
Características contaminantes y posibilidades de reutilización de los baños residuales de la tintura de algodón.

J. Valldeperas (1)
M. Crespi (2)
J. Cegarra (3)

RESUMEN

Este trabajo ha consistido en la realización de varios procesos de tintura con colorantes directos, tina, sulfurosos y reactivos sobre popelín de algodón 100% en un Jigger de laboratorio y en las condiciones usuales en los procesos industriales, con el fin de alcanzar un doble objetivo:

- a) determinar la carga contaminante generada en cada proceso.
- b) establecer la posibilidad de reutilización de algunos efluentes.

SUMMARY

In order to determine the contaminant charge generated in each process studied and to examine the possibility of reutilization of some effluents, different dyeing processes have been carried out with direct, vat, sulphur and reactive dyes on 100% poplin cotton in a laboratory jig and with the usual conditions of industrial processes.

RESUME

Ce travail a consisté en la réalisation de plusieurs processus de teinture avec colorants directs, de cuve, sulfureux et réactifs sur popeline en coton 100% sur un Jigger de laboratoire et dans les conditions usuelles dans les procédés industriels, dans le but d'atteindre un double objectif:

- a) la détermination de la charge polluante générée dans chaque processus.
- b) l'établissement de la possibilité de la réutilisation de quelques eaux résiduaires.

- (1) Dr. Ing. J. Valldeperas Morell. Jefe de los Laboratorios de Tecnología Textil Química. Profesor Titular de «Tintorería y Estampación» de la E.T.S.I.I. de Terrassa.
 - (2) Dr. Ing. M. Crespi Rosell. Jefe de los Laboratorios de Control de la Contaminación Ambiental del Instituto. Catedrático de Química Textil en la E.U.I.T.I. de Terrassa
 - (3) Dr. Ing. J. Cegarra Sánchez. Director del Instituto. Catedrático de «Tintorería y Estampación» de la E.T.S.I.I. de Terrassa.
-

1. — INTRODUCCION

La tintura y el acabado de las fibras textiles, es uno de los procesos industriales por vía húmeda que requiere mayores proporciones de agua de un nivel de pureza bastante elevado, 187 a 634 m³ por tonelada de materia procesada, según industrias y procesos (1), esta agua no se consume en los procesos y es devuelta a los cauces naturales con un elevado contenido de elementos contaminantes que podemos citar entre 70 a 300 kg/Tm de DQO y 25 a 120 kg/TM de DBO₅, como parámetros significativos de la incidencia en el entorno natural (1).

Por ello a medida que la disponibilidad de agua de calidad se reduce, y que la legislación de los países industrializados es más estricta en cuanto a la carga contaminante de los vertidos, la única forma de equilibrar los costos es a través de una utilización más racional de este «reactivo» cuya incidencia en la tintura es cada vez más elevada.

Dos son las vías para buscar soluciones a dicho problema:

- Por una parte se realizan ímprobos esfuerzos en el diseño de nuevas máquinas que permitan trabajar con relaciones de baño más cortas, lo cual además de disminuir el consumo de agua y demás reactivos permite reducir el gasto energético (2)
- Por otra parte el consumo de agua puede reducirse en las instalaciones actuales si se reutilizan los baños usados tantas veces como sea posible, mientras su calidad no afecte desfavorablemente al resultado de la tintura (3) (4) (5).

Esta segunda posibilidad requiere como fase previa el conocimiento de la composición y contenido de reactivos en las aguas residuales, sea para preveer su reutilización directa, sea para establecer el proceso de depuración más adecuado con vistas a la ulterior reutilización o incluso para no sobrepasar los límites legales en cuanto a carga contaminante de los vertidos a los cauces públicos.

Por ello, el presente trabajo ha consistido en el estudio de la composición de las aguas residuales de los distintos baños, que se producen en la tintura del algodón con colorantes directos, sulfurosos, tina y reactivos con objeto de preveer su posible reutilización inmediata o después de un tratamiento de depuración sencillo.

Los procesos de tintura se han realizado sobre tejido en Jigger, máquina que permite trabajar con relaciones de baño bastante reducidas -de 1/5 a 1/15- por lo que la carga contaminante de los baños residuales será superior que en otras máquinas con RB.mayores, lo cual permite extrapolar los resultados obtenidos a dichas máquinas cuyos consumos de agua son aún más elevados.

2. PARTE EXPERIMENTAL Y RESULTADOS

2.1 Tinturas

Las tinturas se han realizado sobre tejidos de popelin de algodón 100% previamente descrudado y blanqueado químicamente -pero sin blanqueador óptico- en un jigger de laboratorio, por los motivos ya señalados.

Los procesos seguidos, así como la composición de cada uno de los baños utilizados son los usuales para cada tipo de colorante utilizado.

Se ha teñido con los tipos de colorantes más usados sobre algodón, como son:

Colorante Directo: Azul Difenil Brillante FF (Ciba-Geigy) a dos concentraciones, intensidad oscura 3% s.p.f., e intensidad clara 0,3% s.p.f.; en la intensidad oscura se ha realizado un tratamiento posterior de mejora de las solidez en húmedo, con un compuesto catión activo.

Colorante Sulfuroso.- Negro Pirocard T doble (S.A. Cardoner) 12% s.p.f.

