

## BLANQUEO CONTINUO DE LANAS CARBONIZADAS<sup>1)</sup>

J. Cegarra\*, J. Gacén\*\* y D. Cayuela\*\*\*

### 0.1. Resumen

Se analizan las condiciones en blanqueo continuo de dos tipos de lana, Australiana y Sudafricana, que han sido previamente carbonizadas. Como parámetros significativos se seleccionaron la concentración del peróxido de hidrógeno y el pH de la solución de blanqueo en tanto que las demás variables del proceso, es decir, tiempo de contacto con la solución, % impregnación, tiempo de secado y temperatura se aplicaron en condiciones similares a las usadas en procesos industriales. El índice de blancura (IW) aumenta casi linealmente con la concentración del peróxido de hidrógeno y el pH de la solución poca influencia tiene en el efecto de blanqueo obtenido: En condiciones experimentales, las lanas carbonizadas y blanqueadas no sufren ninguna alteración química sensible durante el proceso de blanqueo, evaluadas según su solubilidad al álcali y contenido de ácido cisteico.

*Palabras clave:* Blanqueo, lanas carbonizadas.

### 0.2. Summary: CONTINUOUS BLEACHING OF CARBONIZED WOOL

The conditions of continuous bleaching in Australian wool and South African wool are analysed. The concentration of hydrogen peroxyde and the bleaching solution pH were chosen as parameters, since the other process variables, that is, time of contact with the solution, percentage of impregnation, drying time and temperature, were applied in conditions similar to those used in industrial processes. The whiteness index (WI) rises almost in direct proportion to the concentration of hydrogen peroxide, and the pH of the solution has

little influence on the degree of whiteness obtained. In experimental conditions, carbonized and bleached wool do not undergo any significant chemical alterations during the bleaching process, evaluated in accordance with their alkaline solubility and cysteic acid content.

*Key words:* Bleaching, carbonized wool.

### 0.3. Résumé: BLANCHIMENT CONTINU DE LAINES CARBONISÉES

L'analyse porte sur les conditions de blanchiment continu de deux sortes de laine, une laine australienne et une laine sud-africaine, préalablement carbonisées. Nous avons retenu comme paramètres significatifs la concentration du peroxyde d'hydrogène et le pH de la solution de blanchiment, dans la mesure où les autres variables, c'est-à-dire, temps de contact avec la solution, pourcentage d'imprégnation, temps de séchage et température, ont été appliquées dans des conditions similaires à celles des procédés industriels. L'indice de blancheur (IW) augmente de façon presque linéaire avec la concentration de peroxyde d'hydrogène de la solution à peu d'incidence sur l'effet de blanchiment obtenu. Dans des conditions expérimentales, les laines carbonisées et blanchies ne subissent aucune altération chimique sensible pendant le cycle de blanchiment, observées d'après leur solubilité à l'alcali et leur teneur en acide cystéique.

*Mots clé:* Blanchiment, laines carbonisées.

## 1. INTRODUCCIÓN

La materia vegetal presente en la lana al salir de la cámara de secado en la planta de lavado de lana se elimina, por lo general, mediante carbonizado con ácido sulfúrico, seguido de pulverización de la materia quemada a fin de eliminar las cenizas de la materia vegetal. En algunos casos, conviene efectuar un blanqueo posterior con peróxido de hidrógeno en la lana en floca, al objeto de aumentar su blancura por haber descendido ésta a causa del efecto del carbonizado. Por lo general, este blanqueo se efectúa en forma continua utilizando leviantes y conforme la siguiente secuencia: aclarado con agua corriente, neutralización con una solución de carbonato sódico, aclarado con agua corriente hasta que se hayan eliminado los residuos del carbonato sódico,

<sup>1)</sup> Trabajo presentado en Dresden (Alemania) en el Congreso de la I.W.T.O. (junio /1998).

\* Prof.Dr.Ing. José Cegarra Sánchez, Profesor Emérito de la Universidad Politécnica de Catalunya. Terrassa.

\*\* Prof.Dr.Ing. Joaquín Gacén Guillén, Catedrático de Universidad de Polímeros Textiles en la E.T.S.I.I.T., Departamento de Ingeniería Textil y Papelera (U.P.C.), Jefe del Laboratorio de Polímeros Textiles del INTEXTER (U.P.C.).

