

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE QUÍMICA**



***"TINTURA DEL ALGODÓN CON  
COLORANTES REACTIVOS POR EL PROCESO  
DE AGOTAMIENTO"***

**INFORME DE SUFICIENCIA**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

***LICENCIADA EN QUÍMICA***

**POR LA MODALIDAD DE ACTUALIZACIÓN DE  
CONOCIMIENTOS**

PRESENTADO POR:

***ALICIA CEFERINA LUQUE SANCA***

**LIMA - PERÚ  
2003**

## **Agradecimiento**

A la Universidad Nacional de Ingeniería por darme la oportunidad de concretar una de mis mayores aspiraciones.

A los miembros del Jurado Dr. Angulo, Lic. Patricia López, y a mi asesora M.Sc. Otilia Acha por su valiosa ayuda y orientación en el desarrollo del tema, así como también a todo el personal docente y administrativo de la Facultad de Ciencias.

### **Agradecimiento**

Al Ing. Marco Brañez de Sociedad Química Mercantil S.A. por su constante labor investigadora y valiosa difusión de los avances en el Área Textil.

A la Ing. Clara Cáceres de Química Hispana S.A. por su dedicación en el Área Textil y su valiosa amistad.

A Elizabeth Javier de Sociedad Química Mercantil S.A por su invaluable compañerismo y solidaridad.

### **Dedicatoria**

A mis queridos padres Don Juan Luque Carcasi y Doña Georgina Sanca Mamani de Luque por su amor, sacrificio y tenacidad que fueron mi fuente de motivación y ejemplo.

## **RESUMEN**

El presente informe referido a la tintura del algodón con colorantes reactivos por agotamiento, de gran demanda en la industria textil, se desarrolla en dos capítulos esenciales. En el primero se presentan estudios fisico-químicos de la fibra de algodón y de los parámetros termodinámicos y cinéticos responsables de la tintura. En forma breve se describen los principales colorantes que existen para la tintura de fibras celulósicas con la finalidad de observar las diferencias y ventajas que ofrecen los colorantes reactivos frente a los otros.

En el segundo capítulo se desarrolla la teoría de los colorantes reactivos de manera detallada como es su historia, su reactividad, los mecanismos de reacción con la celulosa y el análisis de los diferentes factores que determinan su reacción con la celulosa. También se presenta una descripción de los sistemas reactivos más importantes que existen en el mercado para el proceso de agotamiento y finalmente los diferentes métodos de teñido por agotamiento que se aplican con estos colorantes en la industria textil.

## RÉSUMÉ

Le présent travail montre la teinture du coton avec des colorants réactifs par le procédé d'épuisement d'importante demande dans l'industrie textile. Ce travail, il se développe en deux chapitres essentiels. Le premier présente des études physico-chimiques des fibre de coton, des paramètres thermodynamiques et cinétiques responsables de la teinture et une brève présentation des plus importants colorants qu'on utilise pour la teinture de las fibres cellulosiques et ainsi trouver les différences et les avantages des colorants réactifs parmi des autres.

Dans le deuxième chapitre s'approfondi la théorie des colorants réactifs, son histoire, sa reactivité, les mécanismes de fixation avec la cellulose et les différentes facteurs qui permettront la réaction avec la cellulose. Aussi on se présente la description des plus importants systèmes réactifs qu'il existe dans le marché, et finalement les différents méthodes de teinture par épuisement avec ces colorants dans l'industrie textile.

## CONTENIDO RESUMIDO

### RESUMEN

|                                     |      |
|-------------------------------------|------|
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....      | V    |
| <b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....       | VII  |
| <b>ÍNDICE DE ABREVIATURAS</b> ..... | VIII |

|                           |   |
|---------------------------|---|
| <b>INTRODUCCIÓN</b> ..... | 1 |
|---------------------------|---|

### CAPÍTULO 1

#### I. ASPECTOS GENERALES

|  |    |
|--|----|
| <b>A. El algodón</b> .....   | 2  |
| 1. Morfología del algodón .....  | 2  |
| <b>B. Química de la celulosa</b> .....                                 | 6  |
| 1. Estructura de la celulosa .....                                     | 6  |
| 2. Hinchamiento de las fibras celulósicas .....                        | 7  |
| 3. Hidrólisis de la celulosa .....                                     | 8  |
| 4. Oxidación de la celulosa .....                                      | 8  |
| 5. Ataque de la celulosa por álcali .....                              | 9  |
| 6. Reacciones de sustitución nucleofílica y adición nucleofílica ..... | 9  |
| <b>C. Teoría de la tintura</b> .....                                   | 10 |
| 1. Termodinámica de la tintura .....                                   | 10 |
| 1.1 Equilibrio de la tintura .....                                     | 10 |
| 1.2 Afinidad de los colorantes .....                                   | 11 |
| 1.3 Potencial químico de los colorantes .....                          | 12 |
| 1.4 Efectos eléctricos en la tintura .....                             | 13 |
| 1.5 Calor de tintura .....   | 14 |
| 1.6 Entropía de tintura.....   | 15 |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 2.        | Cinética de la tintura .....                              | 15        |
| 2.1       | Difusión de colorantes.....                               | 15        |
| 2.2       | Velocidad de transporte de colorantes .....               | 15        |
| 2.3       | Coefficiente de difusión .....                            | 17        |
| 2.4       | Factores que influyen en el coeficiente de difusión ..... | 18        |
| 2.5       | Migración de colorantes .....                             | 22        |
| 2.6       | Compatibilidad de colorantes .....                        | 23        |
| <b>D.</b> | <b>Tipos de proceso de tintura .....</b>                  | <b>24</b> |
| 1.        | Tintura por agotamiento.....                              | 24        |
| 2.        | Tintura por impregnación .....                            | 24        |
| 3.        | Maquinaria de tintura por agotamiento .....               | 25        |
| <b>E.</b> | <b>Características de las tinturas .....</b>              | <b>27</b> |
| 1.        | Solidez del color.....                                    | 27        |
| 2.        | Factores que afectan la solidez .....                     | 27        |
| 3.        | Clases de solidez .....                                   | 28        |
| <b>F.</b> | <b>Color de las especies químicas .....</b>               | <b>29</b> |
| 1.        | Teoría del color.....                                     | 29        |
| 2.        | Color de las especies orgánicas .....                     | 29        |
| 3.        | Color y estructura de las moléculas orgánicas .....       | 31        |
| 4.        | Teoría de los colorantes.....                             | 33        |
| 5.        | Clasificación de colorantes.....                          | 34        |
| <b>G.</b> | <b>Tintura de fibras celulósicas .....</b>                | <b>37</b> |
| 1.        | Colorantes básicos .....                                  | 38        |
| 2.        | Colorantes directos .....                                 | 38        |
| 3.        | Colorantes a la tina .....                                | 38        |
| 4.        | Colorantes azoicos .....                                  | 39        |
| 5.        | Colorantes al azufre .....                                | 40        |
| 6.        | Colorantes reactivos .....                                | 40        |



## CAPÍTULO 2

### II. QUÍMICA Y APLICACIÓN DE LOS COLORANTES REACTIVOS EN LA TINTURA POR AGOTAMIENTO DEL ALGODÓN

|  |    |
|--|----|
| <b>A. Colorantes reactivos</b>                                     | 41 |
| 1. Introducción  | 41 |
| 2. Constitución química y reactividad                              | 42 |
| 3. Reacciones de hidrólisis  | 47 |
| 4. Factores que influyen en la reacción                            | 49 |
| 5. Mecanismo de tintura  | 52 |
| 6. Curva de agotamiento y fijación                                 | 53 |
| 7. Eliminación del colorante hidrolizado                           | 56 |
| 8. Factores que influyen en la tintura                             | 56 |
| 9. Sistemas reactivos  | 58 |
| 9.1 Sistema reactivo monofuncional                                 | 58 |
| 9.2 Sistema reactivo bifuncional                                   | 65 |
| <b>B. Teñido del algodón por el proceso de agotamiento</b>         | 70 |
| 1. Tratamiento previo del algodón                                  | 70 |
| 1.1 Proceso de chamuscado  | 70 |
| 1.2 Proceso de desengomado   | 71 |
| 1.3 Proceso de descrudado  | 71 |
| 1.4 Proceso de blanqueo con peróxido de hidrógeno                  | 72 |
| 2. Proceso de teñido del algodón                                   | 74 |
| 2.1 Tratamiento y disolución de colorantes reactivos               | 74 |
| 2.2 Calidad del agua de teñido                                     | 74 |
| 2.3 Calidad de sal   | 75 |
| 2.4 Tipos de álcalis utilizados en la tintura                      | 76 |
| 3. Factores entre el teñido y colorante reactivo en una tintorería | 77 |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 3.1       | Factor color .....  | 77        |
| 3.2       | Factor productividad .....  | 77        |
| 3.3       | Factor reproductividad .....  | 78        |
| 3.4       | Compatibilidad de colorantes .....  | 78        |
| <b>C.</b> | <b>Métodos de teñido por agotamiento.....</b>                                 | <b>79</b> |
| 1.        | Método de teñido a 60°C con carbonato de sodio.....                           | 79        |
| 2.        | Método de teñido a 80°C con carbonato de sodio.....                           | 80        |
| 3.        | Método de teñido a 60°C con carbonato de sodio y soda caústica.....           | 81        |
| <b>D.</b> | <b>Procedimientos de laboratorio para la tintura con colorantes reactivos</b> |           |
| 1.        | Procedimiento de simulación para el teñido en producción .....                | 82        |
| 1.1       | Preparación del material .....  | 83        |
| 1.2       | Máquina de prueba para teñir .....  | 83        |
| 1.3       | Relación de baño .....  | 84        |
| 1.4       | Selección de los colorantes reactivos y preparación de sus soluciones.....    | 84        |
| 1.5       | Preparación de soluciones de productos químicos y auxiliares .....            | 85        |
| 1.6       | Adición de álcali .....   | 86        |
| 1.7       | Enjuague y jabonado.....  | 87        |

### **CAPÍTULO 3**

|             |                           |            |
|-------------|---------------------------|------------|
| <b>III.</b> | <b>CONCLUSIONES .....</b> | <b>88</b>  |
| <b>IV.</b>  | <b>BIBLIOGRAFÍA .....</b> | <b>90</b>  |
| <b>V.</b>   | <b>ANEXOS .....</b>       | <b>92</b>  |
| <b>VI.</b>  | <b>GLOSARIO .....</b>     | <b>108</b> |

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

|  |    |
|--|----|
| <i>Fig.I. 1: a. Diagrama idealizado de la morfología del algodón.....</i>                          | 4  |
| <i>b. Corte transversal de la fibra del algodón</i>  |    |
| <i>Fig.I. 2: Estructura de las fibras de celulosa en el algodón.....</i>                           | 4  |
| <i>Fig.I. 3: Tres formas alternativas de representar la estructura de la celulosa.....</i>         | 6  |
| <i>Fig.I. 4: Degradación de la celulosa por ácidos.....</i>  | 8  |
| <i>Fig.I. 5: a. Reacción de sustitución nucleofílica.....</i>                                      | 9  |
| <i>b. Reacción de adición nucleofílica</i>   |    |
| <i>Fig.I. 6: Descripción termodinámica de un modelo de tintura simple y discontinuo.....</i>       | 11 |
| <i>Fig.I. 7: Distribución del colorante en el baño, en función de la distancia a la fibra.....</i> | 13 |
| <i>Fig.I. 8: Secciones transversales de la fibra mostrando tinturas anulares.....</i>              | 19 |
| <i>a. Poco penetrada, b. Muy penetrada.</i>  |    |
| <i>Fig.I. 9: Influencia del NaCl con el coeficiente de difusión.....</i>                           | 20 |
| <i>Rojo Durazol 2B a 75 °C</i>   |    |
| <i>Fig.I.10: Compatibilidad e incompatibilidad de colorantes.....</i>                              | 23 |
| <i>Fig.I.11: Estructura química del colorante directo Negro Hispamin CA.....</i>                   | 38 |
| <i>CI Negro Directo 22</i>   |    |
| <i>Fig.I.12: Estructura química del colorante tina CI Amarillo 1.....</i>                          | 39 |
| <i>Fig.I.13: Estructura química del colorante azoico Negro Diazo.....</i>                          | 39 |
| <i>CI Componente Azoico Diazo 45</i>   |    |
| <i>Fig.I.14: Estructura química del colorante al azufre de condensación naranja.....</i>           | 40 |

### CAPÍTULO 2

|  |    |
|--|----|
| <i>Fig.II. 1: Estructura química del colorante reactivo diclorotriazínico.....</i> | 41 |
| <i>CI Rojo Reactivo 1</i>  |    |
| <i>Fig.II. 2: Representación esquemática de un colorante reactivo.....</i>         | 43 |
| <i>Fig.II. 3: Formación de la doble unión activada.....</i>                        | 44 |
| <i>Fig.II. 4: Reacción de adición nucleofílica del colorante reactivo.....</i>     | 45 |

|  |           |
|--|-----------|
| <i>Fig.II. 5: Reacción de sustitución nucleofílica de los colorantes reactivos.....</i>  | <i>46</i> |
| <i>Fig.II. 6: Reacción de hidrólisis de los colorantes reactivos halotriazínicos.....</i>  | <i>48</i> |
| <i>a. Hidrólisis del colorante</i>   |           |
| <i>b. Hidrólisis de la unión colorante-celulosa en medio alcalino</i>  |           |
| <i>c. Hidrólisis de la unión colorante-fibra en medio ácido</i>  |           |
| <i>Fig.II. 7: Reacción de hidrólisis de los colorantes vinilsulfónicos.....</i>  | <i>49</i> |
| <i>a. Hidrólisis del colorante</i>   |           |
| <i>b. Hidrólisis de la unión colorante-fibra en medio alcalino</i>   |           |
| <i>Fig.II. 8: Reacciones y equilibrios que se producen en las diferentes etapas ..... de la tintura con colorantes reactivos</i> | <i>54</i> |
| <i>Fig.II. 9: Curva de agotamiento y fijación de dos colorantes reactivos.....</i>   | <i>55</i> |
| <i>Fig.II.10: Formación de un colorante del tipo aminoclorotriazina.....</i>   | <i>60</i> |
| <i>Fig.II.11: Estructura química base de los Colorantes Cibacron F(CG Y).....</i>  | <i>61</i> |
| <i>Fig.II.12: Estructura química del colorante tricloropirimidina.....</i>   | <i>62</i> |
| <i>CI Rojo Reactivo 17</i>   |           |
| <i>Fig.II.13: Estructura química del colorante tipo clorodifluoropirimidina.....</i>   | <i>62</i> |
| <i>Fig.II.14: Estructura química del colorante dicloroquinoxalina.....</i>   | <i>63</i> |
| <i>Rojo Levafix E</i>  |           |
| <i>Fig.II.15: Estructura química de los colorantes tipo sulfatoetil-sulfónico.....</i>   | <i>64</i> |
| <i>Fig.II.16: Estructura de un colorante bifuncional simétrico.....</i>  | <i>65</i> |
| <i>Fig.II.17: Estructura de un colorante bifuncional asimétrico.....</i>   | <i>66</i> |
| <i>Fig.II.18: Estructura química del colorante tipo bis(aminoclorotriazina).....</i>   | <i>67</i> |
| <i>CI Azul Reactivo 171</i>  |           |
| <i>Fig.II.19: Estructura de los colorantes tipo bis(aminoclorotriazina).....</i>   | <i>68</i> |
| <i>Fig.II.20: Estructura química del colorante tipo aminoclorotriazina-sulfatoetilsulfónico.....</i>                             | <i>68</i> |
| <i>C.I.Rojo Reactivo 194</i>   |           |
| <i>Fig.II.21: Estructura del colorante tipo aminofluorotriazina-sulfatoetilsulfónico.....</i>                                    | <i>69</i> |
| <i>Fig.II.22: Teñido a 60°C con carbonato de sodio.....</i>  | <i>79</i> |
| <i>Fig.II.23: Teñido a 80°C con carbonato de sodio.....</i>  | <i>80</i> |
| <i>Fig.II.24: Teñido a 60°C con carbonato de sodio y soda caústica.....</i>  | <i>81</i> |
| <i>Fig.II.25: Factores relacionados con la selección del colorante.....</i>  | <i>85</i> |

## ÍNDICE DE TABLAS

### CAPÍTULO 1

|  |           |
|--|-----------|
| <i>Tabla I. 1: Composición química del algodón.....</i>  | <i>3</i>  |
| <i>Tabla I. 2: Absorbancias típicas para cromóforos aislados.....</i>                            | <i>32</i> |
| <i>Tabla I. 3: Cromóforos y auxocromos.....</i>  | <i>33</i> |
| <i>Tabla I. 4: Modo de fijación de los principales colorantes para la fibra de celulosa.....</i> | <i>37</i> |

### CAPÍTULO 2

|  |           |
|--|-----------|
| <i>Tabla II. 1: Influencia del pH en la ionización de la celulosa y el agua.....</i>                       | <i>50</i> |
| <i>Tabla II. 2: Velocidad relativa de reacción, sobre algodón a RB 1:30 .....<br/>para pH entre 8 y 11</i> | <i>51</i> |
| <i>Tabla II. 3: Principales sistemas monofuncionales.....</i>  | <i>59</i> |
| <i>Tabla II. 4: Principales sistemas bifuncionales.....</i>  | <i>66</i> |
| <i>Tabla II. 5: Requerimientos químicos típicos para una máquina de blanqueo.....</i>                      | <i>73</i> |
| <i>Tabla II. 6: Especificaciones del agua en la tintorería.....</i>  | <i>75</i> |
| <i>Tabla II. 7: Cantidades recomendadas de sal y carbonato de sodio como único álcali.....</i>             | <i>79</i> |
| <i>Tabla II. 8: Cantidades recomendadas de sal, carbonato y álcali.....</i>                                | <i>80</i> |

**ÍNDICE DE ABREVIATURAS**

- $\mu$  : Potencial químico absoluto
- $\mu^\circ$ : Potencial estándar
- $\mu_s$  : Potencial en la solución
- $\mu_f$  : Potencial en la fibra
- $a_s$  : Actividad en la solución
- $a_f$  : Actividad en la fibra
- R : Constante universal de los gases
- T : Temperatura
- P : Presión
- H : Entalpía
- G : Energía libre de Gibbs
- S : Entropía
- $C_{Na_2}$  : Suposición hipotética de un colorante
- J : Flujo
- $M_t$  : Cantidad de colorante por unidad de peso de fibra
- D : Coeficiente de difusión
- $D_A$ : Coeficiente de difusión aparente
- D : Cromóforo
- Cel-OH : Celulosa
- Cel-O<sup>-</sup> : Ion celulosato
- Col-X : Colorante
- Col-O-Cel : Compuesto colorante-fibra
- Col-OH : Colorante hidrolizado
- RB : Relación de baño
- CI : Color Index

## INTRODUCCIÓN

El algodón es una fibra con muchas cualidades para el hombre y su teñido con colorantes que le brinden excelentes solidez especialmente al lavado y a la luz, como un excelente brillo, después de muchas investigaciones trajo como consecuencia la síntesis de los colorantes reactivos, su nombre se debe a que el colorante y la fibra celulósica reacciona químicamente formando un enlace covalente, hecho que no se había logrado hasta 1956, año que hacen su aparición en el mercado. El enlace covalente asegura el nivel de solidez en húmedo requerido para los materiales textiles, especialmente cuando se trata de colores intensos y oscuros.

Como resultado del conocimiento detallado del mecanismo de tintura de los colorantes reactivos con la celulosa, como son los parámetros termodinámicos y cinéticos de la tintura y de su aplicación química, es que se han podido investigar y desarrollar nuevas gamas de colorantes reactivos para cada aplicación específica, especialmente para el proceso de agotamiento, por tratarse del método que más acogida tiene en la Industria Textil.