Colorante Tina.- Anaranjado Indrantren RK coloisol 4% s.p.f.; tintura por el procedimiento IK en frío, y Azul Indantren RS 2% s.p.f.; tintura por el procedimiento en caliente IN; ambos de Bayer.

Colorante Reactivo.- Anaranjado Cibacrón TGR (Ciba-Geigy) 3% s.p.f.

Se ha considerado más interesante el estudio de los baños residuales correspondientes a tinturas intensas del orden de IS 1/1, debido a que en estas condiciones los agotamientos son más bajos, y tan sólo en el colorante directo se ha realizado además otra tintura de tono pálido con objeto de comparar la incidencia de la intensidad del color en las posibilidades de reutilización.

2.2 Caracterización de los baños

Debido a que no existe un criterio único y definido sobre los valores máximos admisibles para las impurezas que puede contener un agua utilizable en procesos de tintura, (3) (4) se ha considerado interesante realizar el análisis comparativo de los baños inicial y final en cada una de las operaciones de los distintos procesos, habiendo caracterizado los diversos baños no sólo mediante parámetros de tipo general, como son: pH, materias en suspensión (MES), sólidos totales (ST), demanda química de oxígeno (DQO) y conductividad, sino también a través del contenido en reactivos específicos, como puede ser el álcali en los colorantes reactivos y tina, el reductor en los colorantes sulfurosos y tina, o el oxidante en los tratamientos posteriores de estos últimos, etc. además del propio colorante, ya que además de la disminución del consumo de agua es interesante el aprovechamiento de los reactivos que no se han consumido en su totalidad, factor que constituye una ventaja económica adicional.

2.3 Procesos de tintura

PROCESO 1. COLORANTE DIRECTO, INTENSIDAD OSCURA

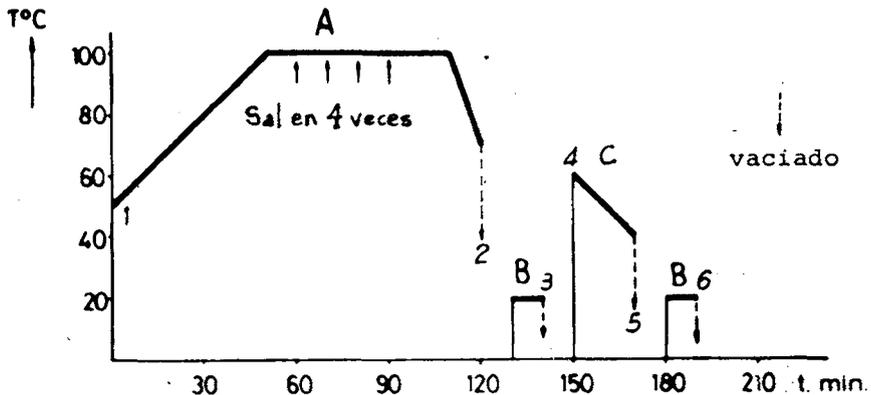


Figura 1.1 Proceso de tintura con el colorante directo oscuro.

A. Tintura

Azul Difenil Brill FF.....3% s.p.f.
Sulfato sódico anhidro.....20 g/l
RB 1/5

B. Enjuagues

Con agua fría, 10 min. a 20° C

RB 1/5

C. Tratamiento posterior

Tinofix WS.....5% s.p.f.

Acido acético 80%.....2 cc/l

RB 1/5

El análisis de los baños inicial y final de cada operación se resume en la tabla I.

TABLA I. Parámetros de los baños inicial y final en la tintura con colorante directo a intensidad oscura (3 % s.p.f.)

PARAMETROS	Agua	Tintura		Enjua- gue	Trat-Posteri or		Enjua- gue
		B.I.	B.F.		B. I.	B. F.	
ph	7,6	8,57	9,02	8,88	4,07	4,08	7,93
Conductividad (mS)	2,5	29,3	16,7	15,9	3,38	3,39	5,5
MES (mg/l)	16	252,1	135,2	118,6	92,58	59,1	54,5
ST (mg/l)	1660	27,619*	13,879	13,048	3,443	3,445	4,307
DQO (mgO ₂ /l)	31,5	517,23	164,57	180,25	2820,7	1370,6	874
Colorante (mg/l)	-	6000	2400	1600	-	-	-
Agotamiento	-	60	-	-	-	-	-

B.I. Baño inicial
B.F. Baño final

* Incluye el sulfato sódico, aunque se haya
añadido en partes durante el proceso.

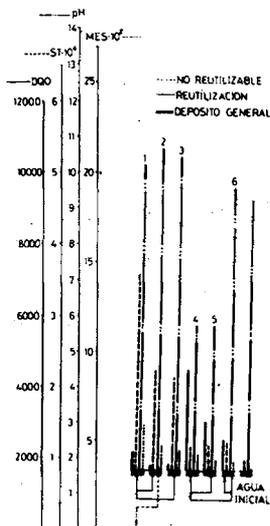


Figura 1.2
Características de los baños iniciales y finales en la tintura con colorante directo, intensidad oscura.

En la figura 1.2 se compara gráficamente la magnitud de los cuatro parámetros generales, pH, MES, ST y DQO de los diferentes baños de este proceso.