\*\*\* Dra. en Ciencias Químicas Diana Cayuela Marín. Colaboradora de Investigación de la Universidad Politécnica de Catalunya, en el Laboratorio de Polímeros del INTEXTER (U.P.C.).

impregnación en una solución de peróxido de hidrógeno y secado. Se trata de un proceso de blanqueo de lana húmedo-húmedo por cuanto el material pasa a través de sucesivos baños de impregnación, se escurre y pasa al siguiente baño. Es del todo necesario que exista el debido control en los baños de refuerzo, así como saber el nivel de escurrido a la entrada y salida de cada baño, al objeto de que el tratamiento se mantenga uniforme a lo largo de todo el proceso.

No existe mucha información respecto de la influencia de algunos parámetros del baño de impregnación sobre las características de la lana blanqueada según el indicado procedimiento. El objeto de este estudio es conocer la influencia de la concentración del peróxido de hidrógeno y del pH del baño de impregnación, como variables más importantes, sobre las características de la lana blanqueada.

En el Apéndice de este estudio se describe la forma de calcular los baños de alimentación en este tipo de blanqueo, presentándose un ejemplo basado en valores experimentales hallados para uno de los tipos de lana aquí estudiados.

## 2. EXPERIMENTAL

Se han efectuado experimentos de laboratorio en las mismas condiciones que las utilizadas en un proceso industrial.

### 2.1. Material

Se utilizaron dos tipos lana, Sudafricana y Australiana, que se lavaron y carbonizaron industrialmente. Las características de estas lanas son:

	Sudafricana	Australiana
Extracto acuoso del pH	3,9-4,1	5,7-5,9
Tenacidad cN/tex	10,1	10,5
% solubilidad al álcali	15,6	14,3
% ácido cisteico	0,13	0,18
Índice de amarillo	32,65	30,97
Índice Berger	10,87	16,32

Con anterioridad a que se iniciase el blanqueo en el laboratorio, la lana fue abierta con una carda manual a fin de facilitar la uniformidad del tratamiento.

### 2.2. Condiciones operatorias

Para la simulación del proceso industrial se utilizaron recipientes de vidrio con suficiente capacidad para que cupiesen 10 g de lana a una relación de baño (R/B) 1/600. Después de cada fase, el material fue escurrido en un foulard Peters

para mantener el nivel de impregnación en cada fase. Estos ensayos se hicieron por partida doble usando 8 g de material en cada recipiente.

#### 2.2.1. Aclarado

Con agua corriente a 15°C durante 1 min y R/B 1/600. Escurrido: 80% de la impregnación.

#### 2.2.2. Neutralización

Con una solución de 5 g/l de carbonato sódico, a 20°C durante 1 min y B/R 1/600. Escurrido: 80% impregnación.

#### 2.2.3. Aclarado

Con agua corriente, a 35°C durante 1 min y R/B 1/600. Escurrido: 80% impregnación.

#### 2.2.4. Impregnación en la solución de peróxido de hidrógeno

Se estudiaron la concentración del peróxido de hidrógeno y el pH de la solución. Para ambas variables, las condiciones individuales fueron las que se indican:

#### 2.2.5. Concentración. Peróxido de hidrógeno

El pH de la solución no tamponada fue 6,2, tras la adición del peróxido de hidrógeno.

Las concentraciones que se usaron en los ensayos fueron éstas: 0.6-1.4-2.8-4 vol O/l.

#### 2.2.6. pH

Se utilizó una solución de 4 vol O/l de peróxido de hidrógeno. Los pH seleccionados fueron los siguientes:

pH 5 = ácido acético - acetato sódico

pH 7 = ácido fosfórico - sosa cáustica

pH 8 = ácido bórico - sosa cáustica

La impregnación fue, en todos los casos, llevada a cabo a 25°C durante 1 min con R/B 1/600. El escurrido fue del 80% de la impregnación.

#### 2.2.7. Secado

El material impregnado se secó en una estufa dotada con sistema de ventilación, a 80-85°C durante 30 min.

#### 2.2.8. Determinaciones analíticas

Se realizaron en el baño de impregnación y en el material blanqueado.

#### 2.2.9. Baño de impregnación

Las concentraciones inicial y final del peróxido de hidrógeno de cada muestra se midieron en vol O/l; asimismo, se determinó el pH de la solución.

### 2.2.10. Material blanqueado

Se evaluaron los siguientes parámetros:

Color: Índice de Berger (I.B.) (1) e Índice de Amarillo (I.A.) (2);

Parámetros químicos: % solubilidad en álcali (% S.A.) (3); % ácido cisteico (% A.C.) (4); pH del extracto acuoso del material blanqueado (5).