# CAPÍTULO 1

## I. ASPECTOS GENERALES

### A. EL ALGODÓN

#### 1. Morfología del algodón <sup>[1, 2]</sup>

El algodón es una sustancia fibrosa vellosa que se obtiene de la planta de algodón *Gossypium Barbadense*. Se encuentra en muchas variedades, que van desde el fino algodón Egipcio hasta el grueso algodón Indio hilado a mano.

El algodón Pima Peruano como consecuencia de la combinación de la semilla, la tierra y el microclima ha hecho que sea el algodón más fino y de fibra más larga en el mundo, solamente comparable al algodón Egipcio<sup>[3]</sup> (Anexo I.1).

Las distintas variedades se cultivan por sus colores naturales, que se eliminan por la necesidad de teñirlos.

El algodón tiene muchas características que lo hacen ideal para los tejidos. Es duradero, suave y absorbe grandes cantidades de humedad, que también se puede tratar con altas temperaturas lo que facilita su proceso de manufactura.

La propiedad geométrica más importante del algodón es su longitud (aproximadamente 25 mm). La finura de la fibra es una de las características del algodón que más influye para determinar sus posibilidades de hilatura.

El algodón para su proceso textil se clasifica por sus propiedades como: color, pureza, longitud de fibra, fineza, contenido de humedad y país de origen. La composición de la fibra depende del tipo de planta de algodón, su origen, las condiciones de crecimiento y el grado de madurez.

La estructura básica del algodón consiste de fibrillas celulósicas, donde también están situadas las impurezas como los aceites, ceras, proteínas, pectosas y pigmentos.

Los aceites y ceras están asociados con la repelencia al agua que posee el algodón antes del descruce, mientras que las proteínas, pectosas y pigmentos con



su coloración cremosa previa al blanqueo. Antes de conocer su localización, es necesario conocer la morfología de la fibra a fin de determinar donde se encuentran para proceder a su eliminación.

La Tabla I.1, muestra la diferencia entre la composición de la membrana primaria y la composición de la fibra completa<sup>[4]</sup>.

*Tabla I.1: Composición química del algodón (sobre peso seco)*

| Componente       | Fibra total (%) | Membrana primaria (%) |
|------------------|-----------------|-----------------------|
| Celulosa         | 88.0 - 96.0     | 52                    |
| Pectinas         | 0.7 -1.2        | 12                    |
| Cera             | 0.4 -1.0        | 7                     |
| Proteínas        | 1.1 -1.9        | 12                    |
| Carbonatos       | 0.7 -1.6        | 3                     |
| Otros compuestos | 0.5 -1.0        | 14                    |

La Fig. I.1.a, muestra la constitución morfológica de la fibra de algodón, de la cual podemos constatar que existe:

- i. Una capa periférica o cutícula que protege a la fibra de la oxidación atmosférica y de la acción de la luz ultravioleta del sol.
- ii. Una pared primaria de 0,1-0,2  $\mu\text{m}$  que consiste de fibrillas celulósicas, responsable de la tenacidad transversal. Desde el punto de vista del acabado textil, la pared primaria es la más importante.
- iii. Una pared secundaria de aproximadamente 20  $\mu\text{m}$  de fibrillas celulósicas responsables de la tenacidad longitudinal.
- iv. El lumen o canal hueco que recorre la fibra en su longitud.

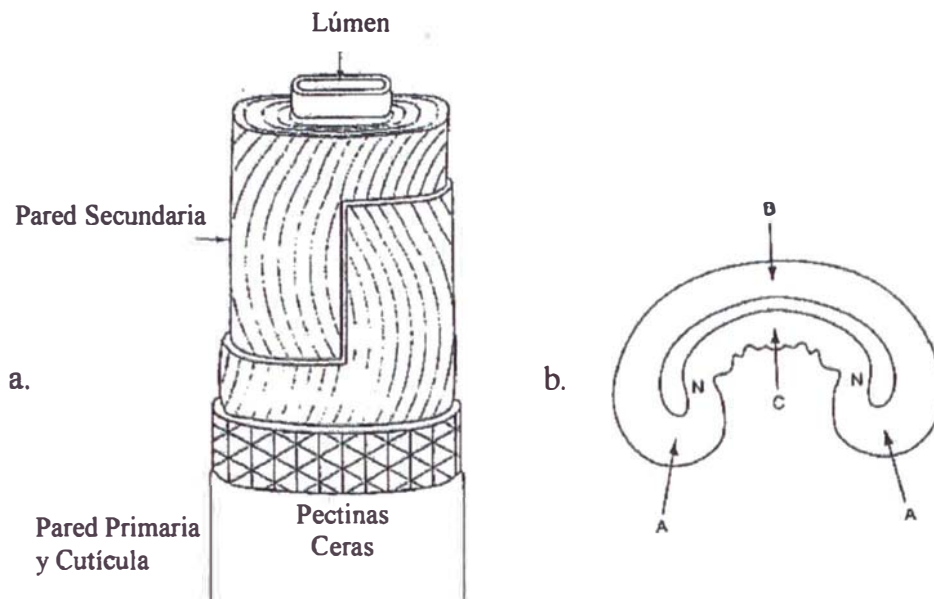


Fig. 1.1: a. Diagrama idealizado de la morfología del algodón  
 b. Corte transversal de la fibra de algodón (las zonas A, B, C y N difieren en densidad fibrilar)

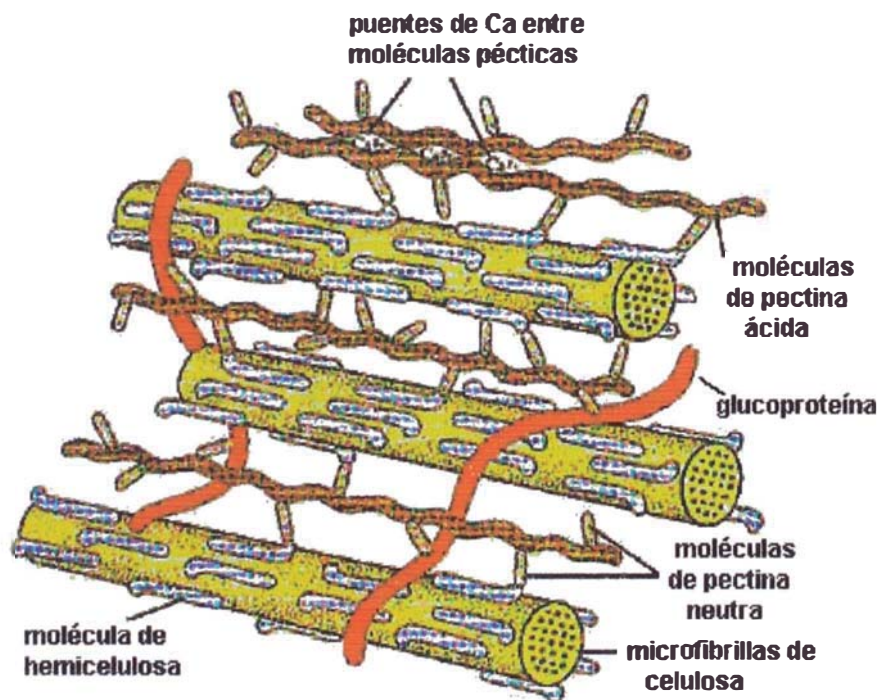


Fig.1.2: Estructura de las fibras de celulosa en el algodón

A pesar que las impurezas están situadas en la parte externa de la fibra, es sorprendente el hecho que estén ligadas tan tenazmente. La probable respuesta es que están ligadas por enlaces muy fuertes, posiblemente de tipo iónico a través de cationes alcalinos multivalentes como el calcio y magnesio.

Las sales minerales se encuentran en mayor proporción en el extremo interior de la pared secundaria por haber sido alimentadas por la planta a través del lumen.

Una cadena de celulosa posee las dimensiones y características suficientes para formar puentes de hidrógeno con cadenas de celulosa contiguas.

De esta manera varias cadenas están "pegadas" en una micela, varios haces de micelas forman un atado de fibrillas o microfibrillas y varios atados de fibrillas forman una fibra visible, como se muestra en la Fig. I.2<sup>[5]</sup>

Un conocimiento más detallado del arreglo de las cadenas de celulosa es beneficioso para comprender los procesos de teñido y acabado.

La parte en que las cadenas son capaces de formar puentes de hidrógeno se le llama cristalinas y son imposibles de penetrar, mientras que las partes que están muy distantes para formar puentes de hidrógeno se les conocen como partes amorfas y es allí donde el agua puede llegar arrastrando los compuestos de acabado.

El espacio de microcapilaridad está comprendido entre los atados de fibrillas a donde sólo pueden ingresar soluciones moleculares como por ejemplo soluciones moleculares de colorantes.

El espacio macromolecular se encuentra entre los atados de fibrillas y es accesible a soluciones coloidales como resinas y detergentes.

## B. QUÍMICA DE LA CELULOSA<sup>[1,6,7]</sup>

### 1. Estructura de la celulosa

Un análisis elemental de la celulosa, la clasifica dentro del grupo de los carbohidratos con una fórmula empírica de  $(C_6H_{10}O_5)_n$  y dentro de los carbohidratos como un polisacárido estructural, como un polímero de la D-glucosa.

La estructura de la celulosa se forma por la unión de moléculas de  $\beta$ -glucosa a través de enlaces  $\beta$ -1,4 glucosídico, lo que hace que sea insoluble en agua.

Su estructura puede representarse de las tres siguientes formas:

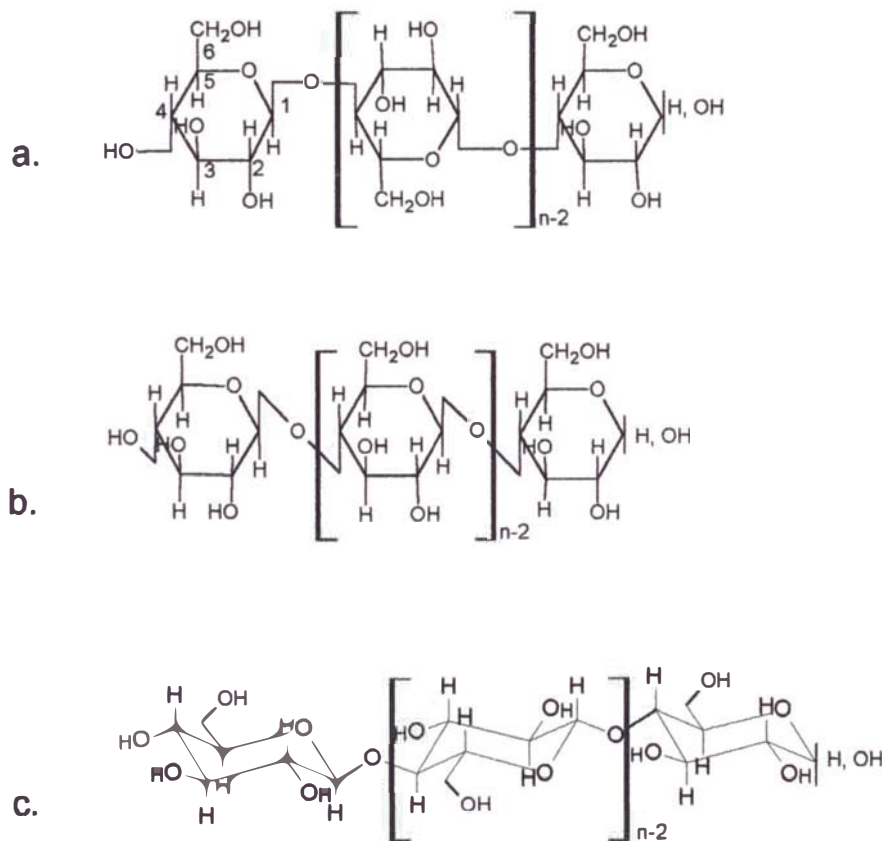


Fig. 1.3: Tres formas de representar la estructura de la celulosa

De acuerdo a la Fig. I.3, los extremos de la cadena reciben los nombres de unidad no reductora y reductora respectivamente, en el primero el átomo de carbono 1, esta unido al átomo de carbono 4, mientras que en el segundo es el átomo de carbono 4, el que esta unido a la unidad anterior; esto les da distinto comportamiento frente a compuestos oxidantes y de ahí sus nombres.

Los intentos de obtener el grado de polimerización vía determinaciones del peso molecular de la celulosa no han dado resultados satisfactorios, por ello no sorprende que se encuentren en la literatura valores diferentes del grado de polimerización. No obstante se estima que el grado de polimerización de la celulosa es superior a los 3000, variando considerablemente según el origen de ella, así tenemos 10800 para el algodón, y 36000 para el lino.

## **2. Hinchamiento de las fibras celulósicas**

El hinchamiento es un fenómeno que esta íntimamente asociado con casi todas las reacciones de la celulosa. Según Kats, un sólido se hincha cuando absorbe un líquido y:

1. Aparentemente no pierde su homogeneidad
- ii. Sus dimensiones aumentan
- iii. Su cohesión disminuye

Casi todas las sustancias capaces de hincharse son compuestos de elevado peso molecular. Estas sustancias están formadas por regiones cristalinas y amorfas y entre sus macromoléculas existen enlaces de tipo secundario. El hinchamiento de estos sólidos esta frecuentemente condicionado en gran medida por estos enlaces. Para que los líquidos y vapores puedan producir un hinchamiento del material polimérico deben ser capaces de romper estos enlaces de tipo secundario y formar sus propios enlaces con el polímero.

### 3. Hidrólisis de la celulosa

La celulosa es sensible a los ácidos sobre todo a los ácidos minerales concentrados. Los productos obtenidos por hidrólisis se llaman hidrocélulosas que resultan de la ruptura de la cadena, con una disminución del grado de polimerización y ello causa una pérdida de tenacidad de la fibra, por esta razón es necesario controlar la acidez en los procesos textiles para minimizar la formación de hidrocélulosa.

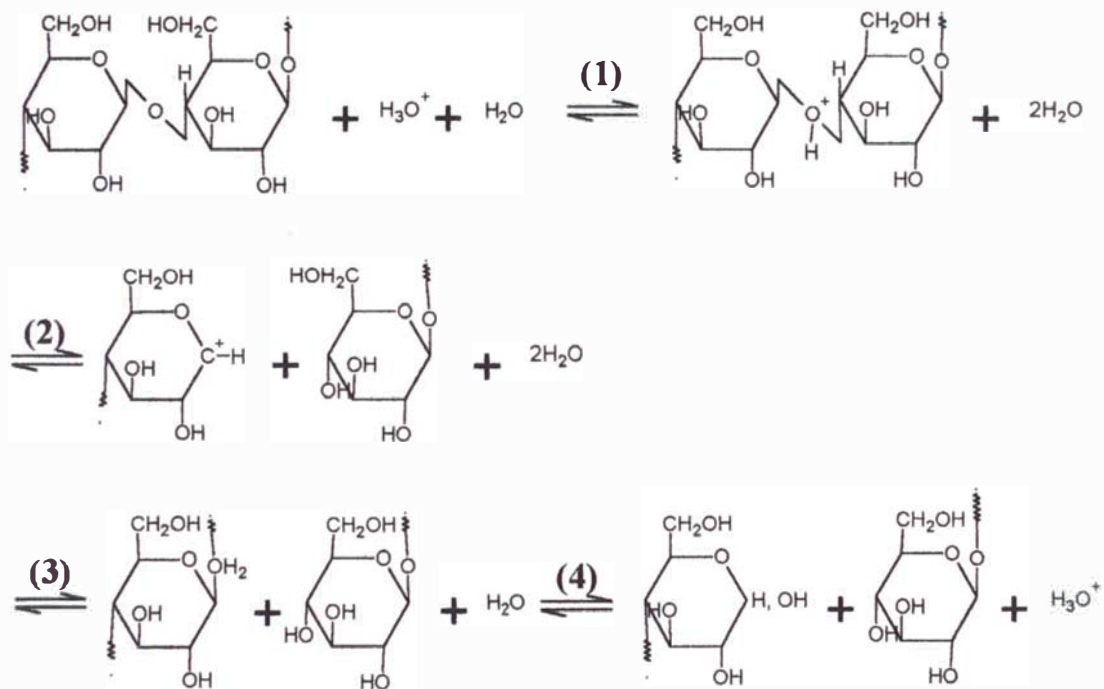


Fig.1.4: Degradación de la celulosa por ácidos

### 4. Oxidación de la celulosa

La celulosa es sensible al ataque de agentes oxidantes en medio ácido, neutro o alcalino, formándose las llamadas oxicelulosas, que traen como consecuencia una pérdida en la tenacidad de la fibra.

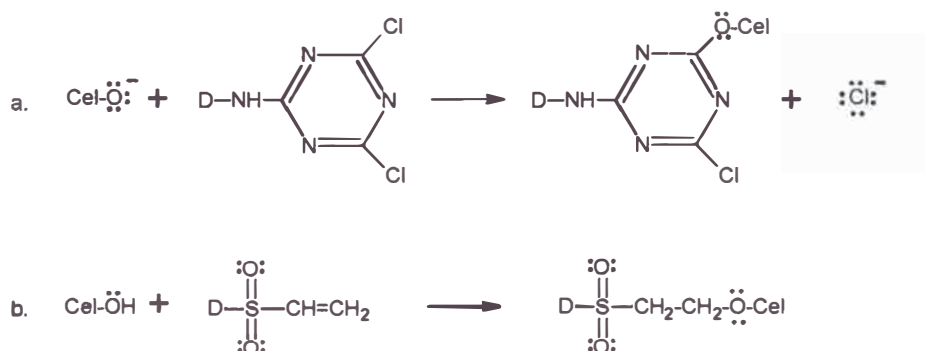
La oxidación al igual que la hidrólisis es una reacción heterogénea y por lo tanto el ataque no es uniforme a través de la fibra. En general, el ataque ocurre más rápidamente en la región amorfa de la celulosa.

## 5. Ataque de la celulosa por álcali

Los álcalis no tienen acción destructiva sobre la celulosa, sólo lo hacen cuando hay oxígeno en el medio del trabajo, en tales condiciones se forman oxixelulosas. Cuando se trabaja con soda cáustica hay una reacción bastante compleja, así a concentraciones bajas de soda cáustica queda adherida a la celulosa y es difícil removerla, sin que exista cambio en su composición interna, sólo hay adherencia a los grupos OH de la región amorfa. Cuando la concentración es del 13 al 19% comienza a haber un rearrreglo en la región cristalina llegando a ser compleja al 19%, esto lo conocemos como el proceso de mercerizado.

## 6. Reacciones de sustitución nucleofílica y adición nucleofílica

La celulosa posee en su estructura átomos de oxígeno con pares electrónicos libres, capaces de tomar parte en reacciones de sustitución nucleofílica y adición nucleofílica. De todos los átomos de oxígeno de la celulosa, los únicos que pueden realizar estas reacciones son los grupos OH, por estar unidos a átomos electropositivos como los hidrógenos.



*Fig.I.5: a. Reacción de sustitución nucleofílica  
b. Reacción de adición nucleofílica*

## **C. TEORÍA DE LA TINTURA<sup>[8,9]</sup>**

Para un mejor entendimiento del fenómeno de teñido, este se divide en dos etapas, una incluye los factores que motivan la fijación del colorante en la fibra, a los que se llama afinidad. La otra etapa comprende el aspecto cinético que determina la velocidad a la que el colorante se desplaza del baño a la superficie de la fibra, su velocidad de difusión dentro de ella y la influencia de temperatura, concentración y pH. Pero ambas etapas están en operación durante todo el proceso de teñido.

