

Evaluation of the scouring and bleaching process of aseptic cotton wool at industrial scale

Vanessa Hurtado ^a , Rauddy Medina ^a , Jesús Ojeda ^a , Cristina Cordero ^b ,
Ángel Almarza–Morales ^{*,c} 

^aEscuela de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela.

^bEscuela de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela.

^cDepartamento de Computación, Estudios Básicos de la Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela.



<https://doi.org/10.54139/revinguc.v29i3.439>

Abstract.- The stages of scouring and bleaching of cotton turn out to be critical in the production process since they are determinant in the scope of the quality parameters and specifications such as appearance, the presence of fatty substances and absorbency that, according to COVENIN 2982 standards, must be met for its production. commercialization. In this sense, this work evaluates the behavior that the exposure time exerts on these characteristics in each stage and the proportions of the reagents used in a real process. Thus, the fundamental factor that affects the scouring stage is the amount of caustic soda; while the amount of humectant, peroxide, and the interaction of temperature with caustic soda, are those that affect the bleaching stage.

Keywords: decrude; whitening; cotton.

Evaluación del proceso de descrude y blanqueamiento de algodón hidrófilo aséptico a escala industrial

Resumen.- Las etapas de descrude y blanqueamiento del algodón resultan ser críticas dentro del proceso productivo por cuanto son determinantes en el alcance de los parámetros de calidad y especificaciones como la apariencia, la presencia de sustancias grasas y la absorbencia que según normas COVENIN 2982 deben cumplirse para su comercialización. En tal sentido, en este trabajo se evalúa el comportamiento que sobre estas características ejerce el tiempo de exposición en cada etapa y las proporciones de los reactivos empleados en un proceso real. Así, el factor fundamental que afecta la etapa de descrude es la cantidad de soda cáustica; mientras que la cantidad de humectante, peróxido, y la interacción de la temperatura con la soda cáustica, son los que afectan la etapa de blanqueo.

Palabras clave: descrude; blanqueo; algodón.

Recibido: 1 de agosto, 2022.

Aceptado: 12 de diciembre, 2022.

1. Introducción

El proceso de producción de algodón hidrófilo aséptico implica dos etapas claves que permiten que el producto adquiera las características de absorbencia, blancura y pureza que por norma deben cumplirse. Estas etapas son el descrude y el blanqueo y se llevan a cabo en un autoclave. En

la primera se produce la saturación de la fibra de algodón por medio de una solución de soda cáustica y humectante a cierta temperatura, permitiendo que ocurran en principio, reacciones en las que los aceites naturales y ceras presentes se saponifican, dando lugar también al suavizado de la materia vegetal y a la suspensión de las pectinas y otros materiales no celulósicos que luego serán lavados. Por otro lado, el blanqueo implica la aplicación de una solución de peróxido de hidrógeno que permanece en la fibra a temperaturas elevadas por un lapso de tiempo determinado que permita la remoción de los cuerpos de color presentes [1].

En este sentido, Orcón *et al.* [2], estudiaron

* Autor para correspondencia:

Correo-e: adalmarza@uc.edu.ve (A. Almarza)