Se utilizaron los métodos de análisis habituales, así como los descritos en las normas IWTO.

### 3. RESULTADOS

Los resultados para ambas lanas con las dos variables estudiadas se indican en las siguientes tablas.

Concentración H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: Tabla 1: lana sudafricana. Tabla 2, lana australiana

#### LANA SUDAFRICANA

Tabla 1. Influencia de la concentración de peróxido de hidrógeno

Muestra	Baño de impregnación				Índice de Berger	Índice de amarillo	Solubilidad alcalina (%)	Acido Cisteico (%)	pH extracto acuoso
	[H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ] <sub>i</sub>	[H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ] <sub>f</sub>	pH <sub>i</sub>	pH <sub>f</sub>					
1	3,97	3,94	5,5	6,1	28,9	24,2	19,7	1,04	4,5
2	3,94	3,93	6,1	6,2	28,2	24,6	21,1	0,95	4,3
3	2,71	2,67	5,5	5,9	23,8	26,7	17,7	0,84	4,6
4	2,67	2,72	5,9	6,6	24,4	25,8	18,3	0,65	4,4
5	1,37	1,35	5,5	6,1	22,4	27,9	15,6	0,56	4,7
6	1,35	1,35	6,1	6,3	19,6	28,5	18,9	0,47	4,6
7	0,59	0,57	5,5	6,5	19,6	28,2	15,7	0,41	5,0
8	0,57	0,57	6,5	6,6	19,6	28,7	17,3	0,40	5,2
Original	-	-	-	-	10,9	32,6	15,6	0,13	4,1

#### LANA AUSTRALIANA

Tabla 2. Influencia de la concentración de peróxido de hidrógeno

Muestra	Baño de impregnación				Índice de Berger	Índice de amarillo	Solubilidad alcalina (%)	Acido Cisteico (%)	pH extracto acuoso
	[H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ] <sub>i</sub>	[H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ] <sub>f</sub>	pH <sub>i</sub>	pH <sub>f</sub>					
1	3,93	3,96	5,5	6,2	25,0	26,6	21,4	0,91	6,7
2	3,96	3,91	6,2	6,5	25,4	26,6	20,0	0,92	6,6
3	2,68	2,64	5,5	6,2	23,6	27,3	18,6	0,76	6,7
4	2,64	2,64	6,2	6,3	25,0	26,7	21,6	0,87	6,8
5	1,36	1,36	5,5	6,4	21,0	28,1	19,6	0,52	7,3
6	1,36	1,34	6,4	6,8	23,5	27,0	18,7	0,60	7,0
7	0,69	0,69	5,6	6,3	22,2	27,6	16,0	0,50	7,2
8	0,69	0,67	6,2	6,7	20,1	28,5	16,4	0,55	7,2
Original	-	-	-	-	16,3	31,0	14,1	0,18	6,0

pH: Tabla 3, lana sudafricana. Tabla 4, lana australiana

LANA SUDAFRICANA  
 Tabla 3. Influencia del pH del baño de impregnación

Solución tampón	Muestra	Baño de impregnación				Indice de Berger	Indice de amarillo	Solubilidad alcalina (%)	Acido cisteico (%)	pH extracto acuoso
		[H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ] <sub>i</sub>	[H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ] <sub>f</sub>	pHi	pHf					
5 C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> / C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> Na	1	3,77	3,77	4,9	4,9	23,7	26,0	27,3	0,94	4,3
	2	3,77	3,77	4,9	4,9	23,1	26,8	24,2	1,01	4,3
7 NaOH/ KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	3	4,06	4,06	6,9	6,9	26,5	25,3	31,2	1,11	4,6
	4	4,06	4,05	6,9	6,9	26,3	25,0	26,4	1,19	4,6
9 NaOH/ H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	5	3,64	3,60	7,8	7,9	25,1	26,2	28,7	1,24	4,9
	6	3,60	3,67	7,9	7,9	23,3	26,0	26,1	1,02	4,8
	Original	-	-	-	-	10,9	32,7	15,6	0,13	4,1