### **1. Termodinámica de la tintura**

#### **1.1 Equilibrio de tintura**

El equilibrio de tintura es un equilibrio físico-químico, heterogéneo en el que hay que considerar, al menos, la fibra, el baño de tintura y su superficie de separación. Un análisis más riguroso incluiría también las heterogeneidades del baño de tintura y de las fibras.

El estado de equilibrio de tintura queda definido con un conjunto de propiedades macroscópicas (temperatura, presión, concentración, energía libre, entalpía y entropía) que no varían a medida que transcurre el tiempo.

El estado de equilibrio de tintura ignora el camino seguido para llegar a él, es un equilibrio dinámico. A nivel microscópico de dimensiones moleculares, el colorante se deposita sobre la fibra y aquel revertirá al baño, ambos fenómenos ocurrirán a la misma velocidad. Como caso extremo tenemos la tintura con colorantes reactivos que se unen a la fibra con enlace covalente.

Es necesario determinar cuando se alcanza el equilibrio de tintura a fin de evitar errores como consecuencia de falsas apreciaciones, especialmente cuando se trabaja sobre fibras de naturaleza cristalina o bien en el caso de tener que operar a bajas temperaturas.



Es necesario por tanto efectuar pruebas en todos los procesos de tintura, debido al diferente comportamiento de los colorantes, incluso dentro de los de un mismo grupo.

## 1.2 Afinidad de los colorantes

Químicamente la afinidad es una propiedad intrínseca de la materia en virtud de la cual un cuerpo tiene avidez de reaccionar con otro.

Se considera a la tintura como un sistema cerrado a presión y temperatura constantes, que sólo puede intercambiar calor con los alrededores, y a su vez constituido por dos subsistemas abiertos: baño y fibra, que pueden intercambiar materia, además de calor. Suponemos que el sistema es discontinuo, como se muestra en Fig.I.6.

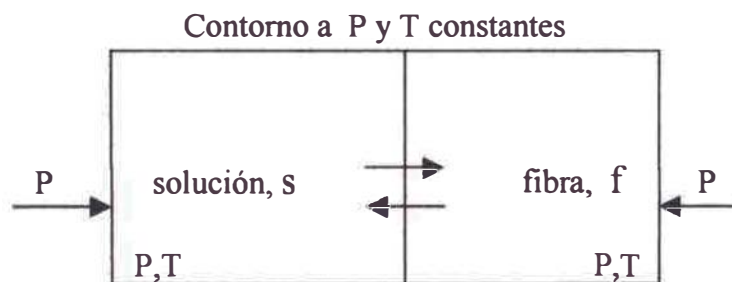


Fig.I.6: Descripción termodinámica de un modelo de tintura simple y discontinuo

Entonces el potencial químico se puede expresar por la ecuación:

$$\mu = \mu^\circ + RT \ln a \quad (I.1)$$

Donde:  $\mu$  : potencial químico absoluto del sistema

$\mu^\circ$  : potencial estándar

$a$  : actividad

$R$  : constante universal de los gases

$T$  : temperatura absoluta (°K)

El potencial químico en los dos subsistemas será:

$$\mu_s = \mu_s^\circ + RT \ln a_s \quad (I.2)$$

$$\mu_f = \mu_f^\circ + RT \ln a_f \quad (I.3)$$

El paso del colorante del subsistema solución al subsistema fibra ocurrirá con una disminución del potencial químico del sistema:

$$\Delta\mu = \mu_f - \mu_s \quad (I.4)$$

$$\Delta\mu = \Delta\mu^\circ + RT \ln (a_f/a_s) \quad (I.5)$$

El  $\Delta\mu$  entre fibra y solución será el incremento del potencial químico instantáneo del proceso, que varía con el tiempo en su camino hacia el equilibrio.

El  $\Delta\mu$  será negativo cuando la tintura tenga lugar y será la medida de la fuerza directora del proceso, esto es de la afinidad instantánea del colorante por la fibra, no es fácil de medir, pero en el equilibrio es nula.

La afinidad estándar se refiere al equilibrio y la afinidad instantánea al proceso cinético.

### 1.3 Potencial químico de los colorantes

#### a. Potencial químico de los colorantes en solución

Los colorantes pueden estar:

- i. No disociados. En este caso el potencial químico es:

$$\mu_s = \mu_s^\circ + RT \ln a_s \quad (I.2)$$

- ii. Disociado o ionizado. Supongamos un colorante  $CNa_z$  que se disocia según:  $CNa_z = C^{z-} + z Na^+$  (I.6)

El potencial químico para un colorante de este tipo será:

$$\mu_s = \mu_s^\circ + RT \ln a_{CNa_z} \quad (I.7)$$

#### b. Potencial químico de los colorantes en la fibra

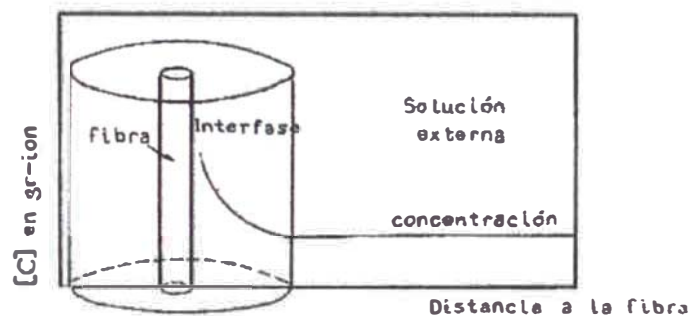
Tres son los casos a considerar:

- i. Solución sólida. Supone que el colorante ionizado se disuelve en la fibra, dando lugar a una solución similar a la aleación de dos metales, el potencial químico viene dado por:

$$\mu_f = \mu_f^\circ + RT \ln a_f \quad (I.3)$$

11. Absorción difusa. Se produce este fenómeno cuando la superficie de la fibra (superficie de absorción) ejerce sobre las moléculas de colorante una atracción que es función inversa de la distancia.

En esta clase de absorción, existe una zona entre las dos fases en la cual las moléculas del colorante están sujetas a dos fuerzas: una de atracción hacia la fibra (afinidad) y otra que tiende a dispersarlas uniformemente por entre la fase líquida, obteniéndose una distribución de la concentración, tal como se indica en la Fig. I.7.



*Fig. I.7 : Distribución del colorante en el baño, en función de la distancia a la fibra.*

111. Absorción unimolecular. En este caso existen en la fibra lugares específicos y determinados capaces de atraer y retener a las moléculas del colorante, de forma tal que un lugar ocupado por una molécula no puede ser ocupado posteriormente por otra, obteniéndose así una capa molecular sobre la superficie de la fibra, que en este caso no se limitará a la superficie exterior, sino también a la superficie micelar en el interior de la fibra.

#### **1.4 Efectos eléctricos en la tintura**

En los procesos de tintura la existencia de una superficie de separación entre fases, es consecuencia de la absorción del colorante por la fibra ya que el

movimiento de la fase soluble, hacia la fibra dará lugar a dicho potencial electroquímico. Parece ser admitido hoy, que solamente el ion colorante es absorbido por la fibra y que el catión, para el caso de un colorante  $\text{Na}_2\text{C}$  no lo es en su totalidad, de forma que ésta desigual absorción de iones produce una carga eléctrica en las superficies de la fibra, con respecto a la solución que obliga a repeler de su superficie a los iones de igual carga y atraer los de carga opuesta. Estas fuerzas de atracción o repulsión decrecen conforme aumenta la distancia a la superficie de la fibra.

### 1.5 Calor de tintura

El conocimiento del calor de reacción de la tintura, denominado calor de tintura, puede considerarse como una medida de la fuerza de unión de los colorantes con la fibra.

$$\Delta H^\circ = \text{Energía de enlaces rotos} - \text{Energía de enlaces creados} \quad (\text{I.8})$$

Si la energía de enlaces es el calor que hay que suministrar para romper determinado enlace, el balance energético del número de enlaces que entran en juego por mol de colorante será el calor de tintura.

Entre los enlaces que se rompen y que absorben calor podríamos citar disociación y disgregación de colorantes, rotura de enlaces de solvatación, rotura de puentes de hidrógeno en el interior de las fibras y en su defecto rotura de enlaces de Van der Waals, etc. Y como enlaces que se crean y que ceden calor estarían los propios colorante-fibra, algunos de la misma naturaleza que los anteriores, que dependen del substrato a teñir y del mismo colorante.

La tintura será tanto más estable cuanto mayor sea el término de energía de enlaces rotos, se obtendría un calor de tintura negativo, que es lo que se suele encontrar en la práctica.

## 1.6 Entropía de tintura

La entropía será igual a la diferencia de entropía entre los productos de reacción (colorante en fibra) y los reactivos (colorantes en baño) en el estado de equilibrio:

$$\Delta S^\circ = S_{\text{productos}} - S_{\text{reactantes}} \quad (\text{I.9})$$

El cálculo de la entropía de tinturas no se puede realizar directamente porque los sistemas son muy complejos, y por ello es necesario recurrir a la función de Gibbs:

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T \Delta S^\circ \quad (\text{I.10})$$

Los valores de entropía de tintura suelen ser negativos, lo que indica que el grado de probabilidad del sistema (desorden) es mayor en el baño que en la fibra.

La entropía podría ser una medida del orden y de la orientación en la fibra, comparada con la solución.

## 2. Cinética de la tintura

### 2.1 Difusión

En términos generales se dice que la difusión es un proceso de transporte al azar, podemos asegurar que el mecanismo de transporte de un colorante en un proceso de tintura tiene lugar a través de la difusión.

### 2.2 Velocidad de transporte de colorante

El fenómeno de la difusión puede ocurrir tanto en la solución como en la fibra, y asimismo en la superficie de separación de ambas, con la subsecuente discontinuidad en la concentración de colorante.

Cuando el colorante se deposita en la superficie de la fibra o en los macroporos de la misma, se habla de adsorción y cuando se introduce en el interior del substrato al proceso global se le llama absorción.

Definamos las diferentes formas de expresar la velocidad de transporte, y que pueden ser flujo, velocidad de difusión y la velocidad de absorción. Esta última coincide con velocidad de tintura.

El flujo J, es igual a la cantidad de colorante "n" por unidad de área "A" y por unidad de tiempo "t" que cruza una superficie.

$$J = dn / A dt \quad (I.11)$$

La velocidad de difusión se refiere a la velocidad con que el colorante se acumula en el interior de la fibra. Es una velocidad local que depende de la distancia y se expresa en términos de concentración local "C" (g/l ó moles/l).

$$dC/dt \quad (I.12)$$

La velocidad de absorción que coincide con la velocidad de tintura, viene a ser la velocidad global de desaparición del colorante del baño o bien la velocidad de aparición del mismo en la fibra. El término más usual es el último y se expresa en función de la cantidad de colorante por unidad de peso de la fibra "M<sub>t</sub>"

$$dM_t / dt \quad (I.13)$$

En todo proceso de tintura se considera cuatro etapas:

- 1<sup>ra</sup>. Difusión del colorante en baño de tintura hacia la superficie de la fibra.
- 2<sup>da</sup>. Adsorción del colorante en la superficie de la fibra.
- 3<sup>ra</sup>. Difusión del colorante en el interior de la fibra.
- 4<sup>ta</sup>. Fijación del colorante en la fibra.

La velocidad de tintura estará influenciada por las tres primeras etapas parciales, y durante un mismo tiempo existe simultaneidad en las tres, la velocidad de tintura vendrá determinada por aquella que tenga el valor más pequeño.

La velocidad de adsorción, se puede considerar relativamente grande en comparación con la difusión hacia el interior de la fibra siendo esta última la que más influencia tiene en el valor de la velocidad de tintura.

Existen factores que intervienen de forma notoria acelerando o retardando la difusión de un colorante pudiendo citarse entre ellos, el estado de agregación del

colorante, el tamaño de los poros de la parte amorfa de la fibra, su estructura cristalina y las fuerzas de repulsión eléctrica.

La difusión de los colorantes, tiene una manifestación externa en la tintura, conocida con el nombre de igualación de tintura.

La velocidad de difusión, proporciona una idea sobre la velocidad total de tintura, cómo actúa sobre la igualación a veces obligará a tener que modificar un procedimiento de trabajo o bien efectuar una selección de colorantes de acuerdo con esta propiedad.

### 2.3 Coeficiente de difusión

En las primeras etapas de la tintura el colorante se distribuye de una forma anular a través de la fibra, correspondiendo una elevada concentración en la superficie de la misma y baja o nula en el interior. La existencia de un gradiente de concentración es la causa de que el colorante se dirija hacia el centro del sustrato. Las leyes que regulan estos procesos se conocen con el nombre de su autor, Leyes de Fick.

La primera ley, propone que el flujo de moléculas de colorante es directamente proporcional al gradiente de concentración, así para un flujo unidireccional tenemos:

$$J_x = - D \delta C / \delta x \quad (I.14)$$

En la que " $J_x$ " es el flujo en el eje x, " $\delta C / \delta x$ " es el gradiente de concentración y " $D$ " una constante denominada coeficiente de difusión. El signo negativo es consecuencia del sentido del gradiente de concentración que es opuesto al del flujo.

La primera ley no da una idea de la variación de la concentración del colorante en cualquier punto del interior de los materiales textiles en función del tiempo. Esto se resuelve con la segunda ley:

$$\delta C / \delta t = D ( \delta^2 C / \delta x^2 ) \quad (I.15)$$

## 2.4 Factores que influyen en el coeficiente de difusión

En los sistemas reales existe una serie de factores que de alguna manera inciden en el valor de los coeficientes de difusión. Estos parámetros están interrelacionados e influyen simultáneamente, haciendo extremadamente difícil el estudio de efectos aislados. De ahí que los coeficientes de difusión que normalmente se miden deban de considerarse como "aparentes"  $D_A$ .

A continuación trataremos por separado alguno de estos aspectos.

### a. Influencia de la concentración

Generalmente el coeficiente de difusión "D" aumenta con la concentración de colorante en el sustrato. Por lo tanto, en una tintura por agotamiento, en la que la concentración del colorante en su interior puede variar desde cero hasta  $C_\infty$ , el coeficiente de difusión también variará entre  $D_0$  y  $D_\infty$ .

### b. Influencia del peso molecular

En la difusión del colorante en fibras textiles, el coeficiente de difusión disminuye cuando aumenta el peso molecular, pero no casi siempre se cumple, existiendo algunos casos en los que se aprecia todo lo contrario.

### c. Influencia de la afinidad

Experimentalmente se observa que los colorantes de elevada afinidad difunden más lentamente que los colorantes de baja afinidad, a no ser que se superpongan otros efectos.

Teóricamente la velocidad local de difusión depende de la resistencia que ofrece el medio al paso del colorante y del gradiente de potencial químico.

$$\text{Velocidad local de transporte} = \frac{1}{\text{Resistencia local de transporte}} \times \text{Gradiente local de potencial químico} \quad (\text{I.16})$$



Cuando se realiza una tintura con colorantes de afinidad elevada, los cortes transversales practicados al principio del proceso muestran tinturas anulares de concentración superficial elevada y poco penetradas, mientras que con colorantes de poca afinidad las tinturas son más penetradas de menor concentración superficial, como se muestra en la Fig. I.8.



*Fig. I.8: Secciones transversales de fibra mostrando tinturas anulares; a. Poco penetrada, b. Muy penetrada*

Según esto, la resistencia podría identificarse con la dificultad que tienen las moléculas de elevada afinidad para saltar a otros lugares ya que son fuertemente retenidas por la fibra y una gran proporción de ellas inmovilizadas, con lo que las otras moléculas procedentes del baño de tintura tienen que atravesar la corona circular teñida para situarse en los lugares disponibles sin colorante. Este bloqueo de sitios disponibles ocupados por el colorante y el aumento de la distancia de la superficie a los sitios libres podría traducirse en un aumento de la resistencia que ofrece el medio, al paso del colorante.

Estos fenómenos no ocurren de forma tan acusada en tinturas con colorantes de poca afinidad y en este caso sus moléculas se mueven más libremente.

Si consideramos a la fibra como un material poroso, cuyos poros se llenan de la solución de tintura y el colorante difunde a través de ellos hasta fijarse (inmovilizarse) en la fibra, la influencia de la afinidad puede ser discutida de otro modo. Este modelo, denominado modelo del poro, se basa en lo siguiente:

1. La migración de las moléculas de los colorantes sólo ocurre en los microcanales de la fibra.
11. Existe un equilibrio dinámico y reversible entre las moléculas libres de los poros y las fijadas en la superficie de los mismos.
111. Las moléculas de los colorantes, una vez absorbidas por las paredes del poro, se inmovilizan o difunden hacia el interior de la masa macromolecular a ritmo más lento.

El citado modelo presupone un proceso de difusión simultáneo.

#### d. Influencia del electrolito

Se ha observado que el coeficiente de difusión de ciertos colorantes directos, es función de la concentración de sal existente en el baño de tintura, siempre que la del colorante permanezca constante. En la Fig. I.9, el coeficiente de difusión primeramente aumenta con la concentración de sal hasta llegar al máximo, disminuyendo después al seguir aumentando la concentración del electrolito.

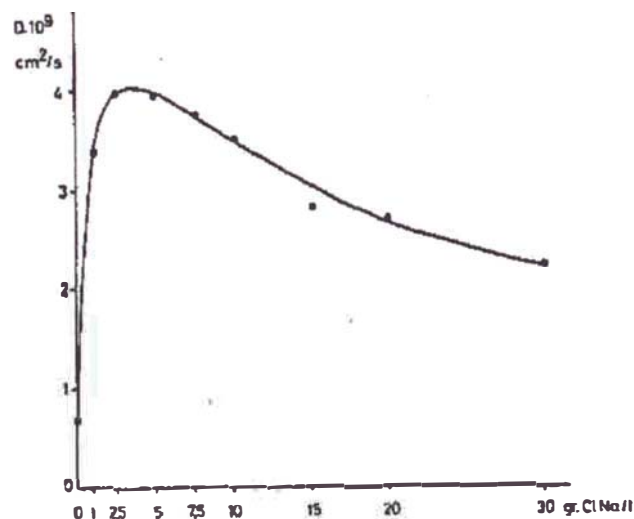


Fig.I.9: Influencia del NaCl en el coeficiente de difusión. Rojo Durasol 2B a 75°C

Este comportamiento puede explicarse por las siguientes razones:

1. Al aumentar la concentración del NaCl es evidente que disminuya la repulsión entre el colorante y la fibra, aumentando en consecuencia el coeficiente de difusión, al no ser retenido el colorante al pasar por los poros de la fibra.
- ii. Se sabe que el coeficiente de difusión aparente  $D_A$  viene dado por:

$$D_A = (\delta C_s / \delta C_f) D_s \quad (I.17)$$

Por tanto, al aumentar la afinidad de los colorantes como resultado de la adición de más cantidad de NaCl, disminuye  $(\delta C_s / \delta C_f)$  y en consecuencia también disminuye  $D_A$ .

- iii. Cuanto más electrolito añadamos más tendencia tiene el colorante a formar agregados (véase Glosario), tanto en el baño como en los canales intermicelares, que frenará el paso del colorante disminuyendo  $D_A$ .

#### e. **Influencia de la constitución del colorante**

El estudio de la influencia de la constitución química en el coeficiente de difusión se hace extremadamente difícil, ya que son muchas las variables que se modifican cuando la constitución química de los colorantes cambia.

Se ha podido establecer, de una forma general, una división de los colorantes en dos clases distintas, según el número de residuos sulfónicos que presenten. Se ha comprobado que los colorantes tetrasulfonados son menos sustantivos (véase Glosario) y por lo tanto difunden más rápidamente en la celulosa que los disulfonados.

Si la constitución química del colorante permite la formación de agregados de colorante en la solución,  $D_A$  disminuye, porque la fibra sólo admite tamaños de agregados inferiores al tamaño de los poros y cuando éstos son muy pequeños solamente entran las moléculas de colorante de bajo peso molecular.