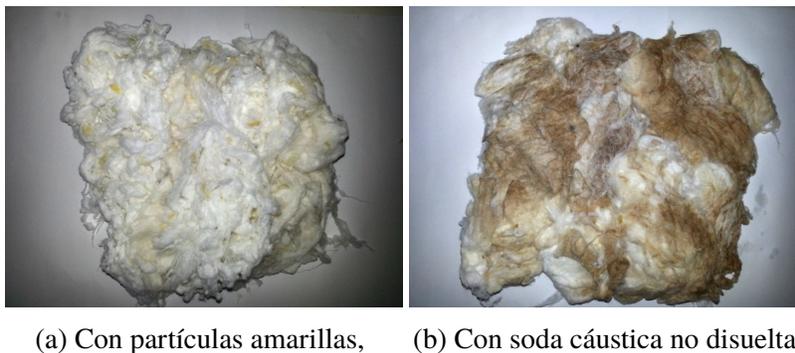


Figura 1: Muestras de algodón luego del proceso de descrude y blanqueo

el método de descrude-blanqueo, por separado e integrado, también con método enzimático, indicando que convencionalmente el descrude y blanqueo se realizan en etapas separadas con alto consumo de energía debido a las altas temperaturas que se necesitan, siendo la tendencia procurar la combinación de ambas etapas para reducir los tiempos de proceso, favorecer la remoción de manchas o color de las fibras y ahorrar en consumo energético, paralelamente suele implementarse el uso de enzimas que hacen las veces de catalizadores a bajas temperaturas, sin embargo los mejores índices de blancura se obtienen con el método clásico (por separado).

Por otra parte, Ceballos [3] destaca en su trabajo el uso del peróxido de hidrógeno como agente oxidante fuerte y de baja toxicidad que permite lograr el efecto de blanqueamiento del algodón, presentando también otras opciones viables para estos fines. Planteamiento que es corroborado en cierta medida por Vicente-Palomino [4] y colaboradores, quienes destacan que el uso de métodos químicos de blanqueamiento y más específicamente el uso del peróxido de hidrógeno otorga colores fríos y luminosos, pero que con largos tiempos de exposición puede registrarse la degradación de las fibras celulósicas.

A los efectos del proceso industrial en estudio se tiene una alta incidencia de producto fuera de especificación luego del descrude y blanqueo, reflejándose en la Figura 1a, una muestra de algodón con un tono no adecuado y la presencia de partículas amarillentas que además poseen una textura áspera, paralelamente en la Figura 1b se

evidencia que gran parte del algodón extraído es de color marrón, a causa de soda cáustica no disuelta en el mismo, adhiriéndose en estado sólido al algodón en proceso. Además, tiene textura gruesa, impidiendo una adecuada absorción. Esto implica el no cumplimiento de las normas de absorbencia, sustancias grasas y apariencia (puntos 6.1, 6.2.5 y 6.2.6 de la Norma COVENIN 2982 [5]), lo cual comporta el hecho que las sustancias grasas de las muestras superan el 0,7 % establecido, perdiendo el algodón la capacidad para absorber líquidos y por ende su característica de hidrófilo.

2. Metodología

Se realizó un diseño de experimento de tipo factorial, cuyo montaje se desarrolló utilizando el software Minitab, el cual consistió en realizar ensayos de laboratorio, con el fin de replicar el proceso de descrude y blanqueo del algodón ejecutado en la autoclave, utilizando a escala muestras de algodón y los reactivos respectivos. Dichos experimentos se realizaron variando concentraciones y temperaturas, para finalmente determinar los tiempos en los cuales el algodón debe ser extraído de la autoclave bajo los parámetros de calidad necesarios.

El paso inicial de este diseño, fue fijar primordialmente la escala que se utilizó para el desarrollo de las pruebas, se definió que para el proceso que se realiza actualmente con 500 kg de algodón, se toma una muestra de 100 g. Esto implicó el ajuste de las proporciones de las sustancias involucradas en el proceso, estimándose

Tabla 1: Proporción de reactivos a utilizar en cada muestra, para los experimentos

Nro. Muestra	Soda Cáustica (g)	Humectante (ml)	Temperatura (°C)	Peróxido (mL)	Blanqueador (g)
1	5	1	80	3	0,1
2	20	1	80	3	0,1
3	5	3	80	3	0,1
4	20	3	80	3	0,1
5	5	1	100	3	0,1
6	20	1	100	3	0,1
7	5	3	100	3	0,1
8	20	3	100	3	0,1
9	5	1	80	10	0,1
10	20	1	80	10	0,1
11	5	3	80	10	0,1
12	20	3	80	10	0,1
13	5	1	100	10	0,1
14	20	1	100	10	0,1
15	5	3	100	10	0,1
16	20	3	100	10	0,1
17	5	1	80	3	1
18	20	1	80	3	1
19	5	3	80	3	1
20	20	3	80	3	1
21	5	1	100	3	1
22	20	1	100	3	1
23	5	3	100	3	1
24	20	3	100	3	1
25	5	1	80	10	1
26	20	1	80	10	1
27	5	3	80	10	1
28	20	3	80	10	1
29	5	1	100	10	1
30	20	1	100	10	1
31	5	3	100	10	1
32	20	3	100	10	1

las cantidades para efectuar las pruebas. Así, los valores equivalentes para 100 g de algodón:

- 50 kg de soda cáustica en 500 kg de algodón, equivalen a 10 g de soda cáustica en 100 g de algodón.
- 5 L de humectante en 500 kg de algodón, equivalen a 1 mL de humectante en 100 g de algodón.
- 18 L de peróxido de hidrógeno en 500 kg de algodón, equivalen a 3,6 mL de peróxido de hidrógeno en 100 g de algodón.
- 500 g de blanqueador en 500 kg de algodón, equivalen a 0,1 g de blanqueador en 100 g de algodón.

Se definieron las variables a medir durante el diseño de experimento, siendo la temperatura de operación de la autoclave $T_i = 90,58\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Por lo antes mencionado, el presente diseño de experimento se realizó de forma conjunta, es decir, que para cada muestra de algodón se combinaron

las variables que afectan las etapas en un mismo proceso, lo que significa que las dos etapas serán evaluadas en una misma corrida. Sin embargo, el tiempo de duración de cada una de ellas se evaluó de forma independiente, ya que los tiempos de cada etapa (descruce y blanqueo) son diferentes.

Para el descruce las variables que intervienen son: cantidad de soda cáustica y el humectante, para blanqueo; cantidad del peróxido de hidrógeno y el blanqueador. También se tomó en cuenta la influencia de la temperatura de trabajo en cada proceso.

Definidos los parámetros ya mencionados, se creó del diseño de experimento. Determinando el número de ensayos, para así obtener el comportamiento de las variables en el proceso, esto se logró fijando un valor máximo y mínimo de cada una de ellas. A continuación, dicho diseño:

Valores máximos y mínimos de cada variable:

- Soda cáustica: Max. 20 g. Min. 2 g.

- Humectante: Max. 3 g. Min. 1 g.
- Temperatura: Max. 100 °C. Min. 80 °C
- Peróxido de Hidrógeno: Max. 10 mL. Min. 3 mL
- Blanqueador: Max. 1 mL. Min. 0,1 mL

En la Tabla 1 se distinguen cada una de las muestras y corridas tanto para las etapas de descrude y blanqueo, tomando en cuenta para cada prueba los valores máximos y mínimos de cada variable establecidos anteriormente.

3. Presentación de resultados y discusiones

Al realizarse las pruebas, se midieron los tiempos en los cuales el algodón se obtiene dentro de especificación, determinando así, un tiempo de blanqueo y otro de descrude, para cada muestra. Hay que tomar en cuenta que dichos tiempos se tomaron a partir del momento en que la mezcla alcanzó su temperatura de trabajo y sus valores se registran en la Tabla 2.

Analizando la Tabla 2 se puede observar en los tiempos de la etapa de descrude, que existe cierta repetitividad conforme a la cantidad de reactivos que se utilizaron, es decir, para la misma cantidad de reactivos a la misma temperatura y diferentes muestras, no hay una notable variación en el tiempo medido para la etapa de descrude, por ende como se puede observar en la Tabla 3, se fijó un promedio del tiempo para las primeras ocho muestras que tenían la misma concentración de reactivos.

Una vez obtenidos los tiempos de descrude y blanqueo para cada una de las muestras, se graficaron los efectos más significativos en cuanto a las interacciones de las variables que afectan dichos tiempos. Es decir, que en la Figura 2 se visualiza la variable más importante que interviene directamente con el proceso, la cual es tomada como punto de partida para realizar el análisis a cada efecto.

