la solución de ftalato ácido de potasio, formando ftalato de sodio y potasio.

Con el peso utilizado de ftalato ácido de potasio y el volumen de hidróxido de sodio requerido en la titulación, se pudo calcular por medio de estequiometría las concentraciones exactas de las soluciones preparadas. Se realizó por triplicado la estandarización de cada una de las tres soluciones de hidróxido de sodio (20%, 23% y 25%), y se obtuvo el promedio de

la concentración de las soluciones; las cuales son las concentraciones exactas de las soluciones de hidróxido de sodio antes de mercerizar.

Al finalizar el proceso de mercerización en las industrias la soda caustica se reutiliza para elaborar de nuevo este proceso, con el fin de disminuir costos.

Sin embargo, cuando la soda caustica ha descendido por debajo de los 6°Bé es necesario cambiar la solución con la que se realiza la mercerización, ya que si se trabaja por debajo de dicha concentración ya no se obtienen los mismos resultados en el hilo mercerizado. (Centro de comercio internacional, S.F.)

Debido a esto se realizó la estandarización de las tres soluciones de hidróxido de sodio preparadas en el laboratorio y de la solución utilizada en la fábrica de algodón textil, todas las soluciones después de mercerizar.

Las estandarizaciones se realizaron de la misma forma por triplicado, con ftalato ácido de potasio y como indicador fenolftaleína.

En las cuatro soluciones se obtuvo una concentración menor a las concentraciones de las soluciones antes de mercerizar, debido a la absorción de las fibras de las soluciones de hidróxido de sodio durante la mercerización.

Luego de realizar la mercerización con cada una de las soluciones de hidróxido de sodio se realizaron pruebas de resistencia del hilo, grado de mercerización y brillo del hilo.

Con estas pruebas se pudo determinar que concentración de la solución de hidróxido de sodio fue la indicada para obtener un proceso de mercerización eficiente, es decir el hilo mercerizado con mejor brillo, resistencia y grado de mercerización. (OEIDRUS, 2015)

Para evidenciar el tratamiento de mercerización, se realizaron tres pruebas: medición de la resistencia del

hilo, determinación del grado de mercerización y análisis cualitativo del brillo.

Se evaluó la resistencia del hilo tanto para la mercerización realizada a nivel laboratorio como la realizada de manera industrial.

Los resultados se obtuvieron medio de un análisis de tensión y resistencia del hilo de algodón. Este análisis consistía en colgar el hilo mercerizado y colocarle pesas con el fin de que éstas ejercieran una fuerza suficientemente grande para romperlo. Esto permite medir la resistencia obtenida luego de la reacción de mercerización en la fibra.

La torsión de la hebra de una fibra de algodón provoca la presencia de puntos débiles, los cuales actúan como zonas de concentraciones de tensiones debido al área de sección transversal inferior cuando se aplica una tensión de tracción.

La mercerización aumenta la resistencia de las fibras de algodón debido a la hinchazón de las fibras ya que de esa manera se obtiene una sección transversal más uniforme a lo largo de su longitud, reduciendo los puntos débiles por lo que las fibras presentan una resistencia a la tracción mejorada en comparación con una fibra no mercerizada. (Pecaltex, 2013)

La resistencia ejercida intencionalmente durante mercerización se puede considerar en tres etapas, siendo éstos durante la penetración de la solución alcalina y la hinchazón, durante la fijación de las dimensiones y el mejoramiento del brillo, y durante la remoción del álcali.

La tensión aplicada durante la mercerización tiene gran influencia sobre la resistencia del hilo ya que, con la tensión creciente, la elongación a la rotura disminuye.

En las pruebas realizadas, se comparó el hilo de algodón sin ningún tratamiento con los hilos mercerizados con hidróxido de sodio a 20, 23 y 25%. Para poder comparar de manera efectiva el grado de mercerización y la resistencia obtenida

por esta se trabajaron a las condiciones más similares posibles, de modo que la única variable fuera la concentración de hidróxido de sodio y por lo tanto lo único que influye en la elasticidad, grado de hinchazón del hilo y pérdidas de torsión en las hebras, factores influyentes en la resistencia del hilo.