PROCESO 2. COLORANTE DIRECTO, INTENSIDAD CLARA

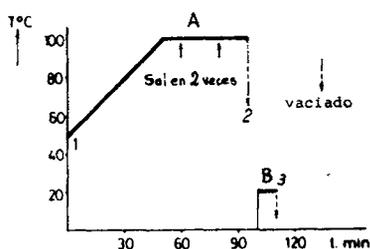


Figura 2.1
Proceso de tinte con el colorante directo claro.

A. Tintura

Azul difenil Brill FF.....0,3% s.p.f.
Sulfato sódico anhidro.....2 g/l
RB 1/10

B. Enjuague

Con agua fría, 10 min. a 20° C
RB 1/5

Los parámetros correspondientes a cada uno de los baños de resumen en la tabla II.

TABLA II. Parámetros de los baños de tinte y enjuague para el colorante directo a intensidad clara (0,3 % s.p.f.)

Parámetros	Tintura		Enjuague	Agua
	B. I.	B. F.		
pH	7'55	9'60	9'30	7'59
conductividad (mS)	5'3	6'5	6'2	2'41
ST (mg/l)	4045	4900	4592	1731
MES (mg/l)	37'6	62'2	61'8	17'2
DQO (mgO ₂ /l)	79	256'7	284'3	31'6
Colorante (mg/l)	300	8'5	10'5	-
γ Agotamiento	97	-	-	-

En la figura 2.2 se han representado gráficamente los parámetros pH, MES, ST y DQO para este proceso.

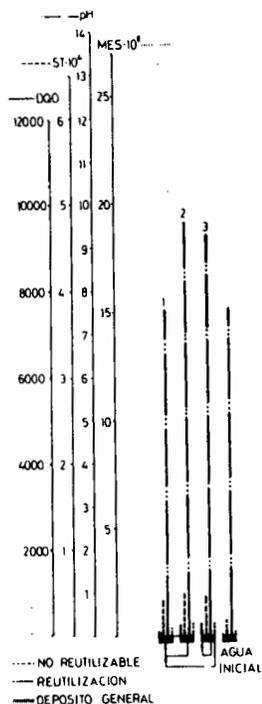


Figura 2.2 Características de los baños iniciales y finales en la tinte con colorante directo, intensidad clara.

PROCESO 3. COLORANTE SULFUROSO

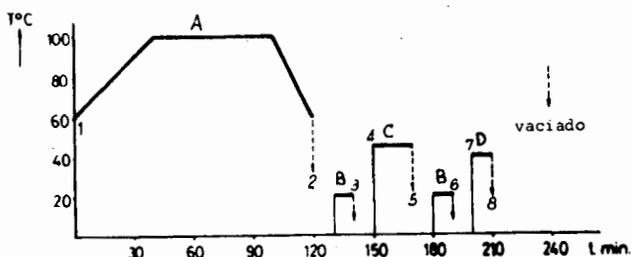


Figura 3.1 Proceso de tinte del colorante sulfuroso.

A. Tintura

Negro Pirocárd doble.....	12% s.p.f.
Sulfuro sódico, 9H ₂ O	18% s.p.f.
Carbonato sódico anhidro.....	5% s.p.f.
Sulfato sódico anhidro.....	20 g/l
RB 1/10	

B. Enjuagues

Con agua fría, 10 min. a 20° C

RB 1/10

C. Oxidación

Perborato sódico.....1 g/l

RB 1/10

D. Tratamiento posterior

Acetato sódico.....10 g/l

Los resultados obtenidos en la medición de los parámetros de los diversos baños se resumen en la tabla III.

En la figura 3.2 se representan los parámetros generales de estos baños.

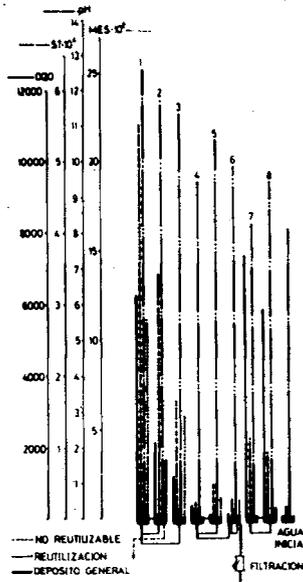


Figura 3.2
Características de los baños iniciales y finales en la tintura con colorante sulfuroso.

PROCESO 4. COLORANTE TINA. PROCEDIMIENTO IN EN CALIENTE

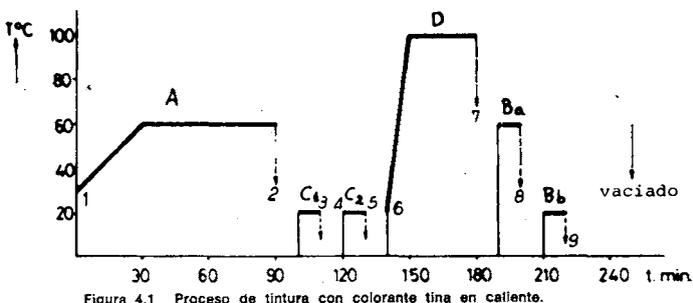


Figura 4.1 Proceso de tintura con colorante tina en caliente.

Tal como se observa en la gráfica, se realizó una primera oxidación por rebose (RB 1/50) de acuerdo con lo señalado en el Manual de Tintura Indantrén y una segunda con agua oxigenada para completar el desarrollo del color (6).