**f. Efecto de la temperatura**

Los coeficientes de difusión aumentan cuando aumenta la temperatura. La causa fundamental es el incremento de la energía cinética de los colorantes ya que estos se mueven con mayor rapidez, invirtiendo menos tiempo para trasladarse hacia el interior de la fibra. Por otra parte las macromoléculas del sustrato también adquieren energía, con lo que los segmentos macromoleculares habrán incrementado los movimientos de vibración y rotación que le sean permitidos, siendo más fácil la migración del colorante a otros sitios.

**g. Influencia del sustrato**

Se ha observado que los colorantes difunden más rápidamente cuanto mayor es el hinchamiento del material.

También se ha observado que cuando la cristalinidad aumenta, la fibra se hace menos accesible y en consecuencia disminuye la absorción de los colorantes.

**2.5 Migración de colorantes**

Íntimamente ligado con la cinética de todo proceso de tintura, se encuentra la propiedad de los colorantes conocida con el nombre de igualación, y esta puede considerarse en tres etapas:

1<sup>ra</sup>. Etapa inicial, muy corta, que abarca desde el comienzo de la tintura hasta que se pone en contacto toda la materia con el colorante.

2<sup>da</sup>. Etapa de calentamiento.

3<sup>ra</sup>. Etapa de migración, esto es, el colorante de las zonas más teñidas revierte al baño y se deposita en las zonas menos teñidas.

Los defectos que pueden aparecer en la etapa inicial y de calentamiento que inevitablemente en mayor o menor grado ocurren, se corrigen en la última etapa

de tintura en la que la migración de los colorantes juega un papel decisivo (Anexo I.2)<sup>[10]</sup>.

## 2.6 Compatibilidad de colorantes

Dos o más colorantes son compatibles cuando:

1. La relación de sus velocidades de absorción es constante o bien cuando la relación de la cantidad de colorante absorbido  $C_{11}/C_{12}$  es constante.
11. Sus propiedades de solidez son iguales.

Dicho de otra manera, el matiz del color del material, debe conservarse durante la tintura propiamente dicha, y durante el uso de la prenda a que vaya destinado. La Fig. I.10 nos ilustra estos conceptos.

En los colorantes compatibles, si la tintura se interrumpe a cualquier tiempo de la cinética, siempre se obtendrán los mismos matices, porque existirá sobre el sustrato la misma proporción de colorante. En cambio, si se interrumpe la tintura de colorantes no compatibles, los matices no serán iguales. En efecto, si sacamos la materia a tiempos grandes habrá sobre ella más cantidad del colorante A que el de B. Si se interrumpe a tiempos cortos puede ocurrir todo lo contrario, siendo muy difícil la igualación del matiz de las tinturas.

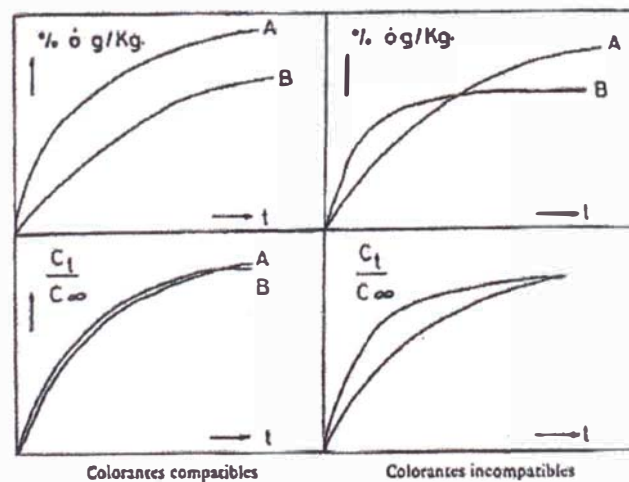


Fig. I.10: Compatibilidad e incompatibilidad de colorantes

## **D. TIPOS DE PROCESOS DE TINTURA** <sup>[8,15]</sup>

En forma general, se puede indicar que un colorante se fija en un material textil por alguno de los dos sistemas que se citan a continuación, o como consecuencia de una combinación de ambos.

### **1. Tintura por agotamiento**

El procedimiento de tintura se realiza mediante la transferencia del colorante desde la solución hacia la fibra por efecto de la afinidad.

En este tipo de procesos, el colorante que se encuentra disuelto en el seno de una solución, se fija en el material textil como consecuencia de una transferencia desde la solución hacia la fibra, que se produce por la intervención de las fuerzas de afinidad entre el colorante y el material textil. Estos sistemas engloban todos aquellos procedimientos que están caracterizados por producirse una disminución de la concentración del colorante en la solución (agotamiento) y un aumento de la concentración del colorante en la fibra.

Es característico de estos sistemas que la relación ponderal entre el peso de la fibra y el de la solución en la cual se efectúa la tintura, conocida como relación de baño (R/B), es generalmente elevada y oscila entre 1/6 y 1/60.

### **2. Tintura por impregnación**

El procedimiento de tintura se realiza mediante la transferencia conjunta del colorante y solución hacia la fibra por efecto de una impregnación.

Este tipo de procesos se caracterizan porque el material textil se impregna en una solución que contiene el colorante, el cual puede o no presentar sustantividad por la fibra en el momento de la impregnación y, posteriormente, se une a la fibra como consecuencia de unos tratamientos que, en general, se denominan de fijación.

Se caracterizan estos sistemas porque la cantidad de solución que se requiere para efectuar la tintura, en relación al peso de materia, es bastante inferior a la

indicada para los sistemas que operan por agotamiento; generalmente las relaciones de baño empleadas suelen ser del orden de 1,2 hasta 0,6 litros de solución por Kg de material textil.

### **3. Maquinaria para tintura por agotamiento**

Dentro de los procedimientos de tintura por agotamiento, se diferencian los distintos tipos de máquinas según el tipo de movimiento existente entre el material textil y la solución de tintura. Bajo este punto de vista, se establece la siguiente clasificación:

#### **a. Máquinas con el material textil estático y la solución de tintura en movimiento (Anexo I.3, A)**

Este tipo de maquinaria suele emplearse siempre que la disposición del material textil pueda resultar perjudicada si tuviese una agitación muy elevada en la solución de tintura; así, en la fibra y en gran parte del hilado, se efectúa la tintura con el material textil sin movimiento y haciendo circular la solución a través del material; en estos casos, el material textil recibe el nombre de "empaquetado" y la solución de tintura circula a través de dicho empaquetado.

#### **b. Máquinas con el material textil en movimiento y la solución de tintura estática (Anexo I.3, B)**

Este tipo de máquinas se emplea generalmente cuando el material textil no sufre distorsiones en el movimiento a través de la solución de tintura, ya que resulta más económico, por razones de consumo de energía, el mover el material textil que la solución. Como ejemplo de este tipo de máquinas podemos citar el torniquete, el Jigger, etc.

1. Tintura en torniquete: El principio de este tipo de máquina es un sistema de agotamiento del colorante en un material textil que alternativamente se encuentra en reposo y movimiento puesta en contacto con una

solución de tintura que en la mayoría de los casos, sólo tiene la agitación que le produce el movimiento del tejido en su seno.

11. Tintura en Jigger: Se denomina Jigger a la máquina empleada para efectuar tratamientos en húmedo sobre artículos al ancho, cuando se opera por lotes pequeños.

**c. Máquinas en las cuales tanto el material textil como la solución de tintura se encuentra en movimiento (Anexo I.3, C)**

Cuando por alguno de los dos sistemas anteriores es difícil o lento el conseguir la distribución uniforme del colorante sobre el material textil, se efectúa una combinación de ambos sistemas para lograr este cometido; como es natural, es un sistema que desde el punto de vista constructivo resulta más caro que cualquiera de los dos anteriores. Como ejemplo de estos tipos de máquinas tenemos los torniquetes de alta temperatura equipados con bomba de circulación, las denominadas máquinas Jet, Over Flow, etc.

1. Tintura en Jet: Bajo esta denominación se conoce una máquina empleada en los tratamientos en húmedo de los tejidos en cuerda, muy utilizada en tintura desde 1967, que tiñe mediante el principio de agotamiento y con circulación simultánea en equicorriente, de la solución de tintura y el tejido. En general, el tejido es arrastrado por la solución de tintura que impulsada por una bomba a través de una tobera crea un flujo del líquido que impregna y arrastra al tejido en su movimiento, produciendo el desplazamiento de éste en la máquina.



## **E. CARACTERÍSTICAS DE LAS TINTURAS<sup>[9,11]</sup>**

### **1. Solidez del color**

Se entiende por solidez de una tintura o estampado, a la resistencia que presenta al variar o perder su color al ser sometida a la acción de un determinado agente, pudiendo dar lugar a la degradación del color y/o a la descarga sobre otros textiles.

### **2. Factores que afectan la solidez**

#### **a. El colorante.**

La estructura química de un colorante es fundamental para las propiedades de solidez. La estructura física del colorante o sea su estado de agregación, también tiene influencia.

#### **b. La fibra.**

Hay familias completas de colorantes que tienen solidez mejor sobre una determinada fibra que sobre otra. Pero no solamente influye la diferencia de fibras, sino que dentro de una misma clase de fibras observamos diferencias de solidez, según los tratamientos a que ha sido sometido y que pueden influir sobre el estado de la fibra.

#### **c. El proceso de tintura.**

Un aspecto muy importante en relación con el proceso, se refiere a las operaciones posteriores a la tintura, sobre todo en aquellas cuyo objetivo es la mejora de las solidez. Como es el caso en los colorantes reactivos en los que no se desarrollan sus verdaderas solidez hasta que no se ha eliminado de la fibra el colorante hidrolizado durante la tintura.

En otros casos una operación intermedia, tal como el secado, puede mejorar las solidez. Otras operaciones posteriores también influyen en las solidez mejorándolas o disminuyéndolas.

**d. La intensidad de la tintura.**

Para una misma cantidad absoluta de colorante desaparecido de la fibra la proporción es mayor cuanto menor sea la intensidad inicial de la tintura.

Por ello, no se puede señalar un valor absoluto de solidez de un colorante a un determinado agente al ser ésta función de la concentración del mismo.

Por lo que al objeto de normalizar este aspecto independientemente del poder colorístico y la concentración de cada colorante se ha definido la Intensidad Standard (I.S. 1/1) en toda la gama de colores del espectro, así como una serie de intensidades de color superiores o inferiores, en las cuales se puede determinar la solidez de un determinado colorante frente a un agente concreto.

**3. Clases de solidez**

Existen varias clases de solidez, y estas dependen del uso al que se le va dar al material textil, como pueden ser: solidez a la luz, al lavado, al agua y al agua de mar, al frote, al planchado, etc. Pero los que más se realizan son:

**a. Solidez a la luz (Anexo I.4, A)**

Determina la estabilidad del color de los materiales textiles a la luz.

**b. Solidez al lavado (Anexo I.4, B)**

Evalúa la estabilidad del color a los lavados de aquellos textiles que deben resistir lavados frecuentes.

**c. Solidez al agua (Anexo I.4, C)**

Determina la resistencia al agua de todo tipo de material textil coloreado.

**d. Solidez al frote (Anexo I.4, D)**

Determina la cantidad de color que se transfiere desde la superficie de materiales textiles coloreados a otras superficies por medio de frotación.

## **F. COLOR DE LAS ESPECIES QUÍMICAS**

### **1. Teoría del color<sup>[8,12]</sup>**

El ojo humano es capaz de reconocer tres propiedades mensurables del color. La primera propiedad es el tono. Este es el nombre que se da a cada uno de los principales colores del espectro, por ejemplo el rojo, verde o azul. La segunda propiedad reconocible es el valor, que se refiere a lo oscuro o claro de un color cuando se compara con la escala de grises. La tercera propiedad del color es la intensidad que se refiere a lo brillante o apagado de un color, resultando más intenso (brillante) cuanto más cercano sea al color primario.

En el fenómeno cromático se superponen componentes físico, fisiológicos y psíquicos, sin embargo, podemos considerar al color como energía electromagnética comprendida dentro del espectro visible, es decir entre 400 y 700 nm, y que al incidir sobre la materia, puede ser absorbida parcialmente produciendo una alteración tanto en la luz incidente como en la estructura material del cuerpo sobre el que se incide.

La percepción del color se produce como consecuencia de una serie de procesos físicos. El método más común de generación de color es la absorción de la luz de ciertas longitudes de onda. La característica más importante de absorción de energía electromagnética es su selectividad. El hecho de que una sustancia absorba determinadas radiaciones y otras no, sugiere que la absorción esta acondicionada por cierta disposición de la misma. Hoy sabemos que la existencia de estructuras electrónicas que originan coloraciones particulares están asociadas a la conformación energética de los enlaces electrónicos.

### **2. Color en las especies orgánicas<sup>[12]</sup>**

En general, todas las moléculas orgánicas absorben radiación electromagnética en mayor o menor proporción, pero la mayoría lo hacen en las regiones infrarrojas y ultravioleta del espectro, por lo que aparecen incoloras; pero si una molécula orgánica posee electrones móviles o poco localizados

(electrones  $\pi$  generalmente) tiene muchas posibilidades de que éstos sean excitados por fotones de baja energía proporcionada del espectro visible, con la consiguiente aparición del color, es decir el desplazamiento del máximo de absorción hacia una longitud de onda superior (efecto batocrómico). De aquí que el color en las moléculas orgánicas este asociado, frecuentemente, a la existencia de centros no saturados (dobles o triples enlaces) o a la posibilidad de resonancia entre dos o más configuraciones moleculares, es decir a agrupaciones de alta labilidad electrónica.

La primera teoría general que relaciona el color a una estructura molecular fue hecha por Witten en 1876, quien reconoció que todos los colorantes hasta entonces conocidos, contenían anillos arilo presentando grupos insaturados capaces de experimentar transiciones  $\pi \rightarrow \pi^*$  o  $\eta \rightarrow \pi^*$ , a los cuales denominó "cromóforos" (portador de color). La denominación prosperó y actualmente se considera cromóforo todo sistema orgánico con enlaces múltiples.

La presencia de cromóforos conjugados intensifica el color (efecto hipercrómico), siendo este efecto mayor cuando la conjugación es "en cruz" que cuando es "lineal".

El mismo Witten observó que ciertos radicales de tipo salinógeno son capaces de reforzar la acción de un cromóforo, aunque de por si no puedan comunicar color alguno a las moléculas incoloras; ya que ejercen por lo general un efecto batocrómico o hipsocrómico (desplazamiento hacia longitudes de onda menores) cuando se encuentran unidos directamente a un cromóforo. A estos radicales los llamó "auxocromos" (exaltador del color)

El efecto de los auxocromos se atribuye a un aumento de las posibilidades de resonancia en las moléculas donde se verifica la sustitución.

### 3. Color y estructura de la molécula orgánica<sup>[12,13]</sup>

La idea fundamental de la *Teoría Orbital Molecular* es que los electrones de valencia que participan en el enlace de los átomos para construir una molécula se extienden al conjunto de los átomos de la misma, por lo que reciben el nombre de electrones deslocalizados. En realidad un orbital molecular está formado por la superposición, de un orbital atómico con los átomos contiguos.

Con dos orbitales atómicos, mediante combinación lineal se obtienen dos orbitales moleculares, uno enlazante y otro antienlazante. De los orbitales correspondientes a  $n$  átomos resultarían  $n/2$  orbitales enlazantes y  $n/2$  orbitales moleculares antienlazantes. La característica principal de estos orbitales moleculares en relación con el color, es que a medida que aumentan su número disminuye la diferencia de energía entre ellos, por lo que son posibles transiciones electrónicas por excitación de las frecuencias del espectro visible y en consecuencia la aparición del color. En las moléculas orgánicas saturadas sólo pueden haber transiciones  $\sigma \rightarrow \sigma^*$  que requieren una gran energía por lo que absorben en el ultravioleta lejano.

Los electrones no enlazantes suelen encontrarse deslocalizados o móviles, por lo que las transiciones  $n \rightarrow \pi^*$  requieren poca energía para su excitación bastando la escasa energía de la región visible del espectro.

Las energías de las transiciones  $\pi \rightarrow \pi^*$  adquieren valores intermedios a las dos citadas anteriormente y para ellos la absorción se produce en el visible o en el ultravioleta cercano.

Cuando un compuesto orgánico tiene varios dobles enlaces con un enlace sencillo entre ellos (molécula conjugada) se origina un desplazamiento batocrómico en el máximo de absorción de las transiciones  $\pi \rightarrow \pi^*$ .

Por otro lado, la *Teoría del Enlace de Valencia* explica los fenómenos de resonancia responsables en muchas ocasiones de la aparición del color ya que se aumentan las posibilidades de absorción de las longitudes de onda correspondientes al espectro visible debido fundamentalmente, a los electrones  $\pi$

de los dobles enlaces. En moléculas orgánicas con enlaces múltiples, los electrones  $\pi$  no están localizados cerca de los átomos de carbono, sino que son comunes a toda la molécula; se puede mover u oscilar cerca de uno de los átomos a los que comunica una carga negativa, quedando cargado positivamente el átomo vecino y formándose así, un dipolo. Cuando estos desplazamientos de electrones se producen a lo largo de una cadena con enlaces conjugados resulta una polarización de la molécula adoptando dos o más formas iónicas.

A medida que aumenta la conjugación de la molécula y esta es más larga, decrece la energía necesaria para una transición. Por otra parte, todos los átomos que por su polarización faciliten los desplazamientos de los electrones y conduzcan más fácilmente a formas iónicas resonantes, facilitarán la absorción luminosa para la molécula y, por lo tanto, la aparición del color. El nitrógeno, el oxígeno y el azufre son los átomos que más frecuentemente facilitan la formación de especies en resonancia. La Tabla I.2 muestran algunas absorbancias típicas para cromóforos aislados.

*Tabla I.2: Absorbancias típicas para cromóforos aislados*

| Cromóforo    | Transición                  | $\lambda_{\text{máx}}(\text{nm})$ |
|--------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| Alquenos     | $\pi \rightarrow \pi^*$     | 175                               |
| Cetona       | $\pi \rightarrow \pi^*$     | 180                               |
| Amina        | $\eta \rightarrow \sigma^*$ | 190                               |
| Acido, éster | $\eta \rightarrow \pi^*$    | 205                               |
| Tiol         | $\eta \rightarrow \sigma^*$ | 210                               |
| Azo          | $\eta \rightarrow \pi^*$    | 340                               |

#### 4. Teoría de los colorantes<sup>[14]</sup>

Un colorante es una sustancia que penetra y permanece coloreando uniformemente una fibra textil. Permanencia, significa que el colorante conservará el mismo tono y concentración a través de la vida de la tela a la cual ha sido aplicado. Cada colorante deberá ser seleccionado para llenar los requisitos de la calidad exigidos en función de su uso final, para el cual dicha tela ha sido diseñada, porque cada tela tiene un uso definido.

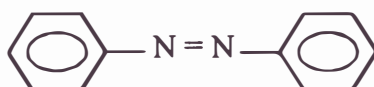
Desde el punto de vista puramente químico, un colorante es una combinación de estructuras no saturadas conteniendo grupos de cromóforos y auxocromos.

Los cromóforos imparten color a la molécula y los auxocromos intensifican el color y mejoran la afinidad del colorante por la fibra. Algunos de los más comunes cromóforos y auxocromos son listados en la siguiente Tabla I.3.

Tabla I.3: Cromóforos y auxocromos

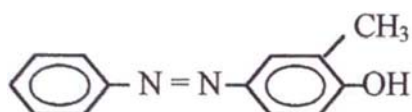
| Cromóforos        | Auxocromos                          |
|-------------------|-------------------------------------|
| - N= N -          | - N <sub>2</sub> H                  |
| - NO              | - NHCH <sub>3</sub>                 |
| - NO <sub>2</sub> | - SO <sub>3</sub> H                 |
| >C=               | - OH                                |
| >C = O            | - COOH                              |
|                   | = N (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> |

La combinación de cromóforos y la estructura no saturada es llamada un cromógeno.