Los valores ilustrados en la Figura 2, muestran los efectos con más importancia para el proceso de descrude. La línea azul, indica el comportamiento estable que deben tener las variables, y los puntos (rojos o negros) indican cada factor y sus posibles combinaciones, en este caso existen siete; A, B, C, AB, AC, BC y ABC.

Tabla 2: Tiempos medidos para cada muestra para algodón con apariencia en especificación

Nro. de Muestra	Tiempo de descrude (min)	Tiempo de blanqueo (min)
1	115,6	112,3
2	91,5	90,3
3	103,2	99,4
4	81,4	80,7
5	99,6	97,6
6	73,8	70,1
7	97,2	91,1
8	65,5	61,4
9	117,7	95,8
10	93,6	83,2
11	102,1	91,5
12	79,6	79,7
13	97,4	86,9
14	75,6	67,3
15	99,4	85,7
16	63,3	55,9
17	114,2	110,1
18	90,6	89,5
19	104,4	99,1
20	82,1	79,4
21	100,2	96,9
22	70,6	69,7
23	95,4	90,7
24	67,7	59,8
25	115,9	98,8
26	92,3	83,3
27	103,9	90,9
28	84,6	71,4
29	96,9	86,2
30	73,8	62,8
31	98,4	85,3
32	65,9	53,9

Tabla 3: Tiempos de descrude del algodón para muestras con la misma concentración de reactivos

Nro. de Muestra	Tiempo de descrude (min)
1	115,6
2	91,5
3	103,2
4	81,4
5	99,6
6	73,8
7	97,2
8	65,5

Se observa que los puntos negros, por estar más próximos a la línea azul, no poseen un efecto significativo en la variable de salida; el tiempo. En consecuencia, se observa que el factor A, si presenta un efecto significativo por estar considerablemente alejado del comportamiento estable, esto quiere decir, que la cantidad de soda cáustica es la variable que afecta considerablemente el tiempo

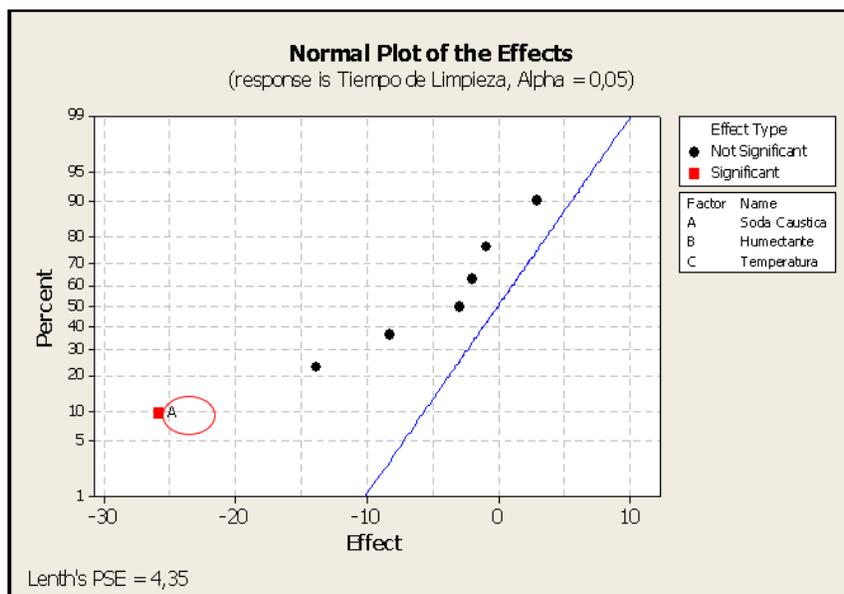


Figura 2: Gráfica normal de efectos del tiempo de descruce del algodón

en el proceso de descruce, y el humectante y la temperatura no afectan dicha etapa.

Del mismo modo se graficaron los efectos más significativos del proceso de blanqueo en la Figura 3.