A. Tintura

Azul Indantren RS.....2% s.p.f.
Hidrosulfito sódico.....4,4 g/l + 8 g/l
Sosa cáustica 36° Bè.....21,5 cc/l + 6,3 cc/l

B. Enjuagues

a) Con agua caliente, 10 min. a 60° C

RB 1/10

b) Con agua fría, 10 min. a 20° C

RB 1/10

C1. Oxidación

Por rebose con agua fría, 10 min. a 20° C

RB 1/50

C2. Oxidación (6)

Agua oxigenada 2 vol. O₂/l

RB 1/10

D. Jabonado

Jabón de Marsella.....4 g/l

Carbonato sódico.....2 g/l

RB 1/10

Durante la tintura fue preciso adicionar hidrosulfito sódico y la proporción correspondiente de sosa cáustica para evitar la oxidación prematura del colorante.

TABLA III
Análisis de los baños en la tintura con colorantes sulfurosos

Parámetros	Tintura		Enjuague	Oxidación		Enjuague	Trat. Postérpr		Agua
	B.I.	B.F.		B.I.	B.F.		B.I.	B.F.	
pH	12'61	11'73	11'35	9'46	10'64	9'83	8'27	9'41	8'11
Conductividad(mS)	55	57	33'9	3'55	12	4'7	11'4	10	2'91
MES (mg/l)	1112'4	338'8	574'5	0	114'7	103'7	7'4	58'3	0
ST (mg/l)	55100	34376	16394	2116	4913	2741	11158	9293	1513
DQO (mgD ₂ /l)	6249	2148	1171'7	394'5	101'5	121	7323	5858'4	35'15
Na ₂ CO ₃ (mg/l)	5006'1	3125	1537	-	200	48	-	10	-
Na ₂ S (mg/l)	609'14	9'62	-	-	-	-	-	-	-
NaBO ₃ (mg/l)	-	-	-	225'5	0	-	-	-	-
Colorante(mg/l)	12000	1010	-	-	-	-	-	-	-
Agotamiento	≈80% ya que es difícil medir el colorante insolubilizado por oxidación del aire.								

TABLA IV

Baños iniciales y finales en los procesos de tintura con colorante tina por el procedimiento caliente.

* El incremento en ST es debido a la adición de reactivos durante la tintura

Parámetros	Tintura		Oxidación por rebose	Oxidación con H ₂ O ₂		Jabonado		Enjuagues		Agua
	B. I.	B. F.		B. I.	B. F.	B. I.	B. F.	Enjuagues		
								caliente	frío	
pH	12'62	12'42	11'23	7'48	8'96	10'64	10'35	9'97	9'14	7'91
Conductividad(μS)	40'19	50'25	5'65	3'0	3'20	6'50	7'50	4'70	3'30	3'02
ST (mg/l)	19215	26701*	3977	1595	1790	7437	7184	3300	1942	1696
MES mg/l	957'3	158'3	14'2	0	23'9	1078	726'8	184'5	28'6	0'4
DQO (mgO ₂ /l)	3960	2400	224	2600	1080	10200	6900	1720	140	40
Na ₂ S ₂ O ₄ (mg/l)	435	0	0	-	-	-	-	-	-	-
H ₂ O ₂ (mg/l)	-	-	-	5100	1360	-	-	-	-	-
NaOH (mg/l)	6160	1470	-	-	-	-	-	-	-	-
Na ₂ CO ₃ (mg/l)	-	-	-	-	-	2650	2173	636	212	-
Colorante(mg/l)	2000	160								
% Agotamiento	≈ 90									

En la tabla IV se resumen los resultados obtenidos en el análisis de las aguas iniciales y finales de cada operación del proceso.

En la figura 4.2 se representan los parámetros pH, MES, ST y DQO de los distintos baños.

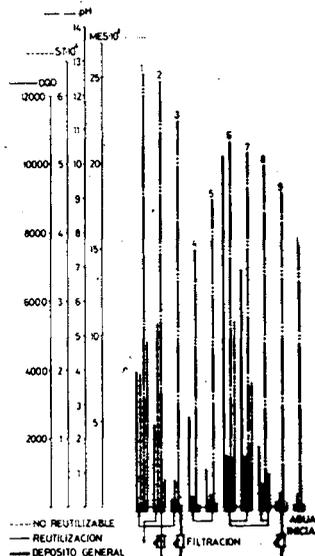


Figura 4.2
Características de los baños iniciales y finales en la tintura con el colorante tina, método en caliente.

PROCESO 5. COLORANTE TINA PROCEDIMIENTO IK EN FRIO

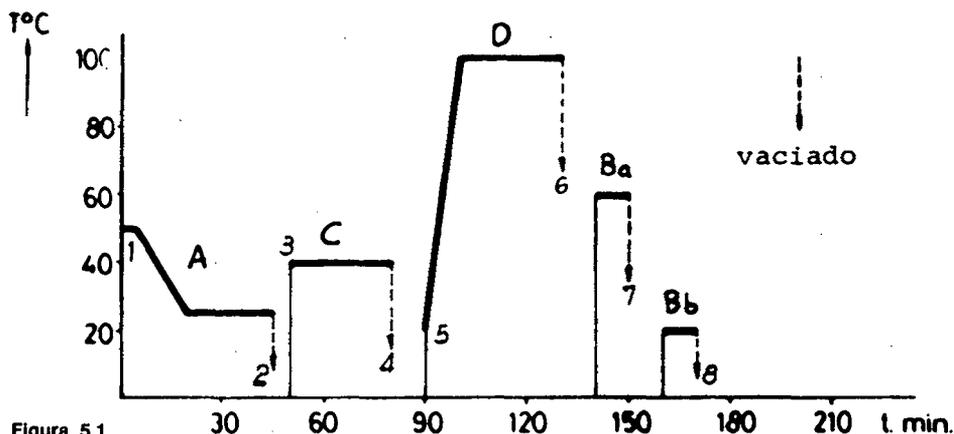


Figura 5.1
Procedimiento de tinte con colorante tina en frío.