En este ejemplo, dos anillos bencénicos están unidos por un grupo cromóforo N=N, grupo *azo*, de un color amarillo, pero faltándole auxocromos, tiene un valor tintoreo bajo y poca afinidad o quizás ninguna por la fibra.

Por medio de la adición de auxocromos se puede obtener un colorante comercial.



Este colorante tiene afinidad por la fibra, el color que se obtiene es más intenso que en el cromógeno y además existe un efecto batocrómico en su tono (el pico de absorción se observará, en una longitud de onda mayor que su correspondiente cromógeno).

En general se puede decir que la intensidad es directamente proporcional a la resonancia molecular y que las propiedades de resistencia del colorante están relacionadas con la estabilidad física y química de las moléculas y a las fuerzas externas tales como calor, luz, pH, etc. El químico de colorantes industrial "juega" con los cromóforos y auxocromos con el propósito de construir bloques para proporcionar un colorante con la máxima intensidad y resistencias a un mínimo costo.

## 5. Clasificación de colorantes <sup>[8]</sup>

Los colorantes aplicados actualmente en la Industria Textil, pueden ser clasificados usando varios esquemas.

Sin embargo existen dos esquemas más utilizados. El primero está basado en la constitución química de los sistemas cromofóricos, y el segundo en base a los métodos de aplicación.



**a. Por su composición química**

De acuerdo al grupo cromofórico, que forma la base de la estructura química, los colorantes se han clasificado en:

- Colorante azoico
- Colorante nitro y nitroso
- Colorante azo o mono azo
- Colorante dis azo
- Colorante tris azo
- Colorante poly azo
- Colorante difenilmetano o cetona imino
- Colorante triaril metano
- Colorante xanteno
- Colorante acridínico
- Colorante tiazol
- Colorante azínico
- Colorante indamínico
- Colorante oxacínico
- Colorantes triazínicos
- Colorantes al azufre
- Colorantes lactónicos
- Colorantes antraquinónicos
- Colorantes indigoides
- Colorantes ftalocianínicos, etc.

**b. Por su aplicación**

Esta clasificación está basada en el método de aplicación y el tipo de fibra a ser teñida. Es el más usado en la industria del teñido y por los fabricantes de colorantes.

Basándose en este esquema los colorantes pueden ser clasificados en:

Colorantes tina  
Colorantes al azufre  
Colorantes directos  
Colorantes reactivos  
Colorantes dispersos  
Colorantes básicos  
Colorantes ácidos  
Colorantes de complejo metálico  
Colorantes mordentables  
Colorantes azoicos  
Colorantes de oxidación  
Colorantes del tipo Onium  
Colorantes minerales  
Colorante de teñido en rama, etc.

Ninguno de estos dos sistemas es completamente satisfactorio, debido a que existen colorantes incluidos en el mismo sistema cromofórico que difieren ampliamente en su aplicación.

La utilidad de un colorante para un uso particular esta gobernado por: su tamaño molecular, grupos solubilizantes, grupos aceptores de protones, longitud de cadena, grupos alquilo, etc. Hay, según la constitución química, alrededor de 25 diferentes clases de colorantes.

Tal vez el mejor modo de conocer la química de los colorantes reactivos, es investigar la clasificación de los colorantes en función de su aplicación.

## G. TINTURA DE FIBRAS CELULÓSICAS<sup>[8,15]</sup>

Las fibras celulósicas pueden ser teñidas con diferentes grupos de colorantes, que se aplican según sus respectivos sistemas de tintura, caracterizados principalmente por la forma en que el colorante queda fijado sobre la fibra.

Estos sistemas de tintura colorante-fibra tienen en común el hecho de que en alguna etapa de la tintura, el colorante, que debe ser soluble en agua (por lo menos durante dicha etapa) "sube" sobre la fibra por un mecanismo de sustantividad, es decir, debido a la afinidad que posee por ésta.

De acuerdo a esto daremos la siguiente clasificación de los colorantes aplicables sobre fibras celulósicas.

*Tabla I.4: Modo de fijación de los principales colorantes para la celulosa.*

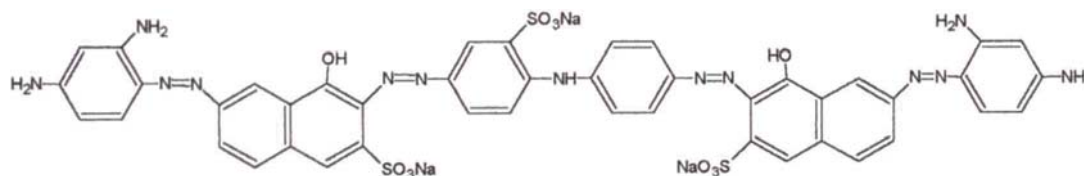
| <b>Grupos de colorantes</b>   | <b>Mecanismo de fijación</b>  |
|---|---|
| Directos (Sustantivos)  | Adsorción<br>(Enlace tipo Van der Waals)  |
| Reactivos   | Reactividad<br>(Enlace covalente)   |
| A la tina<br>(Antraquinoides, indigoides)   | Insolubilización<br>(Oclusión)  |
| Componentes azoicos<br>de copulación (Naftoles)<br><br>Componentes diazo<br>Azoicos (Básicos) | Formación del colorante<br>sobre la fibra<br>con insolubilización<br>(Oclusión) |

### 1. Colorantes básicos

Esta clase de colorantes posee poco o casi ninguna afinidad por las fibras celulósicas. Las fibras celulósicas deben ser primeramente tratadas con una sustancia capaz de formar un complejo insoluble con el colorante, esta sustancia mordiente actúa como un puente entre la fibra y el colorante.

### 2. Colorantes directos

Los colorantes directos para el algodón fueron los primeros colorantes sintéticos manufacturados con afinidad por la fibra celulósica. Los miembros de esta clase de colorantes poseen una gran variedad de tonalidades, propiedades de teñido, solidez y precios. Como regla general a mayor solidez, la molécula del colorante es más compleja y por consiguiente más costosa su manufactura y precio. Cuando la solidez a los procesos húmedos no es un requerimiento primordial los colorantes directos tienen gran acogida en el teñido de fibras celulósicas.

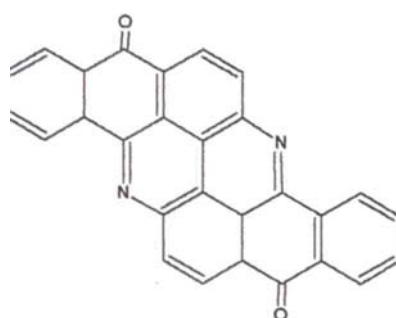


*Fig.1.11: Estructura química del colorante directo Negro Hispamin CA  
CI Negro Directo 22*

### 3. Colorantes tina

Son compuestos insolubles, los cuales son solubilizados en agua, adquiriendo afinidad por la celulosa, en soluciones reductoras. Estos colorantes son derivados del Indigo o la Antraquinona, que poseen una estructura que presentan grupos cetonas. Los grupos cetonas son reducidos a la forma enólica, que en presencia de álcali, forman las sales de sodio de buena solubilidad. La sal

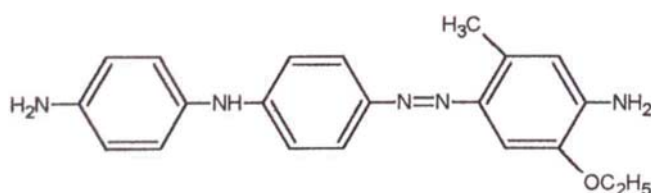
de sodio posee afinidad por la celulosa y una vez en la fibra es oxidada nuevamente a su forma insoluble. En estos colorantes hay una gran cantidad de colorantes tina, pero no todos pueden ser clasificados como sólidos a los cuatro agentes principales: luz, lavado, hervido en soda y hervido en cloro.



*Fig.I.12: Estructura química del colorante tina  
CI Amarillo 1*

#### 4. Colorantes azoicos

Son compuestos del tipo azo, formados dentro de la fibra. El teñido comprende de un tratamiento con la sal de sodio de un compuesto fenólico seguido de una copulación con una sal de diazonio que reacciona con el compuesto fenólico, para formar un pigmento coloreado, insoluble en agua dentro de la fibra. Su mayor defecto radica en la pobre solidez al frote, cuando no son propiamente aplicados. Esta deficiencia se debe a los pigmentos coloreados depositados sobre la superficie de la fibra, que son posteriormente removidos por la acción mecánica del frote.

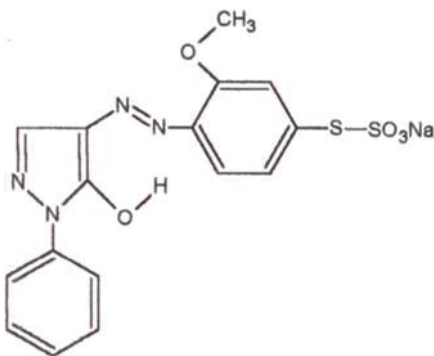


*Fig.I.13: Estructura química del colorante azoico Negro Diazo  
CI Componente Azoico Diazo 45*

## 5. Colorantes al azufre

Este tipo de colorantes son manufacturados principalmente por la fusión del azufre o sulfuro de sodio con compuestos aminos o derivados nitrosos de hidrocarburos cíclicos.

Estos colorantes poseen afinidad por las fibras celulósicas, sólo cuando son aplicados desde un baño alcalino en estado reducido. La reducción puede ser llevada a cabo por el uso de soda cáustica e hidrosulfito de sodio, pero el sulfuro de sodio es el más empleado por su bajo precio y facilidad de empleo.



*Fi.I.14: Estructura química del colorante al azufre de condensación naranja*

## 6. Colorantes reactivos

Los miembros de esta clase de colorantes son solubles y contienen un grupo reactivo capaz de combinarse químicamente con la celulosa bajo ciertas condiciones para su fijación. La combinación química en la celulosa se lleva a cabo a través de un enlace covalente que se forma rápidamente en condiciones alcalinas. De esta manera el cromóforo o parte que les confiere el color queda anclado a la fibra por la reacción del núcleo reactivo con la celulosa. Sus características más relevantes son su solidez y brillo.

## CAPÍTULO 2

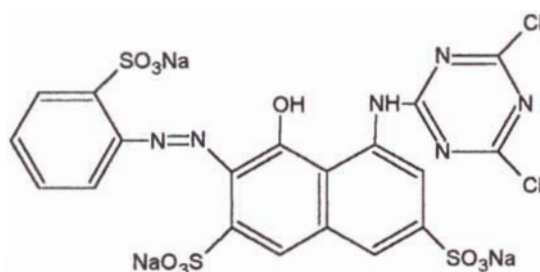
### II. QUÍMICA Y APLICACIÓN DE LOS COLORANTES REACTIVOS EN LA TINTURA POR AGOTAMIENTO DEL ALGODÓN

#### A. COLORANTES REACTIVOS

##### 1. Introducción <sup>[6,7]</sup>

En 1954 Ratee y Stephen descubrieron que los colorantes que contenían un grupo diclorotriazínico eran capaces de formar enlaces covalentes con la celulosa a pH alcalino y a temperaturas moderadas entre 20-100°C, lo cual condujo a un análisis más detallado del comportamiento reactivo del anillo triazínico.

Como consecuencia de los resultados obtenidos aparecieron los primeros colorantes reactivos en el mercado, los Procion MX de ICI (ahora Zeneca) que son derivados de la diclorotriazina.



*Fig.II.1: Estructura química del colorante reactivo diclorotriazínico  
CI Rojo Reactivo 1*

Mientras que en aquel entonces se trataba de algunos pocos productos con un campo de empleo no muy definido, se puede disponer hoy en día de toda una gama de colorantes reactivos, cuyas distintas marcas están destinadas a determinados campos de aplicación más o menos específicos.

Los colorantes reactivos pertenecen a los surtidos de colorantes más importantes y su importancia ha crecido constantemente siendo utilizados en más

del 50% del mercado mundial. Sus características más relevantes son su alto estándar de solidez, brillo, economía y adaptabilidad técnica de aplicación<sup>[16]</sup>

Los colorantes reactivos se emplean según las técnicas de impregnación en procesos semicontinuos o totalmente continuos. Sin embargo el mayor campo de aplicación para los colorantes reactivos es el procedimiento por agotamiento. En concordancia con la importancia del procedimiento de agotamiento los fabricantes de colorantes han elaborado en el transcurso de los años, optimizaciones del proceso<sup>[17]</sup>.

La investigación que realizan los fabricantes de colorantes en las propiedades físicas y químicas tales como el grado de agotamiento, sustentividad, propiedades de migración, rendimientos de fijación, hidrólisis, sensibilidad a parámetros de tintura, y evidentemente, solidez, es cada vez mayor; esto origina la búsqueda de la disponibilidad de una gama de productos específicos para procesos de aplicación particulares.

La elaboración de colorantes reactivos requiere que:

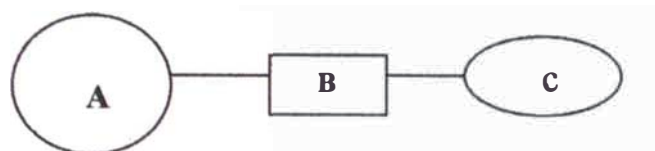
- i. El sistema reactivo sea simple y económico en su fabricación para hacerlo competitivo en el mercado.
- ii. El sistema reactivo no sea tóxico (Anexo II.1).
- iii. El enlace covalente formado entre el colorante y la fibra sea suficientemente estable, puesto que su solidez al lavado depende de ello.
- iv. La reacción entre el colorante y la fibra sea irreversible para favorecer la fijación del colorante a la fibra bajo una gran variedad de condiciones.
- v. El sistema reactivo seleccionado sea suficientemente estable durante el almacenamiento para evitar la hidrólisis del colorante con la humedad ambiental antes de su uso.

## **2. Constitución química y reactividad<sup>[7,15,18]</sup>**

Generalmente se compone de dos elementos fundamentales: una parte cromófora y otra parte reactiva. Estos dos elementos pueden estar ligados



directamente uno a otro, o unidos entre ellos por un eslabón o puente. Esquemáticamente se puede representar de la siguiente manera:



A : parte cromófora  
B : eslabón puente  
C : parte reactiva

*Fig. II.2: Representación esquemática de un colorante reactivo*

El cromóforo determina principalmente el matiz del colorante y es a la vez responsable de otras propiedades del colorante. La parte reactiva es responsable en primer lugar del tipo y velocidad de reacción entre la fibra celulósica y el colorante. Esta es la característica fundamental que ofrecen los colorantes reactivos con respecto a otras gamas de colorantes para fibras celulósicas, en el sentido de que en el resto de las familias de colorantes, es la molécula en su totalidad, la responsable de las diferentes propiedades de tintura.

Los diversos matices de la gama de colorantes reactivos se consiguen con la presencia de diversos grupos de cromóforos.

|             |  |
|-------------|--|
| Amarillos   | : Monoazoicos  |
| Pardos      | : Mono y diazoicos   |
| Anaranjados | : Diazoicos  |
| Rojos       | : Mono y diazoicos   |
| Violetas    | : Monoazoicos premetalizados con cobre                                   |
| Azules      | : Antraquinónicos forman diazoicos.                                      |
| Turquesas   | : Complejos de ftalocianinas con cobre y níquel                          |
| Verdes      | : Combinaciones intramoleculares de amarillo y azul                      |
| Negros      | : Complejos 1:2 de cromo y cobalto de colorantes monoazoicos y diazoicos |

Los colorantes reactivos deben su nombre al hecho de que en presencia de álcali entran en reacción química con la celulosa, uniéndose fuertemente a ésta. Se produce así una unión covalente. Desde el punto de vista de la forma en que reaccionan con la celulosa se pueden clasificar en dos tipos:

**a. Colorantes reactivos con la celulosa: mecanismo de adición nucleofílica**

Estos colorantes poseen como parte reactiva sistemas alifáticos que tienen una propiedad especial. Poseen una llamada doble unión activada,  $-CH=CH_2$  que se produce en presencia de álcali.

Los colorantes más conocidos de esta clase son las:

Sulfatoetilsulfonas (base de los colorantes Remazol)



Cloroetilsulfonas

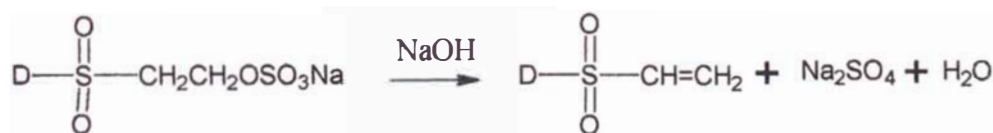


Acriloilamídicos (base de los colorantes Primazin)



donde: D es la parte cromófora.

Si bien el doble enlace no existe en el colorante reactivo inicial éste se forma fácil y rápidamente en medio básico debido a la presencia de los grupos  $SO_2$  ó  $CO$  que son electrón atrayentes.



Colorante sulfatoetilsulfona

Colorante vinilsulfona

D = cromóforo

*Fig.II.3: Formación de la doble unión activada*

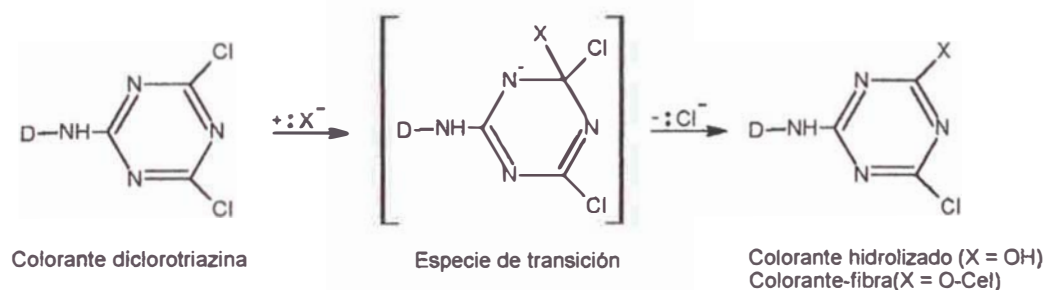


Con los colorantes de adición, el uso de grupos menos electronegativos como lo son el: sulfoamido  $-\text{NH}-\text{SO}_2-$  y amido  $-\text{NHCO}-$  reduce la reactividad del colorante, pero aumenta la estabilidad del enlace entre el colorante y la fibra.

**b. Colorantes reactivos con la celulosa: mecanismo de sustitución nucleofílica**

Pertencen la mayor parte de los colorantes reactivos actualmente en el mercado.

Las estructuras características de estos colorantes, poseen anillos heterocíclicos con hasta tres átomos de nitrógeno y con halógenos como grupos de sustitución que experimentan una reacción de sustitución nucleofílica, como se muestra en el esquema:



*Fig. II.5: Reacción de sustitución nucleofílica de los colorantes reactivos*

Esta reacción es posible debido a la elevada electronegatividad del nitrógeno en el anillo que produce una deficiencia electrónica en el carbono adyacente, el cual es susceptible al ataque por grupos nucleofílicos, como el anión celulosato  $\text{Cel-O}^-$  o el ion hidróxido  $\text{OH}^-$ , produciéndose así la fijación del colorante a la fibra o la hidrólisis del colorante.

El anión celulósico  $\text{Cel-O}^-$  es más nucleófilo que el grupo de sustitución  $X^-$  ( $\text{Cl}^-$  ó  $\text{F}^-$ ) y por eso lo sustituye. El grupo de sustitución  $X^-$  ( $\text{Cl}^-$  ó  $\text{F}^-$ )

reacciona con el excedente de álcali del baño de tintura para formar la sal sódica correspondiente (NaCl ó NaF).