La Figura 3, muestra los efectos con más importancia, pero en relación al tiempo de blanqueo. Nótese que en este caso los factores señalados como A B C y D afectan considerablemente el tiempo en el proceso de descruce. Es importante resaltar que el blanqueador (E) no representa un efecto significativo.

Luego de identificar los efectos o variables de mayor importancia en las etapas de descruce y blanqueo del algodón, se procedió a representar gráficamente dichos procesos. Esta gráfica ilustra las variables de entradas que se desean modificar (los efectos de mayor importancia), para de este modo causar una consecuencia en la variable de salida; el tiempo.

En la Figura 4 se refleja la determinación del tiempo de duración del proceso de blanqueo, partiendo de las cantidades de reactivos y la temperatura que se utiliza para esta etapa, con el fin de verificar si efectivamente se está realizando dicho proceso en el tiempo adecuado. El valor en color azul (coordenada “y”), indica el tiempo que debería utilizarse para el proceso de blanqueo. En

cuanto los valores en color rojo en la coordenada “x”, representan las concentraciones y temperatura que se utilizan para dicho proceso, y los valores superiores e inferiores al eje “X” representan los máximos y mínimos de cada variable.

El tiempo determinado es de 95,7 min, lo que significa que, para los reactivos y temperatura utilizada actualmente, el tiempo debería ser aproximadamente una hora y treinta y cinco minutos, esto sin tomar en cuenta lo que tarda la mezcla en alcanzar los 90 °C (aprox. 35 min). El tiempo total que correspondería para trabajar el proceso de blanqueo debería ser de 130,7 min o aproximadamente dos horas y diez minutos.

Si se realiza la etapa de blanqueo en una hora y treinta minutos se supone que se está manejando un tiempo menor al recomendado para el proceso el mismo.

De igual modo en la Figura 5, se observa la estimación del tiempo de descruce, donde partiendo de las cantidades de reactivos y temperatura que se utiliza, se verificó si efectivamente están realizando dicho proceso en el tiempo adecuado.

Los parámetros reflejados en la Figura 5 se refieren al tiempo deseado (coordenada “y”), los reactivos utilizados (coordenada “x”), y los valores máximos y mínimos de las variables.