LANA AUSTRALIANA  
 Tabla 4. Influencia del pH del baño de impregnación

Solución tampón	Muestra	Baño de impregnación				Indice de Berger	Indice de amarillo	Solubilidad alcalina (%)	Acido cisteico (%)	pH extracto acuoso
		[H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ] <sub>i</sub>	[H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ] <sub>f</sub>	pHi	pHf					
5 C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> / C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> Na	1	4,02	4,02	5,0	5,1	25,5	26,6	18,8	0,81	4,4
	2	4,02	4,02	5,1	5,0	25,3	26,1	20,3	0,74	4,6
7 NaOH/ KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	3	3,99	3,99	6,8	6,9	-	-	20,1	0,63	6,9
	4	3,99	3,99	6,9	6,9	24,8	26,0	20,3	0,93	6,7
9 NaOH/ H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	5	4,05	4,05	8,0	8,0	22,8	27,8	24,5	1,16	6,4
	6	4,05	4,05	8,0	8,0	23,0	27,1	25,2	1,17	6,6
	Original	-	-	-	-	16,3	31,0	14,1	0,18	6,0

#### 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

##### 4.1. Concentración peróxido de hidrógeno

###### 4.1.1. Lana sudafricana

El contenido de peróxido de hidrógeno permanece constante en el baño de impregnación ya que tan solo se han impregnado dos muestras y, por tanto, no puede determinarse la concentración

que debe añadirse para que se mantenga constante el peróxido de hidrógeno. El pH aumenta ligeramente como resultado del intercambio el líquido en la lana; este aumento se encuentra entre 0.6 y 1.1 unidades y es mayor en las concentraciones más bajas del agente oxidante. Con respecto a las características de la lana blanqueada, pueden hacerse los siguientes comentarios:

a) El Índice de Berger aumenta casi linealmente con la concentración del agente

oxidante, no alcanzándose el punto de saturación de la blancura a la concentración máxima del agente oxidante, 4 vol O/l. El Índice de Amarillo desciende cuando aumenta la concentración del peróxido de hidrógeno. A la concentración máxima del agente oxidante, 4 vol O/l, se obtiene un aumento de 18 I.B. (Índice de Berger), que es muy alto en comparación con los aumentos del I.B. obtenidos en el blanqueo convencional con circulación de baño.

b) Las solubilidades en álcali (% S.A.) no están muy influenciados por la concentración del agente oxidante y alcanzan un promedio del 16.5% en el valor mínimo de la concentración del agente oxidante y 20.5% en el valor máximo. Si se acepta que un valor del 30% de la S.A. no causa, en el caso de lana blanqueada con peróxido de hidrógeno, alteración significativa alguna puede entonces decirse que incluso a la máxima concentración del agente utilizado en este estudio, la lana se ve poco alterada por la acción química. Una tendencia similar presenta el % ácido cisteico (% A.C.) con valores mínimos y máximos entre 0.4% y 1% lo que viene a confirmar el débil ataque químico a la fibra. El pH del extracto acuoso de la lana blanqueada es algo menor que el de la lana al dejar el baño de impregnación y la concentración del agente oxidante no tiene influencia alguna sobre el pH del extracto acuoso, siendo su valor medio 4.5 aproximadamente.

#### 4.1.2. Lana australiana

Idénticos comentarios a los citados para la lana sudafricana pueden hacerse respecto del baño de impregnación. En relación con la lana blanqueada se puede indicar lo siguiente:

a) El Índice de Berger aumenta casi linealmente con la concentración del peróxido de hidrógeno si bien, a la concentración máxima de éste, tal aumento tenga tendencia a ser menor, probablemente porque su nivel de saturación se encuentre más próximo. Se cree que dicho comportamiento, diferente del observado en la lana sudafricana, es causado por el mayor I.B. inicial de la lana australiana. El aumento máximo de la blancura es de 9 unidades I.B., considerado como bastante normal en este tipo de lana. El I.A. muestra una tendencia similar a la del I.B. si bien en sentido contrario.

b) La tendencia de la solubilidad alcalina y del ácido cisteico es la de aumentar cuando aumenta la concentración del agente oxidante. Los valores máximos hallados, 20.6% A.S. y 0.91% A.C. son correctos y apenas pueden causar alteración alguna en la fibra por efecto del blanqueo, tal y como ya se indicó anteriormente. De modo análogo, el pH del extracto acuoso de la fibra blanqueada (7.2 - 6.5) es mayor que el de la lana original (5.96) y disminuye al aumentar la

concentración del agente oxidante, como era de esperar, ya que la solución de la impregnación contiene más ácido fosfórico (presente en el peróxido de hidrógeno).