A. Tintura (Reducción en tina madre)

Anaranjado Indantren RK coloisol.....	49 s.p.f.
Hidrosulfito sódico.....	5 g/l + 8 g/l
Sosa cáustica 36° Bè.....	12,6 cc/l + 10 cc/l
Sulfato sódico anhidro.....	25 g/l
RB 1/10	

Exprimido en un fulard

C. Oxidación

Clorito sódico 80%.....	2 g/l
Acido acético 50%: hasta pH = 5.....	(aprox. 10 cc/l)
RB 1/10	

D. Jabonado

Jabón de Marsella.....	4 g/l
Carbonato sódico anhidro.....	2 g/l
RB 1/10	

B. Enjuagues

- a) Con agua caliente, 10 min. a 60° C
RB 1/10
- b) Con agua fría, 10 min. a 20° C
RB 1/10

Al igual que en el proceso 4, también aquí fue necesario realizar adiciones de hidrosulfito sódico y sosa cáustica durante la tinte para evitar la prematura oxidación del colorante, sobre todo en las zonas más expuestas al aire como son los orillos.

Los resultados obtenidos se indican en la tabla V.

TABLA V

Valor de los parámetros en los baños de tintura con colorantes tina, por el procedimiento en frío

* El incremento de ST es debido a la adición de reactivos durante la tintura.

Parámetros	Tintura		Oxidación		Jabonado		Enjuagues		Agua
	B.I.	B.F.	B.I.	B.F.	B.I.	B.F.	caliente	frío	
pH	12'73	12'47	5'08	11'47	10'45	10'45	9'87	8'94	7'26
Conductividad (mS)	43'20	41'9	4'8	15'1	6'1	10'2	4'85	3'4	3
MES (mg/l)	2564'4	991'2	3'6	257'5	876'8	1710'4	466'3	57'2	0
ST (mg/l)	33699	* 38947	3397	11901	7472	9662	7233	1899	1531
DQO (mgO ₂ /l)	5961	4000	273	896	9350	7815	1636	969	23'7
Na ₂ S ₂ O ₄ (mg/l)	1862'6	0	-	-	-	-	-	-	-
NaOH (mg/l)	3065	2139	-	500	-	-	-	-	-
NaClO ₂ (mg/l)	-	-	1522	551	-	175	52'5	8'75	-
Na ₂ CO ₃ (mg/l)	-	-	-	-	2385	1987'5	477	0	-
Colorante (mg/l)	4000	860	-	-	-	-	-	-	-
% Agotamiento	78'5	-	-	-	-	-	-	-	-

En la figura 5.2 se comparan los parámetros de los distintos baños.

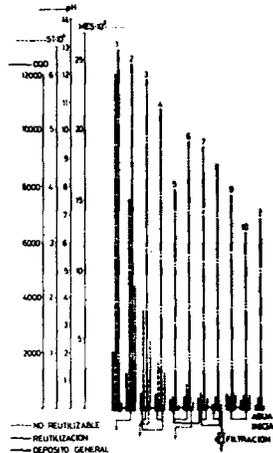
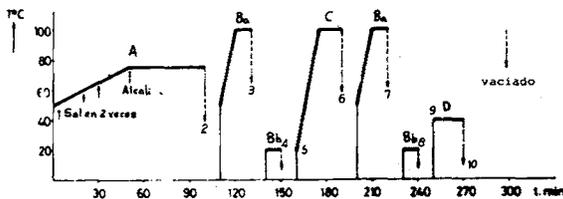


Figura 5.2 Características de los baños iniciales y finales en la tintura con el colorante tina, método en frío.

PROCESO 6. COLORANTE REACTIVO



A. Tintura

Amarillo cibacron TGR.....	3% s.p.f.
Sal para reserva GN.....	2 g/l
Sulfato sódico anhidro.....	40 g/l
Carbonato sódico anhidro.....	10 g/l
Sosa cáustica 36° Bè.....	10 cc/l
RB 1/10	

B. Enjuagues

a) Con agua caliente, 10 min. a 100° C

RB 1/10

b) Con agua fría, 10 min. a 20° C

RB 1/10

C. Jabonado

Tinovetin J.U.....1 g/l

RB 1/10

B. Enjuagues

a) y b)

D. Fijado y suavizado

Tinofix EW.....0,5% s.p.f.

Sapamina APN.....1% s.p.f.

En la tabla VI se resumen los índices de contaminación de cada uno de los baños.

TABLA VI
Resultados de los baños en la tintura con colorante reactivo.