Los resultados de las pruebas de resistencia son las siguientes: el hilo crudo sin tratamiento cuenta con una resistencia de 2.32N, el hilo mercerizado al 20% resiste 2.97N, el hilo a 23% 3.33N al igual que el mercerizado al 25%. Tal y como se observa el hilo mercerizado a nivel laboratorio con mayor resistencia a la fuerza ejercida sobre el mismo es el de hilo mercerizado al 25% de concentración de hidróxido de sodio, pues como mencionó anteriormente esto se da a razón del aumento a la hinchazón y disminución de la torsión en la fibra. La resistencia del hilo incrementó en un 43.5% después del tratamiento químico.

Al hilo obtenido del proceso industrial de mercerización se le realizaron las pruebas de resistencia de igual forma. Los resultados de este proceso de muestran en la Gráfica 10.2. Se observó que la fuerza soportada por el hilo mercerizado en hidróxido de sodio al 20% a 17°C de manera industrial resiste 8.4 N, mientras que el hilo crudo resiste 6.5 N. (Rivera, 2004)

El hilo mercerizado posee una diferencia de resistencia con el hilo no mercerizado de aproximadamente 1.9 N, demostrando que el hilo mercerizado obtiene una mayor resistencia. (Luengo, S.F.)

Para la identificación del grado de mercerización del hilo se utilizó el número de barita, ensayo basado en AATCC 89-1998. El cual que consiste en medir la absorción preferencial del hidróxido de bario solución diluida por el algodón mercerizado.

Por lo que el hilo después de ser mercerizado se dejó secar durante veinticuatro horas para disminuir su humedad relativa, a continuación, se sumergieron los tres hilos mercerizados y un cuarto sin mercerizar en una solución

fresca de hidróxido de bario a 0.1N durante dos horas.

La solución de hidróxido de bario se elaboró minutos antes de comenzar con el ensayo de la AATCC, debido a que es una solución inestable pues el barrio reacciona con el oxígeno cuando se expone al aire, formando una capa delgada de BaO en la superficie y al reaccionar con oxígeno y nitrógeno, se forma una mezcla de BaO, Ba<sub>3</sub>N<sub>2</sub> y BaO<sub>2</sub>. Para evitar que se alterara la solución el tiempo en el que los hilos estuvieron sumergidos fueron cubierto con papel Parafilm y así garantizar la integridad del análisis. Cabe mencionar que la solución de hidróxido de bario fue previamente estandarizada con HCl al 0.1N utilizando fenolftaleína como indicador.

Seguidamente se obtuvieron dos alícuotas de 10 mL de la solución de hidróxido bario en cada uno de los matraces con los respectivos hilos y se valoró contra 0.1N de ácido clorhídrico. Volúmenes que fueron utilizados para identificar el número Bárico o grado de mercerización.

El hilo mercerizado con hidróxido de sodio al 20% muestra un grado de 128.57 y el de 23% un grado de 134.28, valores que indican que la reacción entre la fibra y el álcali no se completó. En cuanto al hilo tratado con una solución al 25% la reacción si se completó con un valor de 177.14, así mismo al analizar el hilo mercerizado en planta, su grado de mercerización fue de 161.70.

La fibra tratada con una solución al 25% reaccionó completamente y obtuvo el mayor grado de mercerización. Esto se debe a que cuando el mercerizante tiene baja concentración las moléculas hidratadas de NaOH son mínimas a comparación del gran número de moléculas de agua por lo que el diámetro de los iones hidratados es demasiado grande para penetrar en la estructura macromolecular de algodón. A medida que, si la concentración de soda cáustica se incrementa, el número de moléculas de agua disponible para la formación de hidratos disminuye y por lo tanto los iones hidratados que se forman si son capaces de penetrar en la

estructura de la fibra algodón rompiendo los puentes de hidrógeno y debilitando las fuerzas Van der Waals entre las cadenas de celulosa lo que provoca cambios en la estructura física del algodón.