Cuanto más positivo sea el carácter de estos átomos de carbono, tanto más afinidad tendrá por ellos el anión celulósico Cel-O<sup>-</sup>, es decir que aumenta la reactividad del colorante con la fibra.

El carácter electrofílico de estos carbonos dependerá de los siguientes factores de constitución:

1. Del número de átomos de nitrógeno que atraen electrones y de su posición en el anillo heterocíclico.
- ii. Del agregado de sustituyentes apropiados a los átomos de carbono (el eslabón puente puede también ser considerado como sustituyente).
- iii. Del carácter electronegativo del grupo de sustitución.

### 3. Reacciones de hidrólisis de los colorantes reactivos<sup>[15,7]</sup>

Desde el punto de vista de la tintura, la celulosa y el colorante reactivo se encuentran en contacto con el agua, el cual también es capaz de reaccionar con el grupo reactivo del colorante dando lugar al denominado colorante hidrolizado, en el cual el átomo o grupo reaccionante ha sido transformado en OH como se muestra en la Fig.II.6 a. Este colorante hidrolizado ha perdido su capacidad de formar un enlace covalente con la celulosa, siendo sin embargo, absorbido como colorante directo de mayor o menor afinidad, y por ello con solidez al lavado muy inferiores a las del colorante fijado covalentemente.

Una vez formada la unión covalente colorante-fibra existe en el átomo de carbono unido a la celulosa una "electrofilia residual", por lo que sigue existiendo la posibilidad de un ataque nucleofílico por parte de los iones OH<sup>-</sup>, del medio que causa un desprendimiento del color en la fibra y la formación nuevamente de la hidroxitriazina (hidrólisis de la tintura reactiva) como se muestra en la Fig.II.6.b. Se habla con referencia a este hecho de una "estabilidad de unión colorante-fibra".

En medio ácido, la unión covalente colorante-fibra de los colorantes heterocíclicos es capaz de reaccionar con los protones  $H^+$  del medio acuoso, debido al carácter básico del oxígeno celulósico unido al colorante, que posee un par electrónico dispuesto a ceder (hidrólisis ácida), como se muestra en la Fig.II.6.c.

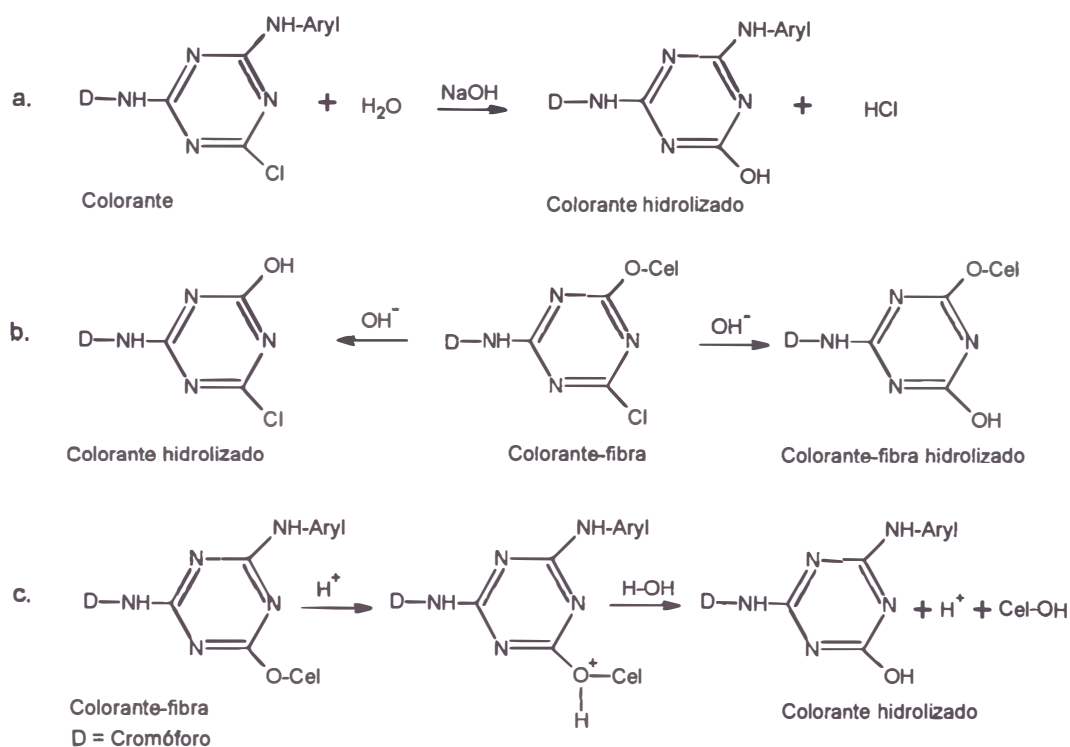


Fig.II.6: Reacciones de hidrólisis de los colorantes reactivos halotriazínicos.

- a. Hidrólisis del colorante
- b. Hidrólisis de la unión colorante-celulosa en medio alcalino
- c. Reacción de hidrólisis de la unión colorante-fibra en medio ácido

Para el caso de los colorantes reactivos que reaccionan mediante un mecanismo de adición (ejemplo las vinilsulfonas) se produce también una reacción de hidrólisis por adición a la doble unión, en competencia con la reacción de fijación, como se muestra en la Fig.II.7, a. La unión covalente

colorante-fibra también se hidroliza en este caso, aunque sólo en medio alcalino, Fig. II.7.b.

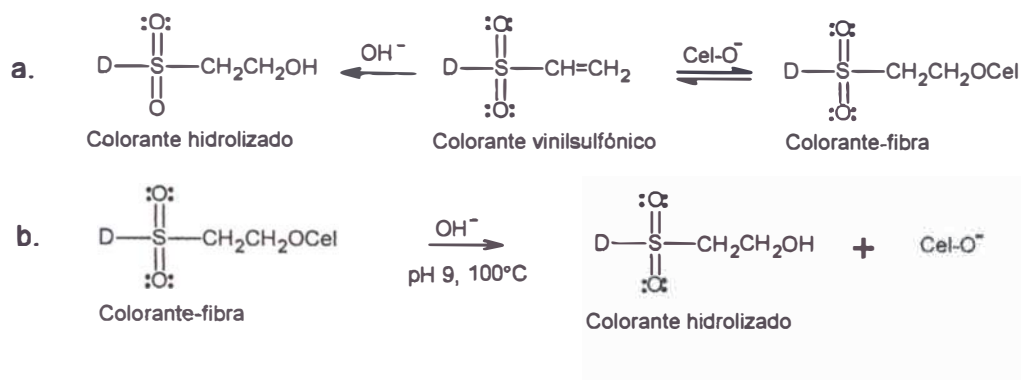


Fig.II.7: Reacción de hidrólisis de los colorantes vinilsulfónico

a. Reacción de hidrólisis del colorante

b. Reacción de hidrólisis de la unión colorante-fibra en medio alcalino

#### 4. Factores que influyen en la reacción con los colorantes reactivos

La reacción con el agua para los colorantes monoclorotriazínicos, puede escribirse de la siguiente forma:



y su velocidad de reacción  $V_{\text{H}_2\text{O}}$  será:

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = K_{\text{H}_2\text{O}}[\text{Col-Cl}]_s[\text{OH}^-]_s$$

donde:  $K_{\text{H}_2\text{O}}$  = constante de velocidad de reacción

$[\text{Col-Cl}]_s$  = concentración del colorante en la solución

$[\text{OH}^-]_s$  = concentración de los iones hidroxilo en la solución

La reacción con la celulosa para estos colorantes puede escribirse de la siguiente forma:



y su velocidad de reacción  $V_{\text{Cel}}$  será:

$$V_{\text{Cel}} = K_{\text{Cel}}[\text{Col-Cl}]_f[\text{Cel-O}^-]$$

donde:  $K_{\text{Cel}}$  = constante de velocidad de reacción

$[\text{Col-Cl}]_f$  = concentración de colorante en la fibra

$[\text{Cel-O}^-]$  = concentración de iones celulosato en la fibra

La velocidad de reacción relativa del colorante con la celulosa y con el agua vendrá dada por:

$$\frac{V_{\text{Cel}}}{V_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{K_{\text{Cel}}}{K_{\text{H}_2\text{O}}} \times \frac{[\text{Col-Cl}]_f}{[\text{Col-Cl}]_s} \times \frac{[\text{Cel-O}^-]}{[\text{OH}^-]_s}$$

Esta velocidad relativa dependerá de tres factores:

**a. De la relación entre las constantes de velocidades ( $K_{\text{Cel}}/K_{\text{H}_2\text{O}}$ )**

Teóricamente no hay gran diferencia entre la reactividad del grupo  $\text{OH}^-$  y el grupo  $\text{Cel-O}^-$  y como no es posible la valoración experimental exacta de las constantes de velocidad, la relación entre las constantes de velocidades se considera como la unidad por lo que no es un factor determinante en la velocidad relativa.

**b. De la concentración relativa de grupos ionizados en la fibra y en la solución ( $[\text{Cel-O}^-]/[\text{OH}^-]$ )**

A partir de la constante de ionización de la celulosa y de la concentración de los grupos  $\text{OH}^-$  en la solución, puede calcularse la concentración de iones  $\text{Cel-O}^-$  en función del pH, como se muestra en la Tabla II 1.

*Tabla II. 1: Influencia del pH en la ionización de la celulosa y el agua.*

| pH de la solución | $[\text{OH}^-]$<br>(g-ion/l) | $[\text{Cel-O}^-]$<br>(g-ion/l) | $\frac{[\text{CelO}^-]}{[\text{OH}^-]}$ |
|-------------------|------------------------------|---------------------------------|---|
| 7                 | $10^{-7}$                    | $3 \times 10^{-6}$              | 30                                      |
| 8                 | $10^{-6}$                    | $3 \times 10^{-5}$              | 30                                      |
| 9                 | $10^{-5}$                    | $3 \times 10^{-4}$              | 30                                      |
| 10                | $10^{-4}$                    | $3 \times 10^{-3}$              | 30                                      |
| 11                | $10^{-3}$                    | $2,8 \times 10^{-2}$            | 28                                      |
| 12                | $10^{-2}$                    | $2,2 \times 10^{-1}$            | 22                                      |
| 13                | $10^{-1}$                    | 1,1                             | 11                                      |



A pH 10-11, para la reacción de los colorantes reactivos, la relación entre los iones de la celulosa y del agua es del orden de 30, lo cual implica que la reacción del colorante con la fibra se realiza a una velocidad 30 veces que con el agua.

**c. Relación entre las concentraciones de colorante en la fibra y en la solución :  $([Col-Cl]_f/[Col-Cl]_s)$**

Esta relación depende del agotamiento del colorante, sin embargo, aún en colorantes de baja afinidad, la concentración de colorante en la fibra es siempre superior a la concentración de colorante en la solución externa.

La Tabla II.2, muestra la velocidad relativa total en función del agotamiento, para una relación de baño 1:30 y un algodón con un volumen interno de 0,22 l/Kg.

*Tabla II. 2: Velocidad relativa de reacción, sobre algodón a RB 1:30 para pH entre 8 y 11*

| %Agotamiento | $\frac{[Col-Cl]_f}{[Col-Cl]_s}$ | $\frac{[Cel-O]}{[OH]_s}$ | Velocidad Relativa sobre algodón |
|--------------|---------------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| 10           | 15                              | 30                       | 450                              |
| 20           | 34                              | 30                       | 1000                             |
| 30           | 58                              | 30                       | 1700                             |
| 50           | 137                             | 30                       | 4100                             |
| 70           | 318                             | 30                       | 9500                             |
| 90           | 1227                            | 30                       | 37000                            |

En todos los casos la reacción con la fibra es varios cientos de veces más rápida que con el agua, con lo que el equilibrio de la reacción es mucho más favorable a la fibra que al agua, y la pérdida de colorante por hidrólisis puede ser lo suficientemente pequeña para que la tintura sea rentable.

## 5. Mecanismo de la tintura con colorantes reactivos<sup>[15, 9, 6]</sup>

El esquema del proceso de una tintura con colorantes reactivos sobre la celulosa, según Vickerstaff, esta indicado en la Fig.II.8, para un colorante monoclorotriazínico.

El proceso tiene lugar en tres etapas bien diferenciadas:

- 1<sup>ra</sup>. Absorción del colorante por la fibra en medio neutro y con adición de electrolito, seguida de una absorción en medio alcalino que es simultánea con la reacción.
- 2<sup>da</sup>. Reacción del colorante en medio alcalino, con los grupos hidroxilo de la celulosa y el agua.
- 3<sup>ra</sup>. Eliminación del colorante hidrolizado y por lo tanto no fijado covalentemente a la fibra celulósica.

Ahora pasemos a describir en detalle las tres etapas:

Cuando un colorante reactivo es aplicado en solución acuosa, difunde en el baño y dentro de la celulosa y es parcialmente absorbido en la interfase celulosa-agua en el interior de la fibra. Se establece entonces un equilibrio con colorante que difunde hacia y desde la fibra a iguales velocidades.

En condiciones neutras los procesos que ocurren son casi enteramente físicos, porque las concentraciones de iones oxidrilos y celulosato son extremadamente bajas.

Cuando se añade álcali al baño de tintura, sin embargo, el colorante absorbido reacciona con la celulosa a una velocidad sustancial, a causa del aumento de concentraciones de iones celulosato. La función del álcali es producir los iones celulosato capaces de reaccionar con el colorante; sin álcali no hay reacción posible.

La reacción iniciada de esta forma resulta la formación de un compuesto colorante-celulosa, Col-O-Cel que ya no puede abandonar la superficie de la fibra. Esto reduce la concentración de colorante dentro de la fibra y permite la

entrada de más colorante desde el baño de tintura, de tal manera que el agotamiento aumenta cuando se agrega el álcali.

Como ya sabemos, una parte del colorante sufre reacción de hidrólisis quedando inactivado y es similar al colorante reactivo original en las propiedades de absorción y difusión.

Al final de la etapa de tintura alcalina, cuando todo el colorante reactivo ha sido descompuesto por reacción, ya sea por el agua o por la celulosa, se establece un nuevo equilibrio en el cual el colorante inactivado por la hidrólisis se distribuye en la fibra y el baño de tintura, de manera similar a la distribución del colorante reactivo en solución neutra.

Un examen de este mecanismo revela que los tres factores más importantes que pueden influir son:

- i. La velocidad de difusión del colorante dentro de la celulosa.
- ii. La afinidad del colorante por la celulosa.
- iii. La reactividad química del colorante.

## **6. Curva de agotamiento y fijación<sup>[6]</sup>**

La Fig II.12 muestra el cambio de agotamiento del baño y el colorante fijado en la fibra versus el tiempo, para un proceso de teñido convencional con un tiempo de duración de dos horas, con la adición de álcali después de 30 minutos de iniciado el proceso. La curva representa el comportamiento de dos colorantes comerciales de un mismo grupo.

Antes de la adición del álcali, el Colorante I, curva E I, ha agotado el 46% y la mayor parte del colorante en esta etapa podría estar en su forma original Colorante-X. La forma de la curva parece indicar que el colorante es moderadamente sustantivo y podría tener un agotamiento cercano al 60% si el álcali no es adicionado. La curva equivalente para el Colorante II, E II, indica que el colorante reactivo original Colorante-X, tiene poca sustantividad pudiendo alcanzar un agotamiento cercano al 10% si el álcali no se adiciona.

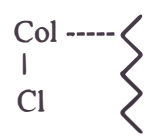
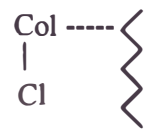
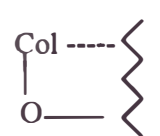
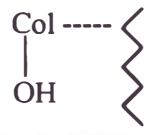
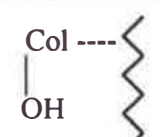
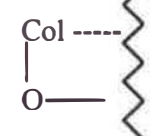
|  | Solución externa                          |  | Fibra celulósica   |  |
|--|---|--|--|--|
|  | Colorante de la solución externa          | Colorante en el solución en el baño intermicelar | Colorante absorbido en las moléculas de la celulosa                  |  |
| Fase de tincura neutra :<br>Absorción              | Col - Cl                                  | $\rightleftharpoons$ Col - Cl                    | $\rightleftharpoons$   | <br>Fibra   |
| Fase intermedia alcalina :<br>Absorción y reacción | Col - Cl<br>↓ OH <sup>-</sup><br>Col - OH | Col - Cl<br>↓ OH <sup>-</sup><br>Col - OH        | $\rightleftharpoons$<br>$\rightleftharpoons$<br>$\rightleftharpoons$ | <br>Fibra<br>↓<br><br>Fibra<br>↓<br><br>Fibra |
| Fase final :<br>todo el colorante ha reaccionado   | Col - OH<br>(1)                           | $\rightleftharpoons$ Col - OH<br>(2)             | $\rightleftharpoons$   | <br>(3) Fibra<br>+<br><br>(4)  |

Fig. II. 8: Reacciones y equilibrios que se producen en las diferentes etapas de la tincura con colorantes reactivos.

Después de la adición del álcali, dos nuevas especies empiezan a formarse. La curva F I y F II representa el incremento desde cero del enlace covalente Colorante I y II, Colorante-O-Cel respectivamente. La continuación de las curvas E I y E II (más allá de los 30 minutos de la adición del álcali) representa la suma total de todas las especies coloreadas asociados a la fibra. A los 30 minutos el Colorante-O-Cel y Colorante-OH aparece gradualmente hasta un tiempo de 120 minutos, donde todo probablemente es Col-O-Cel y Col-OH. No es posible distinguirlos en las curvas E I y E II, tan sólo sus porcentajes.

De la figura podemos indicar:

- i. El porcentaje de los Colorantes I y II fijado es 68% 66% respectivamente.
- ii. El porcentaje de colorante hidrolizado en el baño es 16%, 25%
- iii. El porcentaje de colorante hidrolizado en la fibra es 16%, 9%

Juntos, ii + iii indica el porcentaje de colorante hidrolizado: 32%, 34% para los colorantes I y II respectivamente.

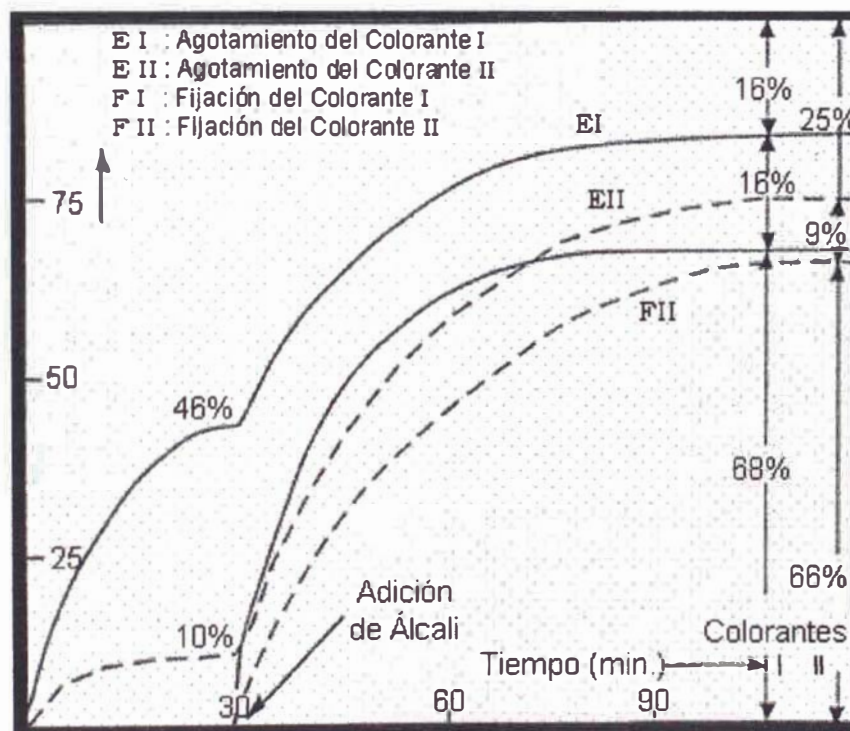


Fig.II.9: Curva de agotamiento y fijación para dos colorantes reactivos

## 7. Eliminación del colorante hidrolizado<sup>[9,15]</sup>

La última etapa de la tintura consiste en la eliminación del colorante hidrolizado, si bien se procura que sea mínimo.