En la Figura 5 se puede observar que el tiempo

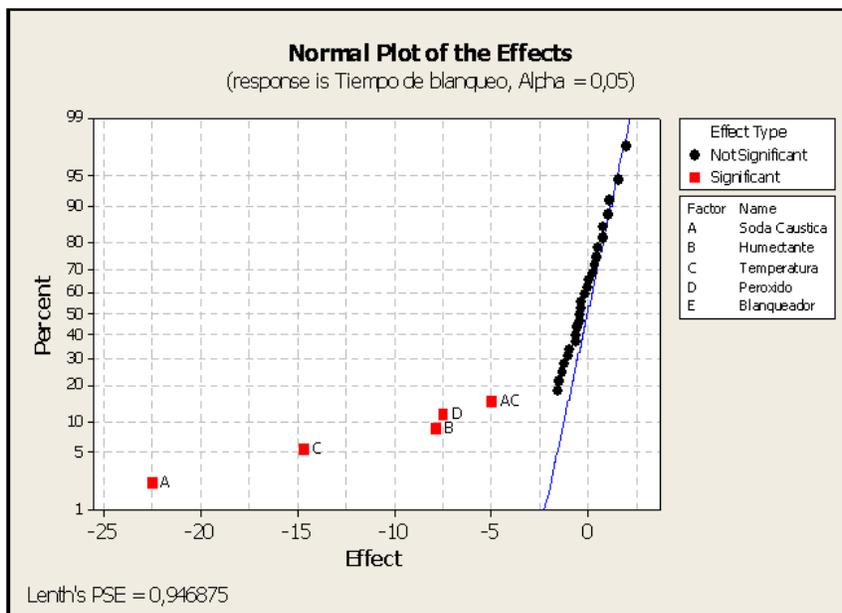


Figura 3: Gráfica normal de efectos del tiempo de blanqueo del algodón

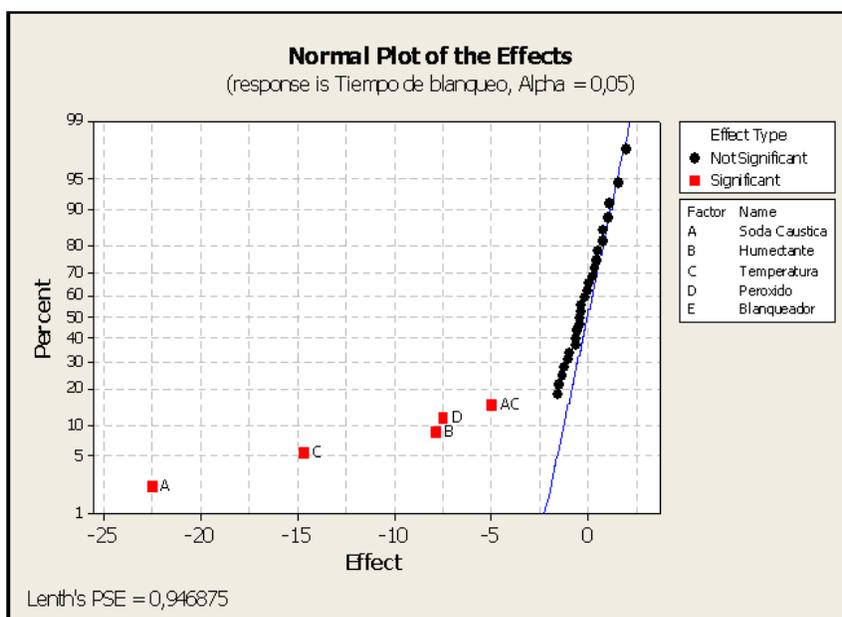


Figura 4: Gráfica de tiempo de blanqueo, partiendo de las condiciones actuales

ideal que deberían emplearse para el proceso de descruce, es aproximadamente unos 100 min, o lo que es igual a una hora y cuarenta minutos. Esto sin añadir el tiempo que requiere la mezcla en alcanzar los 90 °C (aproximadamente 35 min). En tal sentido, correspondería trabajar esta etapa en 135 minutos o aproximadamente dos horas y veinte minutos.

Habiendo efectuado la evaluación del comportamiento de las variables de operación se proponen dos opciones para el proceso de descruce. La primera implica mantener el tiempo de operación de esta etapa (ochenta minutos, sin contar el tiempo que tarda la mezcla en alcanzar la temperatura de cocción), incrementando la concentración de los reactivos.