## 4.2. pH

### 4.2.1. Lana sudafricana

Se han hallado pequeñas diferencias, con respecto a los valores teóricos planificados, en la solución de impregnación; sin embargo, no se ha observado variación en el pH de las dos soluciones de impregnación; de aquí que pueda afirmarse que la acción del pH haya sido correcta.

a) El I.B. y I.A. varían con el pH; se observó un aumento del blanco a pH = 7.

b) El % de S.A. aumenta ligeramente al hacerlo el pH pero sus valores permanecen dentro de límites aconsejables. El % S.A. y el % A.C. dan valores, muy similares en los distintos pH ensayados y también se encuentran dentro de los límites aceptados en el blanqueo de la lana con peróxido de hidrógeno. El pH del extracto acuoso de la fibra blanqueada no varía significativamente cuando se varía el pH del baño de impregnación y ello se cree es debido al corto tiempo de inmersión de la fibra en el baño de impregnación, 1 min.

### 4.2.2. Lana australiana

Los valores del pH de la solución de impregnación se ajustaron a los valores seleccionados. Durante los ensayos se mantuvieron constantes en ambas muestras las concentraciones del peróxido de hidrógeno y del pH.

a) El I.B. muestra una ligera tendencia a disminuir y el I.A. a aumentar, cuando el pH de la solución de blanqueo aumenta a partir de pH = 7.

b) El % S.A. aumenta ligeramente a partir de pH 8 alcanzando un valor máximo inferior al 30%. Los valores del % A.C. son algo fluctuantes a pH 5 y 7; a pH 8 alcanzan un valor de 1,17% que puede considerarse como muy aceptable.

c) El pH del extracto acuoso de la lana blanqueada permanece dentro de unos límites ligeramente ácidos a pesar del pH más elevado del baño de blanqueo, lo que probablemente es debido al corto tiempo de inmersión, 1 min.

## 5. CONCLUSIONES

Pueden señalarse las siguientes conclusiones más relevantes:

5.1. El blanqueo continuo de lanas carbonizadas mediante el procedimiento húmedo-húmedo y secado posterior produce, en las lanas examinadas, un elevado grado de blanco que es aproximadamente igual al obtenido por los procedimientos de circulación e inmersión de baño.

En la lana sudafricana, el grado de blanco aumenta casi linealmente entre los valores ensayados con la concentración de peróxido de hidrógeno, en tanto que en el caso de lana australiana se alcanza el límite de saturación del blanco a la concentración más alta del peróxido de hidrógeno.

5.2. El sistema utilizado no requiere la adición de estabilizadores en el blanqueo, obteniéndose los valores más satisfactorios alrededor de pH 4.5-5.

5.3. A la vista de los resultados de estas pruebas, los valores del % S.A. y % A.C. y del pH del extracto acuoso de la lana blanqueada se hallan dentro de los límites industrialmente aceptados, no observándose alteración significativa alguna de la fibra.

## 6. AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a la Unión Europea por la financiación parcial del proyecto CRAFT RA 130, a TRAITE por el suministro de material y, también, a los Profs. Höcker, Blankenburg (DWI) y al Prof. Knott por sus comentarios en las discusiones sostenidas a lo largo de la realización de este trabajo.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Berger A., Die Farbe 8, 157 (1959).
- ASTM D-1925 Method,
- IWTO, Technical Committee, Venice, May (1964).
- IWTO, Technical Committee, París, December (1969).
- Norma Española UNE, 40-074-80.

## 8. APÉNDICE

### 8.1 Parámetros a considerar en la impregnación húmedo-húmedo

Como quiera que la impregnación de la lana en la solución de blanqueo se realiza con materia húmeda a la entrada, -impregnación húmedo-húmedo- se produce un intercambio de la solución de la materia y la solución presente en el baño de blanqueo de forma que cuando la materia salga, la concentración del peróxido de hidrógeno en la materia será distinta de la concentración en la solución de blanqueo.

Las condiciones iniciales del peróxido de hidrógeno deben restablecerse por la solución de refuerzo para mantener la uniformidad del blanco de la lana; dicha adición puede efectuarse en forma continua o intermitente. Para poder valorarla, es necesario determinar el porcentaje de la impregnación efectiva, %  $I_{ef}$ , de la solución del blanqueo en la lana a la salida de la barca de

blanqueo, lo que se hará utilizando la siguiente ecuación [1], (1)

$\% I_{ef} = \% H_2O_2 \text{ s.p.f. } 1.000 / H_2O_2 \text{ g/l en la barca de blanqueo [1]}$

La concentración del baño de refuerzo, la cantidad de solución que debe añadirse para mantener el volumen de la barca constante y el factor de intercambio,  $F_i$ , entre la solución de blanqueo y la que transporta la materia, se calcularán una vez que se conozcan los valores del %  $I_{ef}$ , el % de impregnación a la entrada  $I_e$  y el % de impregnación a la salida,  $I_s$ .