De acuerdo con la fase final de la Fig.II.9, el colorante hidrolizado se encuentra en dos situaciones distintas; (1) y (2). El colorante hidrolizado (1) que se halla disuelto en la fase acuosa, su eliminación se reduce al vaciado del baño de tintura y el colorante hidrolizado (2) que se encuentra en la solución intermicelar de la fibra, su eliminación se realiza mediante un lavado con agua con su arrastre consiguiente.

Sin embargo, el colorante (3) por estar absorbido en la fibra, puede ser difícil de eliminar cuanto mayor sea su afinidad por la fibra ya que su extracción se basa en el equilibrio  $(2) \rightleftharpoons (3)$  que debe estar lo más desplazado a la izquierda posible.

La situación de este equilibrio, depende de tres factores: afinidad del colorante, electrolitos y temperatura.

Por este y otros motivos, los colorantes reactivos son colorantes en general, de baja afinidad, con lo cual la forma (3) será pequeña.

La presencia de electrolitos en el agua de lavado da lugar a un aumento de afinidad del colorante hidrolizado dificultando su extracción, por lo que se debe evitar el uso de aguas muy salinas.

El aumento de temperatura mejora la solubilidad del colorante hidrolizado, sin afectar al colorante reaccionado con la celulosa, es conveniente realizar un lavado en caliente, que desplaza el equilibrio de (3) hacia (2) facilitando su eliminación.

## 8. Factores que influyen en la absorción de la tintura<sup>[9]</sup>

### a. La naturaleza del colorante

Sabemos que el agotamiento de un colorante es función de su afinidad. Los colorantes reactivos son de baja afinidad y los colorantes hidrolizados

también, por estar su equilibrio desplazado hacia la fase acuosa, entonces será más fácilmente extraíble de la fibra en el lavado posterior.

En procesos con relación de baño de 1:10 a 1:30 como es en sistemas por agotamiento en torniquete, Jigger, etc., es imprescindible utilizar los colorantes de afinidades mayores para que los agotamientos sean más elevados.

**b. La relación de baño**

Uno de los factores que más influencia tiene en el agotamiento de este tipo de colorantes es la relación de baño. Su aumento produce una fuerte disminución del agotamiento para colorantes de poca afinidad, mientras que para colorantes de elevada afinidad se verán poco influenciados por la relación de baño.

La relación de baño influye también en la hidrólisis del colorante, porque en todos los casos se mejora el rendimiento de la tintura al trabajar a relaciones de baño inferiores.

Sin embargo, la relación de baño viene impuesta por la máquina a usar, por lo que, serán aconsejables aquellas máquinas que permitan usar relaciones de baño corto.

**c. La concentración de electrolito**

La presencia de electrolitos neutros influye mucho en la absorción de los colorantes reactivos, neutralizan el potencial electronegativo de la fibra.

Las cantidades de sal a utilizar son función de la concentración de colorante y de la relación de baño; a mayor intensidad de tintura se precisan mayores concentraciones de electrolito, y si disminuye la relación de baño se requiere menor cantidad.

**d. Valor del pH**

La etapa de absorción en los colorantes reactivos se realiza a pH neutro, la elevación del pH produce la reacción del colorante con la fibra o con el agua, y si el colorante no está aún absorbido en la fibra se incrementa la hidrólisis.

Por otra parte, se ha observado que al aumentar el pH cuando excede de 11 se produce una disminución del agotamiento además de una mayor hidrólisis.

**e. El factor de temperatura**

Al igual que en todos los sistemas de tintura, el incremento de la temperatura reduce el agotamiento al equilibrio. Los colorantes reactivos, debido a sus mayores coeficientes de difusión pueden realizar la tintura en frío, llegándose al equilibrio en tiempos inferiores a una hora. El realizar la tintura en frío no siempre es posible, ya que en algunos casos, como en tejidos pesados, puede ser necesario elevar la temperatura para lograr la penetración del colorante, aún con los colorantes más reactivos.

**f. La calidad de la fibra**

Existen marcadas diferencias en el agotamiento de los colorantes reactivos entre las distintas fibras celulósicas, de tal forma que el rayón viscosa da mayores agotamientos que el algodón mercerizado y éste que el algodón sin mercerizar.

**9. Sistemas Reactivos<sup>[6,7]</sup>**

**9.1 Colorantes reactivos monofuncionales**

Algunos de los más importantes sistemas monofuncionales contiene un único centro reactivo como el halógeno sustituyente en los colorantes aminohalotriazínicos o el átomo de carbono terminal activado en el sistema



vinilsulfona. En otros hay dos sustituyentes equivalentes capaces de ser reemplazados, como en los sistemas de anillos heterocíclicos diclorotriazina, difluoropirimidina o dicloroquinoxalina. Cuando uno de éstos átomos de halógeno es desplazado por reacción o hidrólisis, como en la Fig. II.3, por ejemplo, la reactividad del halógeno sustituyente restante es disminuida por la presencia del nuevo sustituyente hidroxilo (OH) o el ión celulosato (Cel-O<sup>-</sup>) en la molécula.

*Tabla II.3 : Principales sistemas monofuncionales*

| Sistema                 | Nombre comercial    |
|-------------------------|---------------------|
| Diclorotriazina         | Procion MX (Zeneca) |
| Aminocloroazina         | Proción H (Zeneca)  |
| Aminofluorotriazina     | Cibacrón F(CGY)     |
| Tricloropirimidina      | Drimaren X(S)       |
| Clorodifluoropirimidina | Drimaren K (S)      |
| Dicloroquinoxalina      | Levafix E (BAY)     |
| Sulfatoetilsulfona      | Remazol (HOE)       |
| Sulfatoetilsulfonamida  | Remazol D (HOE)     |

**a. Colorantes del tipo dicloro-s-triazínicos**

Un colorante típico de este grupo, es el CI Rojo Reactivo1, que se muestra en la Fig.II.1, la polarización parcial de los enlaces C=N y C-Cl en el anillo triazínico debido a la gran electronegatividad de los átomos de nitrógeno y cloro, hace que el sustituyente 2- y 4- cloro sea susceptible a un desplazamiento nucleofílico, aunque estas influencias son anuladas por retroalimentación de electrones del grupo puente NH unido al anillo triazínico y al cromóforo fenilazonaftol.

Tales colorantes son estables en solución neutra a temperatura ambiente.

Los colorantes diclorotriazínicos son altamente reactivos y pueden ser rápidamente fijados a la fibra celulósica por el procedimiento continuo a temperatura ambiente o por método discontinuo a 30-40 °C.

### b. Colorantes del tipo amino-s-triazínicos

La reacción de un colorante dicloro-s-triazínico con una amina a 25-40°C produce un derivado mucho menos reactivo 2-amino-4-cloro como se muestra en la Fig.II.10 para el colorante CI Rojo Reactivo 3.

Condiciones más enérgicas son necesarias, usualmente 80°C y pH 11 para el procedimiento discontinuo para una eficiente fijación sobre las fibras celulósicas. Estudios recientes de la relación entre la estructura y la sustentividad de los colorantes aminoclorotriazínico revela que el grupo puente NH unido al cromógeno y el sustituyente arilamino incoloro del anillo heterocíclico ha marcado efectos en la solubilidad y propiedades de tintura de los colorantes. El remplazo del grupo simple NH imino por una N-metilimino tiende a bajar la sustentividad por la celulosa.

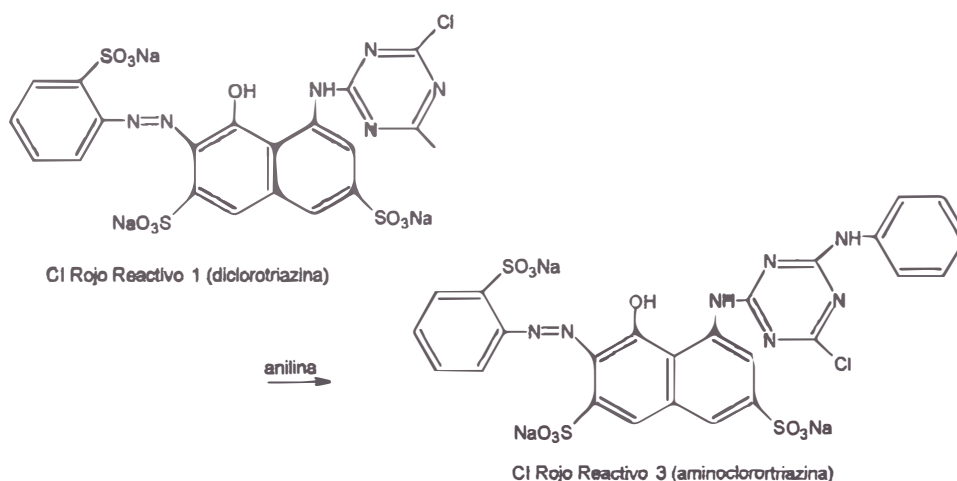


Fig.II.10: Formación de un colorante del tipo aminoclorotriazina

**c. Colorantes tipo aminofluoro-s-triazínico**

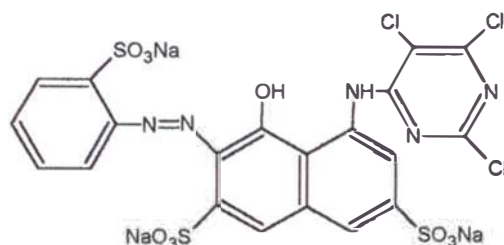
Un átomo de flúor es utilizado como un grupo saliente en la serie de colorantes Cibacrón F(CGY), 2-amino-4-fluoro-s-triazina, como se muestra en la Fig.II.11. La gran electronegatividad del flúor comparada con la del cloro da como resultado una elevada reactividad de estos colorantes comparada con los 2-amino-4-cloro. La sustentividad y solubilidad de estos colorantes puede ser modificada considerablemente por introducción de sustituyentes apropiados en el cromógeno, en la arilamina incolora y en el grupo puente NH.



*Fig.II.11: Estructura química base de los Colorantes Cibacrón F(CGY)*

**d. Colorantes tipo tricloropirimidina**

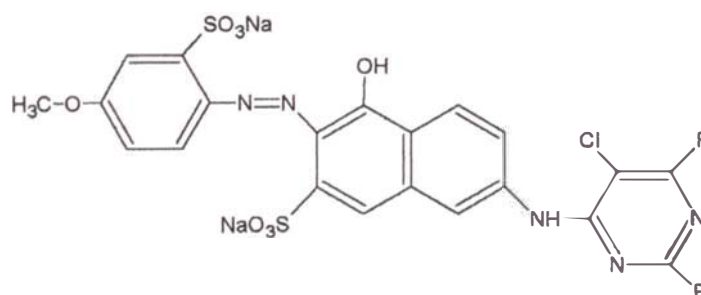
El grupo 1,3-diazina en el anillo pirimidina provee menos activación al sustituyente cloro que el sistema 1,3,5-triazina. La fijación a la fibra por el método de aplicación discontinuo requiere de tratamientos a temperaturas cercanas a la ebullición 80°C, el enlace colorante-fibra que contiene el anillo diazina es más estable que el que contiene un núcleo triazina. Un estudio de las reactividades relativas de los átomos de cloro en la tetracloropirimidina con arilamidas demostró que la formación de un colorante tricloropirimidina ocurre por sustitución nucleofílica del sustituyente 4-cloro para formar un puente NH unido al cromóforo, como se muestra en la Fig.II.12 para el colorante CI Rojo Reactivo 17.



*Fig.II.12: Estructura química del colorante tricloropirimidina CI Rojo Reactivo 17*

### e. Colorantes tipo clorodifluoropirimidina

Otro camino importante para obtener colorantes más reactivos es el uso de varios átomos de flúor, resulta así colorantes de un alto nivel de reactividad comparado con sus análogos sustituyentes cloro. Las series Drimaren K (S) y Levafix E-A(BAY) ambos son basados en el sistema reactivo 5-cloro-2,4-difluoropirimidina como se muestra en la Fig.II.13. Las temperaturas de teñido para el procedimiento discontinuo, para su óptima fijación a la fibra entre 40-50°C. El enlace formado colorante-fibra por reacción de la celulosa con el sistema altamente reactivo difluoropirimidina es más estable en condiciones ácidas que el sistema diclorotriazínico, pero este experimenta una reacción de oxidación en presencia de peróxidos.



*Fig.II.13: Estructura química del colorante del tipo clorodifluoropirimidina*

#### f. Colorantes tipo dicloroquinoxalina

La reactividad de este sistema es más alta que los colorantes dicloropirimidina, correspondiente comparable con los sistemas diclorotriazina y difluoropirimidina, la fijación óptima se lleva a cabo a los 50°C por el proceso discontinuo. Así los colorantes Levafix E(BAY) dicloroquinoxalina son altamente compatibles con los miembros de los compuestos de la serie de colorantes Levafix E-A(BAY).

La estructura típica del colorante Rojo Levafix E se muestra en la Fig.II.14. A diferencia de otros importantes sistemas reactivos haloheterocíclicos el eslabón puente entre el cromógeno y el grupo reactivo es amídico y se espera así que sea hidrolizado bajo condiciones ácidas.

El enlace colorante-fibra formado en el anillo 1,4-diazina, como en los anillos 1,3-diazina puede presentar después de la fijación del sistema difluoropirimidina, una oxidación por presencia de peróxidos.

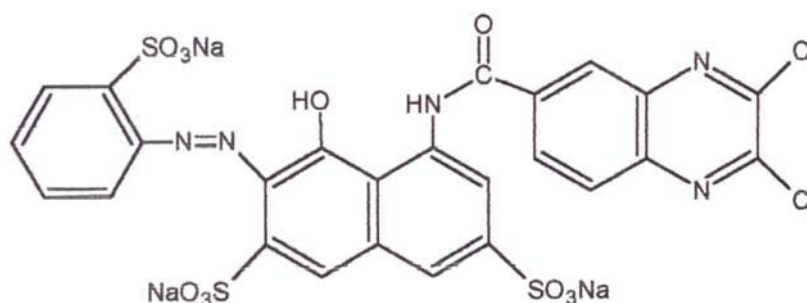


Fig.II.14: Estructura química del Rojo Levafix E

#### g. Colorantes tipo sulfatoetil-sulfona y sulfato-sulfonamidas

Los colorantes Remazol(HOE) vinilsulfónicos, contienen el característico grupo precursor 2-sulfatoetilsulfonil, de reactividad intermedia entre el sistema heterocíclico de alta reactividad, como la diclorotriazina o difluoropirimidina y los de baja reactividad como los aminoclorotriazina o tricloropirimidina. Las temperaturas de tintura de agotamiento pueden ser

escogidas entre 40 y 60°C, dependiendo del pH. Estos colorantes son aplicables a una amplia variedad de procesos continuo y discontinuo.

La sustentividad de muchos de estos colorantes es notablemente más baja que los típicos colorantes haloheterocíclicos. No solo poseen el grupo vinilsulfónico, a diferencia de los sistemas de anillos heterocíclicos con poca o alguna inherente afinidad por la celulosa, el grupo terminal sulfato aumenta la solubilidad en agua del grupo precursor 1,2-eliminación del vinilsulfona.

Por tres décadas los dos colorantes reactivos ampliamente usados se ilustran en la Fig.II.15, el Negro Remazol B y el Azul Brillante Remazol R.

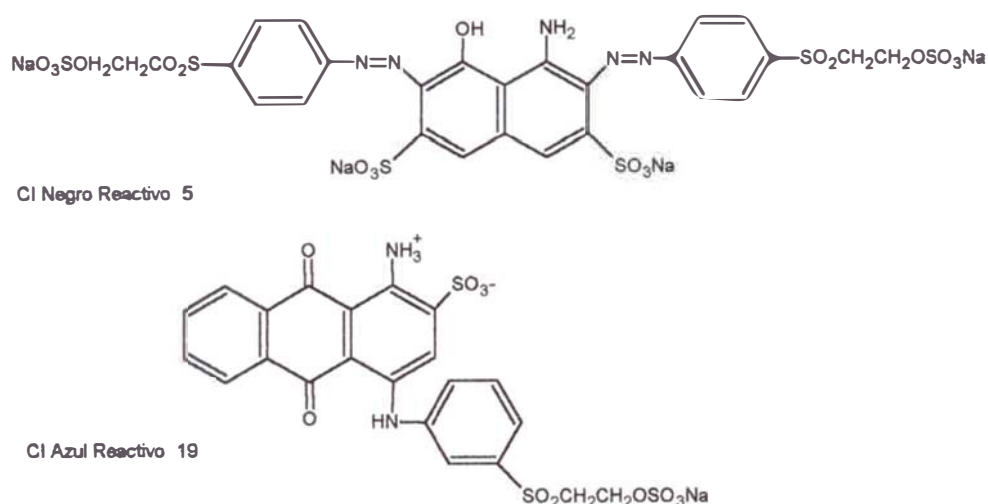


Fig.II.15: Estructura química de los colorantes del tipo sulfatoetil-sulfona

Los cuatro grupos solubilizantes en el CI Negro Remazol 5 le confiere alta solubilidad pero baja sustentividad. Es una estructura casi simétrica bis(sulfatoetilsulfona) y este grupo precursor pierde su carga iónica por el grupo 1,2-eliminación, la sustentividad por la celulosa aumenta y la estructura bis(vinilsulfona) muestra una excelente fijación bajo condiciones alcalinas.

La inherente baja sustentividad de los colorantes bis(hidroxiethylsulfona) no fijado en la fibra hace que el lavado sea más fácil en una gama de colores donde este con frecuencia tiene una notoria dificultad.

El excelente brillo del matiz combinado con la solidez del CI Azul Reactivo 19 no pudo ser desafiado por otros colorantes reactivos azules por muchos años. Su solubilidad en agua es baja y depende del grupo 1-amino-2-sulfo seguido del grupo 1,2-eliminación. Pero este colorante tiene problemas de reproducibilidad e igualación, sin embargo estos colorantes permanecieron segundo en términos de ventas entre los colorantes reactivos.

## 9.2 Colorantes reactivos bifuncionales

La primera serie de colorantes bifuncionales conteniendo dos sistemas reactivos distintos fue la serie Proción H-E(Zeneca), en el cual los dos grupos aminoclorotriazina normalmente muestra el mismo nivel de reactividad, ya que estos colorantes son simétricos como se muestra en la estructura de la FigII.16. Ellos pueden ser basados de un cromóforo diazo que tiene un grupo reactivo en cada extremo de la molécula, ó en un par de cromóforos idénticos unidos por las unidades de las clorotriazinas al centro diamida.