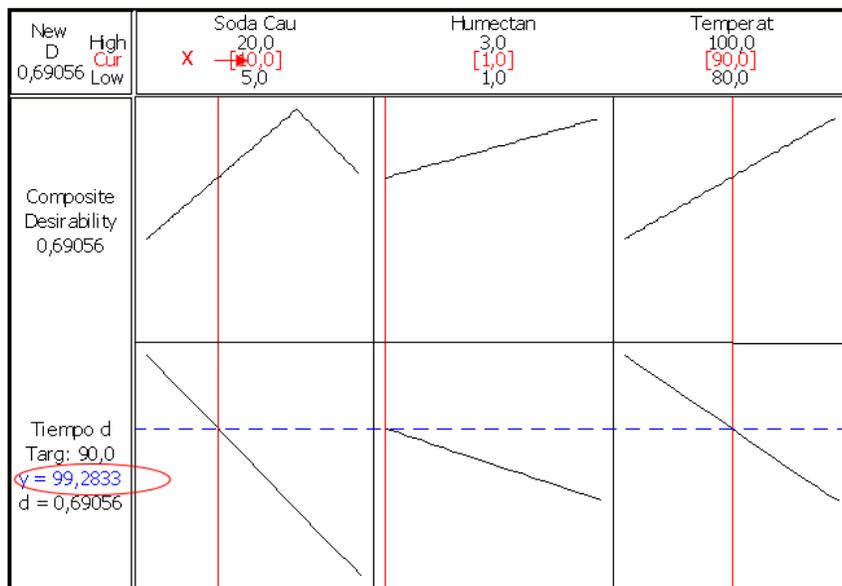


Figura 5: Gráfica de optimización del proceso de descrude

Así, mediante la Figura 6 se determinaron las concentraciones adecuadas manipulando la variable que mayor impacto tiene; la concentración de soda cáustica, manteniendo la temperatura de trabajo (temperatura de cocción 90 °C) ya que en el descrude no presenta mayor efecto en el tiempo de proceso.

Se evidencia en la Figura 6 que para mantener un tiempo aproximado de descrude de ochenta minutos (coordenada “y”), se deberá incrementar la cantidad de soda cáustica de 10 g a 18,82 g (coordenada “x”). Este aumento en la cantidad de soda cáustica a 18,85 g equivalen a 84,1 kg para los 500 kg de algodón que se utilizan en dicha etapa, traduciéndose de este modo a un aumento de 34,1 kg con respecto a la actualidad (50 kg).

La segunda opción, implica el aumento del tiempo de dicha etapa para conservar la cantidad de reactivos utilizados como se reflejó en la Figura 4.

Para el proceso de blanqueo, se proponen dos alternativas similares a las propuestas hechas para el descrude.

Conservar el tiempo del blanqueo implica aumentar las concentraciones de los reactivos. La etapa de blanqueo, se está realizando en un tiempo de 65 minutos, sin contar el tiempo que tarda la mezcla en alcanzar la temperatura de cocción.

A través de la Figura 7 se determinaron

las concentraciones adecuadas conservando la duración del proceso de blanqueo, tomando en cuenta las variables que producen mayor efecto en dicha etapa. Siendo las de mayor importancia: las cantidades de peróxido de hidrógeno, el humectante y la soda cáustica.

En el caso de la soda cáustica, se fija el valor obtenido en el descrude, ya que esta variable es totalmente dependiente de dicho proceso, solo que se toma en cuenta para el blanqueo, porque a pesar de no intervenir en esta etapa, sus concentraciones afectan el producto.

En la Figura 7 se observa que se requiere un aumento en la cantidad de peróxido. También se evidencia el incremento del blanqueador, aunque este no es un factor que tenga efecto determinante, es necesario para lograr el tiempo requerido.

La segunda alternativa para el proceso de blanqueo, es aumentar el tiempo de dicha etapa para conservar la cantidad de reactivos que se utilizan como se reflejó en la Figura 5.

4. Conclusiones

Las etapas de descrude y blanqueo representan los puntos críticos del proceso de producción de algodón hidrófilo aséptico, en donde suelen evidenciarse las fallas que afectan el producto final.

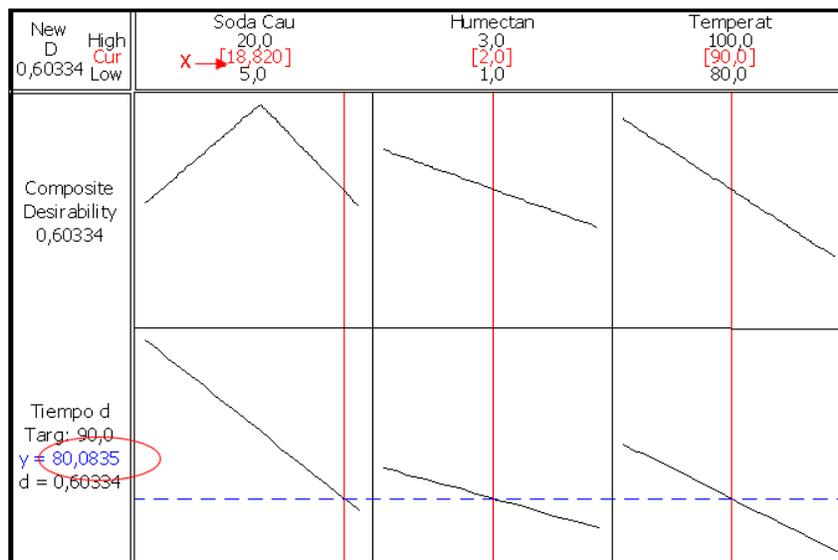


Figura 6: Gráfica del tiempo de descruce, manteniendo el tiempo de 80 min y variando las concentraciones