Dichas modificaciones se manifiestan en la disminución de la cantidad de parte cristalina o aumenta el contenido amorfo de la fibra y se estima que el número de grupos hidroxilo disponibles son aumentados aproximadamente en un 25%. Ya que la mayor disponibilidad de los grupos hidroxilo está directamente relacionada con el aumento de humedad, la reactividad y la absorción de tinte del algodón mercerizado. La AATCC al basar el ensayo de Grado de Mercerización en este principio logra cuantificar la capacidad a la fibra de algodón mercerizado de absorber más yodo, colorantes, la humedad y álcalis, y someterse a oxidación o hidrólisis en comparación con un hilo de algodón no mercerizado.

La fibra de algodón al entrar en contacto con una solución concentrada de soda cáustica se hincha, lo que provoca cambios en la sección transversal de la misma. La sección transversal aplastada se vuelve en elíptica debido al incremento en el espesor de las paredes de la fibra y una disminución del canal interior, mientras la relación entre sus diámetros sea lo más próxima a la unidad, mayor será el efecto de brillo.

El análisis del brillo se realizó por un método visual, en donde se analizó la apariencia del hilo tomando en cuenta la torsión de la hebra y su uniformidad debido a que el proceso de mercerización permite que el hilo pierda torsión, se hinche aumentando su superficie, pierda su estructura escamosa y suciedad, grasa y ceras contenidas en la fibra. (Moscú, 2015)

Todo esto incrementa el brillo porque se da un aumento de la superficie total de la fibra teniendo así una mayor reflectancia.

La reflectancia del hilo también se ve afectada por la cantidad de cabos contenidos en la fibra, ya que, si solamente es un cabo, la reflectancia es

menor que con una de dos o tres cabos debido a que se tiene mayor incidencia luz, por lo que para las mercerizaciones se utilizó hilos de dos cabos.

Estos aspectos se pueden observar cuando se coloca la fibra de algodón al microscopio, apreciando las diferencias entre el algodón mercerizado y el no mercerizado. (textil, S.F.)

Se analizó el hilo según una escala cualitativa el brillo del hilo mercerizado a nivel laboratorio, donde se tomó como parámetros la cantidad de brillo obtenida, la cantidad de torsión, y la uniformidad tomando como valor 1 cuando presenta menos torsión, uniformidad o brillo y 4 cuando se observa más cada una de estas características.

Según estos resultados, se observa que el hilo con mayor torsión, menor uniformidad y brillo es el hilo normal o no mercerizado. El hilo al que más se redujo la torsión y con mayor brillo fue el tratado con la solución de soda cáustica al 25% y al que más uniformidad presentó en sus hebras fue el de 23%, al que le sigue el de 25%. Debido a esto, se puede afirmar que la concentración ideal para la mercerización realizada según los parámetros de la tabla 10.1, es la de 25% (valor teórico).

La fibra mercerizada en la fábrica de algodón textil es visiblemente más brillante que el no mercerizado como se muestra en la calificación de la tabla 10.24. También es más brillante que el mercerizado en el laboratorio debido a que se tenía un mayor estiramiento (4.5%) y principalmente a que la disminución de temperatura de la solución de hidróxido de sodio disminuye la tensión superficial de la misma favoreciendo la penetración de esta en la fibra y por lo tanto se obtiene una reacción con mayor facilidad.

## CONCLUSIONES

1. La tensión utilizada para las pruebas de mercerización son 4 - 4.5% aproximadamente, el tiempo de inmersión utilizado es cuatro minutos y dos minutos de lavado, la temperatura

utilizada es la temperatura ambiente, la cual es de 23°C en la mercerización realizada en el laboratorio y de 17°C en la fábrica.