Parámetros	Tintura		Enjuagues		Jabonado		Enjuagues		Fijado y Suavizado		Agua
	B.I.	B.F.	caliente	frío	B.I.	B.F.	caliente	frío	B.I.	B.F.	
pH	12'86	12'36	11'79	10'73	7'81	9'56	9'38	8'47	7'64	6'31	7'19
Conductividad (mS)	63	39'9	19'7	10'8	3'12	6'7	5'4	3'51	3'09	3'78	3'1
MES (mg/l)	42'6	879'6	474'0	244'6	4'9	29'3	62	17'5	72'9	87'6	0
ST (mg/l)	60085	37560	17499	7983	1848	4264	2665	2009	1881	2141	1715
DDO (mgO ₂ /l)	1975	1247	527	463	279	391	359	92	479	229	36
NaOH (mg/l)	3320	540	0	0	-	-	-	-	-	-	-
Na ₂ CO ₃ (mg/l)	10490	7897	4410	2016	-	-	-	-	-	-	-
Colorante(mg/l)	3000	428	-	-	-	-	-	-	-	-	-
% Agotamiento	- 86		-	-	-	-	-	-	-	-	-

En la figura 6.2 se comparan algunos de los parámetros anteriormente señalados.

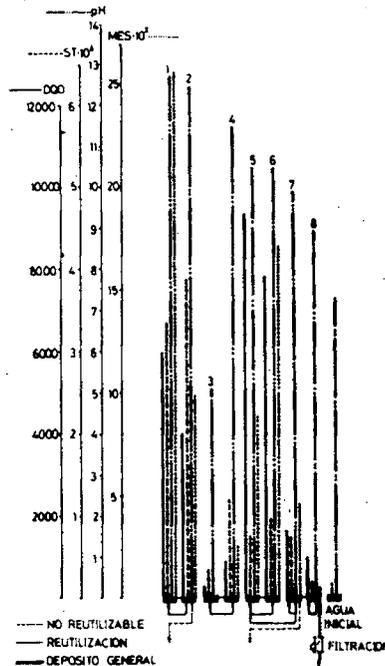


Figura 6.2
Características de los baños iniciales y finales en la tintura con el colorante reactivo.

3. DISCUSION Y CONCLUSIONES

De los resultados analíticos de las aguas de los distintos tratamientos se puede concluir que para su reutilización directa no es aconsejable mezclar todos los baños residuales, no tan sólo los de los distintos procesos, sino tampoco los correspondientes a las distintas operaciones de un mismo proceso, puesto que hay diferencias muy sensibles entre las aguas procedentes de la tintura, p. ej., y los baños de enjuague, y a su vez están mucho más limpias las aguas de los segundos enjuagues que las de los primeros.

Otra conclusión inmediata y evidente es la de que las aguas residuales de los enjuagues pueden emplearse en la mayoría de los casos para preparar el baño de tratamiento precedente, siguiendo el principio de contracorriente, muy utilizado en los procesos a la continua, y que sin embargo no se aplica en los procesos discontinuos o por lotes.

Si se analiza con detalle los resultados de cada uno de los procesos estudiados, se deducen los siguientes aspectos particulares:

PROCESO 1 (ver tabla I y fig. 1.2)

El baño residual de tintura podría reutilizarse para otra tintura del mismo color a intensidad oscura. Sin embargo debe tenerse presente que el baño puede contener mayor cantidad de productos orgánicos, si el tejido a teñir no ha sido sometido a un descrudado y blanqueo tal como en el caso estudiado.

Debe tenerse también muy en cuenta el elevado contenido de sales neutras (aproximadamente el 50% del total) que puede dar lugar a desigualdades si los colorantes son densibles a la sal, si bien en colores oscuros este factor tiene menor importancia.

El baño residual del primer enjuague es apto para preparar el baño de tintura con la única limitación, ya señalada, debida a un contenido salino importante, no siendo demasiado aconsejable su reutilización para otro enjuague debido a que contiene bastante colorante.

El baño residual del tratamiento posterior, contiene todavía más del 25% del producto catiónico, siendo aconsejable su reutilización para otros tratamientos del mismo tipo con tinturas de análoga intensidad y color, ya que si bien se ha comprobado que contiene poco colorante, podría ser suficiente en algunos casos para producir un pequeño viraje del matiz si se reutiliza para colores muy dispares del primer tratamiento.

El enjuague final da lugar a un agua que si bien está aparentemente limpia para una reutilización de tipo general, la presencia de pequeñas cantidades de producto catiónico, aconsejan su utilización para otro enjuague idéntico, o bien la preparación del tratamiento posterior.

PROCESO 2 (ver table II y fig. 2.2.)

En este proceso de tintura las conclusiones son muy semejantes a las del proceso 1, idénticas para los baños de tintura y enjuague, si bien con la ventaja de que ambos contienen mucho menos colorante y electrolito neutro, siendo aptos para otra tintura del mismo color, a la misma intensidad o mejor para una intensidad más oscura, en la que la influencia del contenido salino sería prácticamente negligible; también pueden reutilizarse como baño de enjuague para otra tintura, preferible de mayor intensidad.

En ambos procesos, podría ser necesario un filtrado de las aguas residuales, si la materia textil diese lugar en casos concretos a un aumento excesivo de las MES, debido a la insuficiencia del tratamiento previo a que hubiese sido sometido, lo cual, si bien complica algo su reutilización, no la imposibilita, excepto en el caso de que, por tratarse de tejido crudo o poco descruado, se produjese simultáneamente un fuerte incremento de DQO.