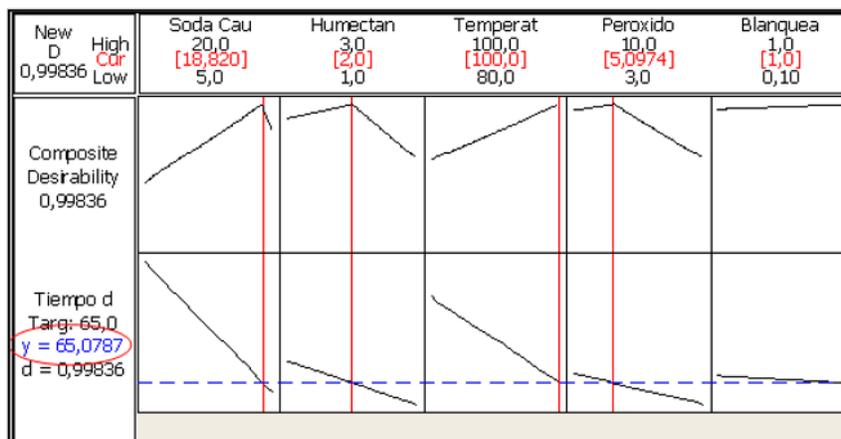


Figura 7: Gráfica de la etapa de blanqueo, cuando se mantiene el tiempo de la actualidad

La cantidad de soda cáustica se constituye en un factor determinante que afecta la etapa de descruce. Así como la cantidad de humectante, peróxido, y la interacción de la temperatura con la soda cáustica, son también factores determinantes que afectan la etapa de blanqueo.

Se determinó que, tanto para el descruce como para el blanqueo, los tiempos de proceso resultan determinantes en la obtención de un producto dentro de especificaciones según la norma. En tal sentido se propuso el ajuste de los tiempos de operación o en todo caso el ajuste de las proporciones de los reactivos involucrados.

5. Referencias

- [1] R. Medina y J. Ojeda, “Estudio termoenergético del sistema de producción en la empresa Algodones Venezolanos (ALVE C.A),” Trabajo Especial de Grado para optar al título de Ingeniero Mecánico, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela, 2014.
- [2] B. Orcón Basilio, M. Giraldo Borja, E. Flores Rúa, y A. Ynca Berrospi, “Alternativas de pretratamiento textil: método integrado de descruce-blanqueo y blanqueo químico-enzimático, evaluación y comparación con el método clásico,” *Revista de la Sociedad Química del Perú*, vol. 85, no. 2, pp. 175–188, 2019. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v85i2.76>
- [3] E. Ceballos, “Optimización del proceso de blanqueo en tela toalla de algodón 100 % en base de un producto con oxígeno activo,” Trabajo especial de grado para optar al

título de ingeniero textil, Universidad Técnica del Norte, Ecuador, 2015.

- [4] S. Vicente-Palomino, S. Namgoung, D. J. Yusá-Marco, E. M. Montesinos-Ferrandis, y L. Fuster-López, “Estudio de la efectividad de blanqueo en el tejido de algodón mediante el sistema tradicional coreano y dos sistemas químicos actuales,” *Arché*, vol. 6, pp. 399–404, 2011.
- [5] COVENIN 2982-1995. Norma Venezolana, *Algodón Hidrófilo Aséptico. 1era revisión*, Comisión Venezolana de Normas Industriales, Caracas, Venezuela, 1995.