2. Las concentraciones elegidas a realizar son 20, 23 y 25%. Según estandarización, antes de la mercerización las concentraciones correspondientes fueron 18.71, 23.76 y 25.64% y después de la mercerización 15.99, 21.16 y 21.69%. En la fábrica, después de la mercerización la solución estandarizada mostró una concentración de 19.66%. (Sens, 2014)

3. La resistencia del hilo mercerizado al 20% de hidróxido de sodio es de 2.97N, de 3.33N al 23% y de 3.33N al 25%, con una diferencia de 1.01N respecto al hilo no mercerizado, por lo que la concentración ideal a utilizar según el análisis de resistencia es la de 25%. A nivel industrial el hilo obtuvo una resistencia de 8.4N y una diferencia de 1.9N con el hilo no mercerizado.

4. Grado de mercerización para el hilo mercerizado al 20% fue de 128.57 y el de 23% de 134.28; ambos con una reacción incompleta. El hilo mercerizado que reaccionó completamente es el de 25% de NaOH con un grado de 177.14 y el mercerizado en fábrica con 161.70, por lo que esta es la concentración ideal por utilizar en la mercerización. (textil, S.F.)

5. Según el análisis de brillo, se determinó que la mercerización con hidróxido de sodio al 25% es la concentración ideal. Al bajar la temperatura de mercerización se obtiene un mejor brillo como se observó en la fibra mercerizada en la fáb

## BIBLIOGRAFÍA

- AITEX. (S.F.). *optimización de los niveles de contaminación del agua procedente de los procesos textiles*. Obtenido de <http://www.detextiles.com/files/CALIDAD%20DEL%20AGUA.pdf>
- BVSDE. (S.F.). *Uso racional del agua en tintorerías industriales*. Obtenido de de: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsaar/fulltext/uso/uso-2.pdf>
- Centro de Comercio internacional. (s.f.). *Hilado*. Obtenido de <http://www.guiadealgodon.org/guia-de-algodon/hilado/>
- Centro de comercio internacional. (S.F.). *Guía dl exportador de algodón, hilatura*. Obtenido de <http://www.guiadealgodon.org/guia-de-algodon/hilado/>
- COPESA. (2012). *Icarito, Algodón*. Obtenido de <http://www.icarito.cl/2009/12/72-6266-9-algodon.shtml>
- Luengo, L. (S.F.). *Glúcidos*. Obtenido de <http://www.lourdes-luengo.es/biologia/glucidos.html>
- Martínez, M. (2015). *Mercerizado de algodón*. Obtenido de <http://quimicadecolorantes.blogspot.com/2015/01/practica-9-mercerizado-de-algodon.html>
- Moscú. (2015). *Grado de hinchamiento de la celulosa en soluciones alcalinas*. Obtenido de <http://resumenes.eu/index.php?newsid=45746>
- NPTEL. (2013). *Mercarization*. Obtenido de <http://nptel.ac.in/courses/116102016/20>
- OEIDRUS. (2015). *Generalidades del cultivo de algodónero*. Obtenido de <http://www.oeidrus-bc.gob.mx/sispro/algodonbc/algodon.pdf>
- Pecaltex. (2013). *Hilos de calidad*. Obtenido de [http://www.pecaltex.com.mx/Pecaltex/Sobre\\_el\\_Algodon.html](http://www.pecaltex.com.mx/Pecaltex/Sobre_el_Algodon.html)
- Peñaiel. (2011). *Fibra de algodón*. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/631>
- Rivera, A. (2004). *Evaluación en el efecto del grado de mercerización en la resistencia de los tejidos planos de algodón y el grado de absorbancia de diferentes colorantes vinilsulfónicos*. Obtenido de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0928\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0928_Q.pdf)
- Sens, M. (2014). *El papel*. Obtenido de <http://slideplayer.es/slide/1565915/>
- textil, R. (S.F.). *Fibra de algodón*. Obtenido de <http://www.redtextilargentina.com.ar/index.php/fibras/f-diseno/fibras-vegetales/226-fibra-de-algodon/56-fibra-de-algodon>