PROCESO 3 (ver tabla III y fig. 3.2)

El baño residual de la tintura con colorantes sulfurosos es uno de los que corrientemente se reutiliza para más de un tratamiento, debido al bajo agotamiento que acostumbran a presentar estos colorantes.

En nuestro caso, sin embargo, el agotamiento aparente es del orden del 80%, si bien ello no es motivo para no reutilizar el baño residual, debido al elevado contenido de otros reactivos.

El baño de enjuague no parece en principio apto para otro enjuague, siendo sin embargo aprovechable para completar el baño de tintura o preparar uno nuevo.

El baño de oxidación podría reutilizarse para análoga operación añadiendo solamente el oxidante, cuyo consumo ha sido prácticamente total, si bien podría ser necesario realizar la corrección del pH para evitar la descomposición excesivamente rápida del oxidante.

El agua residual del enjuague posterior es apta para un nuevo enjuague, o para preparar un nuevo baño de oxidación, e incluso podría reutilizarse para cualquier

otro proceso, previa corrección del pH, excepto en el caso de colorantes que diesen lugar a un manchado excesivo de dichas aguas residuales.

El baño de tratamiento posterior con acetato sódico es sin duda reutilizable para dicho tratamiento, no solamente una vez, sino de una forma continuada, si tenemos en cuenta el consumo del baño que se produce por la propia materia textil, ya que tal como se observa en la tabla III sus características prácticamente no varían, produciéndose tan sólo un ligero consumo de acetato sódico de fácil reposición, junto con el volumen de líquido arrastrado por la materia.

También en este proceso es posible una economía considerable de agua, aun suponiendo que cada baño se reutiliza sólo una vez.

PROCESO 4 (ver tabla IV y fig. 4.2)

La tintura con un colorante Indantren del tipo IN da lugar a un baño residual con un elevado contenido de sales, cuando la tintura se realiza en Jigger debido a que es preciso utilizar importantes cantidades de reductor para compensar la prolongada exposición al aire del tejido: Por ello, el baño residual en este caso, no sería apto para otro proceso de tintura análogo ya que dicho tipo de colorantes son sensibles a la presencia de sales neutras al incrementar su estado de agregación aumentando la afinidad y con ello la probabilidad de obtener tinturas desiguales y/o poco penetradas.

Sin embargo, podría reutilizarse previo filtrado, si las MES son excesivas, para un color e intensidad análogos, en un proceso con colorantes IW o IK ya que éstos precisan de la dición de sales neutras, como se observa en el proceso 5.

Las aguas del enjuague-oxidación por rebose, son aptas para una reutilización general, y en consecuencia para la preparación de una tintura análoga a la realizada, siendo conveniente en todo caso, un filtrado para eliminar al máximo posible los restos de pigmento oxidado que podrían dar lugar a cambios en el matiz previsto si se emplea para colorantes tina, o disminución de la solidez al frote en tintura con colorante soluble.

Debe tenerse presente que el volumen de estas aguas acostumbra a ser superior a los baños de tratamiento (1/50 en este estudio, frente a 1/10 de los otros tratamientos) lo cual incrementa el interés de una reutilización de carácter general de las mismas.

La oxidación con peróxido de hidrógeno, puede realizarse varias veces en el mismo baño con la única precaución de corregir el pH, y adicionar el oxidante consumido.

El baño de jabonado cambia muy poco en sus características, por lo cual es susceptible de utilización continuada, ya que el único problema que podría aparecer es la acumulación de pigmento del colorante, lo cual en el caso estudiado no se ha observado, permaneciendo prácticamente incoloro y sin precipitados, fenómenos que a nuestro juicio sólo se produciría por causa de una tintura mal conducida (p. ej. insuficiente oxidación) o en matices muy intensos con elevado contenido de pigmento superficial.

Las aguas provenientes del enjuague en caliente pueden reutilizarse para la misma operación, o bien para preparar un nuevo baño de jabonado, ya que el incremento en los parámetros MES, ST y DQO sobre el agua limpia es debido exclusivamente al jabón arrastrado por la fibra.

El enjuague en frío permite una reutilización general del agua, previa corrección del pH y en consecuencia también la reutilización para la misma operación.

PROCESO 5 (ver tabla V y fig. 5.2)

Las aguas residuales de la tintura con colorantes tina por el proceso en frío, tienen como principal inconveniente para su reutilización, la elevada cantidad de sales neutras que contienen, lo cual puede interferir en la calidad de la tintura, por lo que sólo se podría reutilizar previa dilución, p. ej., para una máquina con mayor RB como el torniquete, o bien si la tintura es a la misma RB reemplazando parte del baño residual con agua fresca.

El baño de oxidación es susceptible de reutilización a pesar de que por no haber realizado un enjuague intermedio, se contamina con sales neutras y alcalinas de la solución de tintura arrastrada por el tejido, sales que, previa corrección del pH, no interfieren para una reutilización en el resultado de la operación, aunque no hacen aconsejable una reutilización repetida del mismo.