#### 8.1.1. Determinación del % $I_{ef}$

Los valores del %  $I_e$  y %  $I_s$  de la cinta de lana peinada se midieron con anterioridad, a la entrada y salida de la barca de blanqueo de laboratorio, pesándose la lana en seco, húmeda y escurrida antes y después de ser impregnada en la solución de blanqueo. Los resultados obtenidos fueron éstos:

$$\% I_e = 111\% ; \% I_s = 134\% ; \% I_s - \% I_e = 23\%$$

El % de  $I_{ef}$  se determinó con permanganato potásico evaluando el  $H_2O_2$  transportado por un peso dado de lana a la salida del foulard de la barca de blanqueo. A tal fin, se acondicionaron 5 g de lana en una solución tampón a pH 4.5 durante 60 min a 25°C. A continuación, se procedió a escurrir en un foulard con %  $I_e = 111\%$ . La lana humedecida se mantuvo sumergida durante 1 min, tiempo empleado en este estudio, en una solución de 10 g  $H_2O_2$ /l y R/B 1/600. A continuación, se escurrió en un foulard a %  $I_s = 134\%$ . La muestra de lana de 5 g se dividió en 2 partes para el ensayo de valoración del peróxido de hidrógeno. Las dos probetas fueron introducidas en dos erlenmeyers con 200 ml de agua bidestilada, agitándose durante 15 min. Se extrajeron 25 ml que fueron tratados con  $KMnO_4$ . Se efectuó seguidamente un ensayo en blanco con 2 g de lana conforme el mismo procedimiento. Al aplicar los cálculos correspondientes a los ensayos de titración del contenido de  $H_2O_2$  en la lana en el foulard de salida, se halló que su valor era de 1.3% de  $H_2O_2$  s.p.f. De acuerdo con la fórmula [1], los resultados dieron un %  $I_{ef}$  de 128.7%, como media de cuatro valoraciones.

#### 8.1.2. Determinación del $F_i$

El factor de intercambio,  $F_i$ , es la fracción de la solución transportada por la lana antes de entrar en la barca de impregnación del blanqueo, que es sustituida por la del baño de blanqueo en la barca. Si, por ejemplo, se dijese que  $F_i = 0.7$ , querría ello indicar que a la salida de la barca de blanqueo, 0.7 partes de la solución entrante han sido substituidas

por la solución de blanqueo. Fi se calcula a partir de la ecuación [2], (1), sería:

$$\% I_{ef} = \% I_s - \% I_e + (F_i \% I_e) [2]$$
$$F_i = (\% I_{ef} - \% I_s + \% I_e) / \% I_e [3]$$

Sustituyendo valores,  $F_i = 0.95$ , lo que significa que el 95% de la solución transportada por la lana a la entrada de la barca de blanqueo es sustituido por la solución de ésta.

### 8.1.3. Determinación del $H_2O_2$ a añadir al baño

La cantidad de  $H_2O_2$  que debe añadirse a la barca de blanqueo para mantener las condiciones iniciales es la misma que la cantidad transportada por la lana a la salida del foulard escurridor de esta barca. En los ensayos efectuados, la lana contenía 1.3% de  $H_2O_2$  s.p.f.; por tanto, por cada 100 kg de materia que pasa por la cubeta, deben añadirse 1.3 kg de  $H_2O_2$ . Si tuviese que emplearse  $H_2O_2$  al 50%

con un contenido de 598 g/l (1), el total que debería añadirse sería:

$$1300/598 = 2.20 \text{ l de } H_2O_2 \text{ del } 50\%$$

### 8.1.4. Determinación del volumen de solución a añadir

Como se vio anteriormente, la diferencia entre  $\% I_s - \% I_e = 23\%$ , es decir, que por cada 100 kg de lana deberán añadirse 23 litros de solución. La solución estará compuesta por

$$H_2O_2 \text{ de alimentación en litros} + \text{agua} = 2,207 + 20,793 = 23 \text{ l}$$

(1).- Interox.- A Bleachers Handbook.

Trabajo presentado en: 1998.12.16.

Aceptado en: 1998.12.18.