En el baño de jabonado las consideraciones son análogas a las expuestas para el proceso 4, si bien en este caso se detecta la presencia de clorito sódico proveniente de la oxidación, cuyo único inconveniente podría ser su incompatibilidad con el detergente utilizado en caso de sobrepasar una concentración límite, cuyo valor no es predecible a priori, ya que depende de cada detergente concreto. Por ello, parece aconsejable realizar ensayos antes de hacer más de una reutilización del citado baño residual de jabonado.

Análogo problema se presenta en los enjuagues, tanto en caliente como en frío, si bien en este caso es de más fácil solución, añadiendo un producto anticloro, tal como el agua oxigenada, si se desea reutilizar p. ej. el baño de enjuague en caliente para preparar un baño de jabonado, adición que no es necesaria si se reutiliza para la misma operación.

El enjuague en frío permite la reutilización de sus aguas residuales, con carácter general, ya que el pequeño contenido de clorito sódico sería prácticamente eliminado al mezclarlo con aguas provenientes de otros enjuagues.

Debe señalarse, que tal como hemos indicado en los procesos anteriores, puede ser conveniente realizar el filtrado de las aguas residuales antes de su reutilización, aspecto que depende del contenido de MES y de la operación a que se destinen dichas aguas residuales, siendo p. ej. menos necesario cuando se trata de realizar la misma operación y prácticamente imprescindible, si dichas MES se deben en su mayor parte a pigmento colorante, detalle fácilmente visible,

La reducción de consumo previsible en los procesos con colorantes tina es inferior al 50%, siendo mayor en los colorantes que tiñen en caliente que en aquellos cuya tintura se realiza en frío.

PROCESO 6 (ver tabla VI y fig. 6.2)

Los baños residuales de la tintura con colorantes reactivos son tal vez los que presentan más dificultades para su reutilización, debido a la presencia del colorante hidrolizado, no apto para su aprovechamiento y que además disminuye la calidad de la tintura.

Para ello el baño de tintura no sería reutilizable más que a través de tratamientos de depuración completos y en consecuencia es preferible su realización sobre el conjunto de aguas residuales si se considera necesario, más que sobre un baño residual específico.

El baño residual de enjuague en caliente podría reutilizarse para la misma operación, si su contenido de colorante fuese suficientemente bajo, lo cual por desgracia no es demasiado frecuente, aunque no debe eliminarse a priori dicha posibilidad.

En cambio, las posibilidades de reutilización del agua de enjuague en frío son mayores, aunque posiblemente sólo una vez, y desde luego para tinturas con el mismo colorante.

Por los mismos motivos, tampoco parece aconsejable la reutilización del baño de jabonado, excepto cuando se observe que su coloración es suficientemente baja.

Sin embargo, el agua del enjuague en caliente posterior al jabonado puede reutilizarse para realizar dicho jabonado, y el enjuague en frío para el anterior, en lo que sería un proceso en contracorriente.

El baño residual del fijado y suavizado puede reutilizarse para la misma operación, siendo necesario en algunos casos realizar el filtrado del mismo, después de varias operaciones.

Las posibilidades de economía de agua con los colorantes reactivos no superan el 25÷30 % del consumo.

Como consideraciones finales podemos señalar que este estudio no pretende establecer de una manera dogmática la posibilidad, o no, de reutilizar los baños residuales en los procesos de tintura del algodón, sino tan sólo poner de manifiesto la posibilidad de realizar dicha reutilización, ya que hasta aquí no se ha considerado el costo de la inversión necesaria para el almacenaje de todos aquellos baños que no siendo conveniente su mezcla pueden utilizarse sin embargo en la misma operación.

Por ello es necesario un desarrollo gradual del concepto de reutilización, que podría seguir las siguientes etapas, cuyos costes de inversión son crecientes:

- 1.- Disponer de un depósito adicional donde poder conducir las aguas residuales susceptibles de reutilización general.
- 2.- Adicionar a cada máquina o aparato de tintura un depósito de la capacidad total de la misma, donde almacenar temporalmente uno de los baños del proceso.
- 3.- Disponer para cada máquina la instalación de tantos depósitos como operaciones tiene el proceso para devolver a cada depósito el baño utilizado tantas veces como fuese conveniente antes de destinarlo a la operación precedente, tal como hemos visto en algunos casos, o desecharlo por no ser ya apto para el proceso. Este último concepto de «aprovechamiento integral» de los productos, entre ellos el agua, exige transformaciones bastante profundas en las instalaciones existentes, siendo más factible en aquellas de nueva instalación, proyectadas bajo el punto de vista del citado aprovechamiento integral, aunque su desarrollo está condicionado a la relación de costes de producción e inversión, y a la disponibilidad de agua.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Gros, D.: Teintex n.º 4 (1979, págs. 2-24)
- 2.- Von der Eitz, H.U.: Melliand Textilberichte 61 (1980) págs. 616-620; ITC Report ITMA-79. págs. 43-48
- 3.- Dürig, G.: Hausmann, J.P.; O'Hare, B.J.: J.S.D.C. Ag (1978), págs. 331-338
- 4.- Goodman, G.A.; Porter, J.J.: American Dyestuff Reporter, Oct. (1980), págs. 33-39
- 5.- Harker, R.P.: International Dyer and Textile Printer Jun (1978), págs. 22-23
- 6.- Indantren. Tintura manual. BASF, Casella, Bayer, Hoechst RI/F 1-59S