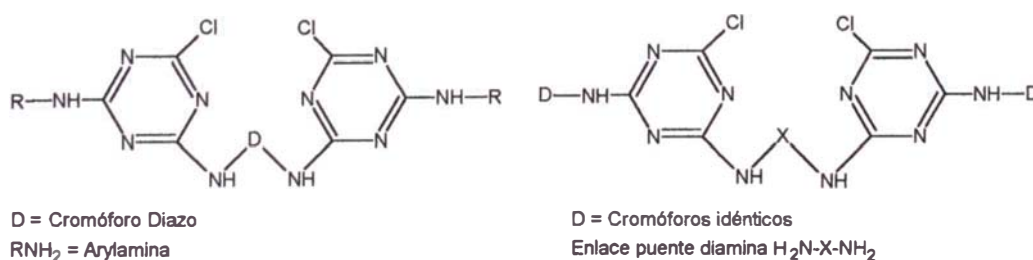
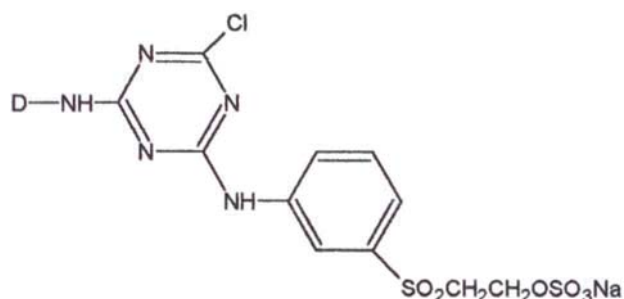


Fig.II.16: Estructura de un colorante bifuncional simétrico

En los años 80 hicieron su aparición dos series interesantes de colorantes bifuncional capaces de reaccionar con la celulosa por ambos mecanismos, sustitución nucleofílica y adición nucleofílica. El sistema contiene un anillo

halogenotriazínico y un grupo 2-sulfatoetilsulfona. El halógeno sustituyente puede ser tanto el cloro, como en la serie Supra Sumifix (NSK) o el más reactivo flúor, como en la gama Cibacrón C (CGY).



*Fig.II.17: Estructura de un colorante bifuncional asimétrico*

*Tabla II.4 : Principales sistemas bifuncionales*

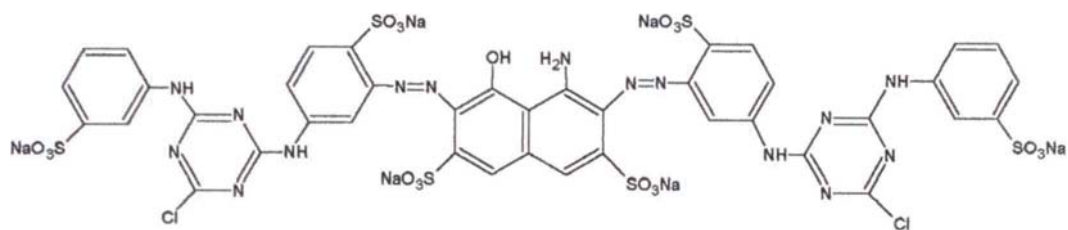
| Sistema                                | Nombre comercial      |
|--|-----------------------|
| Bis(aminoclorotriazina)                | Proción H-E (Zeneca)  |
| Bis(aminonicotinotriazina)             | Kayacelon React (KYK) |
| Aminoclorotriazina-sulfatoetilsulfona  | Sumifix Supra (NSK)   |
| Aminofluorotriazina-sulfatoetilsulfona | Cibacrón C (CGY)      |

**a. Colorantes tipo bis(aminoclorotriazina)**

Estas moléculas de colorante bifuncional son aproximadamente dos veces el tamaño del tipo monofuncional CI Rojo Reactivo 3. Su alta sustentividad permite alcanzar un excelente agotamiento de preferencia para el teñido discontinuo a temperatura cercana a 80 °C y con valores de fijación entre 70-80%, aunque algunos miembros de la gama, como el Marino Proción H-ER puede requerir concentraciones altas de sal (100 g/l), para su óptimo



rendimiento. Así, condiciones de altas temperaturas aseguran un buen nivel y alta fijación, con menos colorante hidrolizado y menos coloración en los efluentes. Desafortunadamente, la remoción del colorante no fijado en la etapa de lavado es lenta debido a la alta sustentividad intrínseca de estos colorantes.



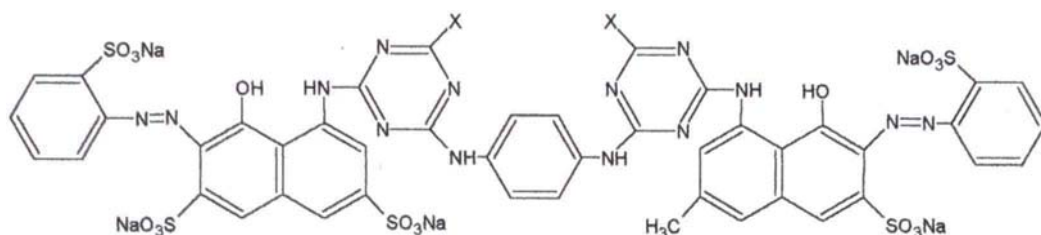
*Fig.II. 18: Estructura química del colorante tipo bis(aminoclorotriazina)  
CI Azul Reactivo 171*

#### **b. Colorantes tipo bis(aminonicotínicotriazina)**

La observación de que el álcali no es esencial para la fijación de nicotriazinas a la celulosa fue desarrollada en 1984 por la Nippon Kayaku. Así, se introdujo la serie bis(aminonicotriazina) como es el Rojo Reactivo Kayacelon H-E3B.

Los colorantes de este tipo son apropiados para el teñido por agotamiento en baño neutro y temperaturas arriba de 100°C. Por su fácil operación a temperaturas en la región de 130°C (temperatura a la cual se tiñe el Poliéster) los problemas de difusión se minimizan con éstas moléculas largas.

Estas condiciones permiten combinar los colorantes (aminonicotriazínicos) con los colorantes dispersos y obtener tinturas en un solo baño para mezclas Polyéster/Algodón



| CI Colorante Reactivo | Sustituyente X |  |
|-----------------------|----------------|--|
| Rojo 120              | Cloro          | Rojo Proción H-E <sub>3</sub> B (Zeneca) |
| Rojo 221              | Nicotino       | Rojo Reac. Kayacalon CN- 3B (KYK)        |

Fig.II.19: Estructura de los Colorante tipo bis(aminoclorotriazina)

### c. Colorantes tipo aminoclorotriazina-sulfatoetilsulfona

La presencia de dos grupos reactivos que difieren en reactividad dan colorantes que son menos sensibles a la temperatura de agotamiento, que para colorantes reactivos monofuncionales. Ellos pueden ser aplicados bajo un amplio rango de temperaturas 50-80°C. Además ellos muestran una mínima sensibilidad a la concentración de electrolito y son menos afectados por los cambios de relación de baño. Temperaturas bajas de teñido favorecen la reacción del grupo vinilsulfón y temperaturas altas contribuyen al sistema clorotriazina para su fijación con la fibra. La presencia de dos tipos de enlaces colorante-fibra tiene ciertas consecuencias para las propiedades de fijación.

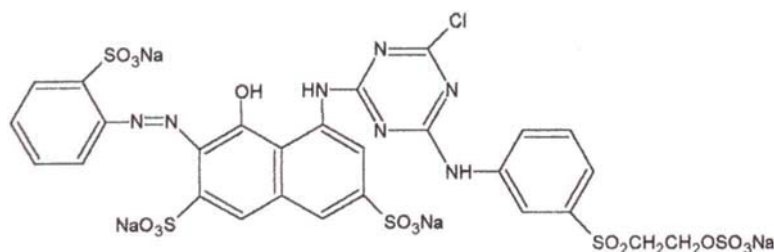
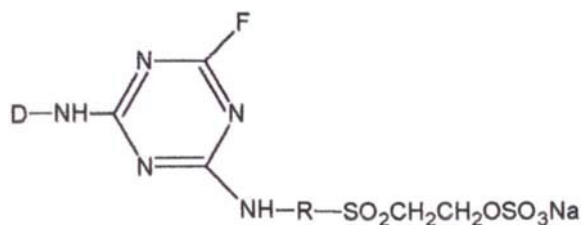


Fig.II.20: Estructura de colorante tipo aminoclorotriazina-sulfatoetilsulfona  
CI Rojo Reactivo 194

**d. Colorantes tipo aminofluorotriazina-sulfatoetilsulfona**

En 1988 la Ciba-Geigy lanzó la serie de colorantes bifuncionales conocidos como Cibacrón C. Ellos contienen un nuevo sistema alifático vinilsulfona y un grupo puente monofluorotriazina o una función vinilsulfona. Están destinados para aplicaciones a la continua. Se caracterizan por mediana y baja afinidad, buenos a temperaturas de ebullición, de fácil lavado y alta fijación.



*Fig.II.21: Estructura química del colorante tipo aminofluorotriazina-sulfatoetilsulfona*

## **B. TEÑIDO DEL ALGODÓN POR AGOTAMIENTO<sup>[4,19]</sup>**

### **1. Tratamiento previo del algodón**

A menudo el algodón muchas veces se tiñe antes de convertirlo en prendas de vestir. La calidad del producto de teñido depende de su tratamiento previo. Los géneros preparados para teñido deberán tener las siguientes propiedades:

- i. Absorción alta y uniforme
- ii. Completamente libre de cáscaras de algodón.
- iii. Alto grado de polimerización de la celulosa.
- iv. Un grado adecuado de blancura que permita el teñido de matices pálidos libres de imperfecciones.

Antes del tratamiento previo, necesitamos obtener alguna información referente a la calidad del algodón, cuál es el color, la sensación al tacto, el poder humectante, el matiz, etc. El método de tratamiento previo depende de la calidad del algodón.

#### **1.1 Proceso de chamuscado**

Los tejidos compuestos de fibras cortadas muestran extremos de fibras salientes en la superficie del tejido. Este pelo transtorna la apariencia en el tejido teñido causando desgaste por roce. El chamuscado se lleva a cabo para eliminar la pelusa de una tela y para darle una superficie uniforme, a fin de poder aumentar el lustre y evitar que se manchen las máquinas, que se produzca un teñido desigual y una reducción del funcionamiento de las máquinas de tratamiento de calor, entre otros; todo esto debido a la caída de la pelusa durante cada etapa. Para este fin se han diseñado varios sistemas, siendo el más usual el que cuenta con quemadores a gas por donde la tela pasa a gran velocidad. Este tratamiento por lo general se aplica inicialmente a los tejidos en crudo aplicando a continuación un baño de desengomado.

## **1.2 Proceso de desengomado**

Los hilos de urdimbre de las telas tejidas de algodón se engoman para permitir que estos soporten las acciones mecánicas del telar durante el tejido. La eliminación de la goma depende esencialmente de los siguientes factores: la viscosidad de la solución de goma, solubilidad de la goma, relleno de la goma y del tipo de fabricación de la tela.

Los procesos de desengomado emplean agua (lavado caliente, soda cáustica caliente), tratamiento de enzimas y desengomado oxidativo.

En caso de que quede cola (almidón o CMC, etc.) en el material, esto influye de manera negativa en la calidad de los productos debido a que ésta puede reaccionar con los colorantes reactivos durante el proceso de teñido y, por lo tanto, se deberá eliminar, en primer lugar la pasta restante.

## **1.3 Proceso de descruado**

Las grasas y las ceras naturales se pueden eliminar antes del teñido empleando solventes y jabón, aunque la mayoría de las líneas de preparación emplean el descruado alcalino. Este puede ser un proceso simple o puede combinarse con el desengomado y/o el blanqueado. El descruado se realiza en un baño que contiene un álcali y un surfactante, aunque el proceso varía según el tipo de material. En general, como álcali se utiliza soda cáustica o carbonato de sodio y, como surfactante, un agente tensoactivo aniónico o no iónico. Aparte de las grasas y las ceras, también pueden eliminarse otros componentes no celulósicos, en especial materiales nitrogenosos y pectatos. Su eliminación mediante el descruado cáustico se basa en su saponificación o en la hidrólisis alcalina para formar la sal de sodio del ácido graso y un alcohol libre.

Para el algodón los materiales son tratados en un baño que contiene:

2 - 5 % de soda cáustica o carbonato de sodio

0,5 -1,0 % de tensoactivo aniónico o no iónico a 95-100°C durante una hora.

#### 1.4 Proceso de blanqueo con peróxido de hidrógeno

El blanqueo es la eliminación de los colores naturales que aún permanecen en la fibra de algodón incluso después del descrudado. El blanqueo del algodón se realiza teniendo en cuenta como meta dos objetivos:

1. Lograr un alto grado de blancura, para géneros que deban quedar blancos o deban teñirse en matiz pastel.
11. Mejorar el aspecto uniforme de los géneros eliminando las cáscaras.

El agente oxidante más comúnmente usado hoy en día en el blanqueo es el peróxido de hidrógeno. El blanco obtenido es firme a claro. En el peróxido de hidrógeno en solución alcalina, hay cierta cantidad de aniones de peróxido de hidrógeno encima del equilibrio, y estos son la fuente del oxígeno activo que tiene el efecto de blanqueo. En una reacción secundaria existe siempre alguna formación de oxígeno molecular, que no desarrolla ninguna eficiencia para el blanqueo.



Una concentración mayor de iones  $\text{OH}^-$  tiene un efecto activante: con una cantidad creciente de aniones de peróxido de hidrógeno disponible en el licor, y el efecto de blanqueo se incrementa.

Muchas sustancias catalizan la descomposición del peróxido de hidrógeno: iones hierro, magnesio, cobalto, cobre y sus óxidos. Su presencia en el baño de blanqueo, o distribuidos sobre la fibra del algodón, puede dar lugar a una descomposición intensa del peróxido de hidrógeno.

La actividad del baño blanqueador a base de peróxido es controlada por la acción de la adición de un estabilizador. Las condiciones correctas de estabilización del proceso controlan la facilidad del blanqueo y de esta manera se obtienen los estándares de blancura requeridos con un daño químico mínimo.

Para tal fin es necesario balancear cuatro parámetros: tiempo, temperatura, alcalinidad y cantidad de estabilizador.

La función de los estabilizadores es doble: primeramente hacen las veces de neutralizadores, y por último permiten la inactivación de impurezas. Los estabilizadores empleados inicialmente fueron los silicatos coloidales de sodio. El empleo del silicato de sodio requiere que se cuente con una buena capacidad de lavado para después del blanqueo, con la finalidad de evitar problemas causados por los silicatos residuales.

En la actualidad existen varios productos auxiliares disponibles, generalmente conocidos como estabilizadores orgánicos, que no están formados a base de silicatos. Estos están compuestos por materiales orgánicos con o sin sales de magnesio y por lo general son de tres tipos: agentes secuestrantes orgánicos, productos de degradación a base de proteínas y agentes tenso-activos.

*Tabla II.5: Requerimientos químicos típicos para una máquina de blanqueo*

| Producto                      | Concentración<br>g/l |
|-------------------------------|----------------------|
| Peróxido de hidrógeno ( 35% ) | 5 - 10               |
| Soda cáustica                 | 1 - 2                |
| Estabilizador                 | 2 - 4                |
| Detergente                    | 1                    |
| Secuestrante                  | 1                    |
| Temperatura x tiempo          | 90 - 100°C x 30 min  |
| Relación de baño              | 1 : 15               |

## **2. Proceso de teñido del algodón<sup>[4]</sup>**

### **2.1 Tratamiento y disolución de los colorantes reactivos**

Todos los colorantes reactivos para la celulosa son propensos a la hidrólisis en presencia de humedad, y a menos que se almacenen y manipulen cuidadosamente, se deteriorarán. Para este fin es necesario contar con condiciones adecuadas de almacenamiento (lugar seco y frío) y las tapas de los paquetes deben ser colocadas firmemente en su lugar después de usarse. Cuando el tintorero disuelve los colorantes, los compuestos químicos empleados para el teñido no deben disolverse junto con los colorantes. El límite de solubilidad de cada colorante nunca debe excederse. Las áreas de pesado y disolución de los colorantes deben contar con una ventilación adecuada a fin de reducir al mínimo la exposición de los operarios. El peso exacto de los colorantes es un requerimiento esencial para la reproducibilidad de los matices. Los colorantes deben ser pesados dentro de una tolerancia de 0,2%. La alimentación de los colorantes al almacén debe ser constante.

### **2.2 Calidad del agua de teñido**

El uso de agua de excesiva dureza puede traer problemas originados por la baja solubilidad, baja producción de color, destañido por lavado/jabonado deficiente, tratamiento débil, ligera pérdida de solidez y cambio de color. Los colorantes reactivos tienen buena solubilidad. Pocos de ellos muestran seria sensibilidad para endurecer el agua. Pero, debido a que la etapa de fijación requiere álcali, la precipitación de los componentes de dureza es inevitable. Esto constituye un serio peligro y el agua blanda deberá usarse para todas las operaciones de disolución y baño de tintura.

En el proceso de teñido, pequeñas cantidades de calcio y magnesio pueden afectar las propiedades de migración y difusión de los colorantes reactivos, provocan contención o incluso precipitación que ocasionarían un menor rendimiento, desigualdad, reproducibilidad deficiente y solidez reducida. El



rastro de metales pesados, cobre y hierro, cuando supera los máximos recomendados pueden influenciar en el matiz de ciertos colorantes, debido a la formación de complejos metálicos.

*Tabla II.6: Especificaciones del agua en la tintorería*

|                | Nivel / tolerancia<br>(máximo recomendado) |
|----------------|--|
| Dureza total   | 50 ppm                                     |
| pH             | 7.0 + 0.5                                  |
| Cobre          | 0.05 mg/l                                  |
| Hierro         | 0.05 mg/l                                  |
| Iones de cloro | 300 mg/l                                   |

### 2.3 Calidad de sal

Las sales neutrales, como por ejemplo la sal de Glauber o la sal común, son las que se emplean con mayor regularidad. Cuando se utiliza sal común, es necesario mencionar que la sal en gramos o la sal mineral contiene impurezas que pueden ocasionar un efecto desfavorable en el teñido, como por ejemplo, manchas en los materiales a teñir, una reducción del agotamiento y tratamiento más rígido de los materiales teñidos.

Es posible conseguir sal secada al vacío de calidad muy fina y pura; esta se emplea en la mayoría de las aplicaciones, excepto para tonos turquesa y verde a base de colorantes reactivos derivados de la ftalocianina de níquel o de cobre. Es preferible utilizar la sal de Glauber cuando se tenga que agregar colorantes a una solución, es decir, se considera esencial para los azules brillantes de los colorantes a base de vinilsulfón. La sal marina, la cual se obtiene cuando se evapora el agua de mar, contiene una proporción elevada de sales de magnesio y de calcio, y por consiguiente, debe evitarse su empleo. Cuando se agregan

álcalis, estas impurezas se precipitan a manera de hidróxidos los cuales causan un problema considerable, especialmente en las máquinas de teñido de circulación de licor. Los precipitados no sólo interfieren el flujo y ocasionan un serio problema de filtración; también ocasionan que se produzcan un color reducido, una desigualación y una solidez de frotación deficiente. Cuando se precipita este tipo de material es muy difícil de eliminar.

La cantidad de sal inorgánica a agregar depende de la intensidad del teñido y de la relación de baño.

#### **2.4 Tipos de álcalis utilizados en el proceso de tintura**

Los álcalis comunes en el teñido son el bicarbonato sódico, la sosa cáustica y el bicarbonato de sodio. Mientras que el carbonato de sodio (98% carbonato de sodio anhidro) probablemente el álcali más empleado en el teñido reactivo, el bicarbonato de sodio y la soda cáustica son a la vez importantes.

Estos dos agentes, ya sea separados o en combinaciones binarias, pueden abarcar el rango de pH de 8 a 12, lo que constituye el rango de interés para todos los métodos de teñido reactivo.

Es recomendable emplear carbonato de sodio de alta pureza. Para efectuar adiciones al baño de tintura se emplean soluciones bien diluidas. El bicarbonato de sodio se utiliza ampliamente para teñir el algodón y la viscosa; algunas veces se emplea como medio inmediato para liberar el carbonato de sodio con la finalidad de elevar el pH durante un aumento de temperatura. Así mismo, se puede emplear junto con el carbonato de sodio para proporcionar condiciones intermedias de pH. El bicarbonato de sodio se debe utilizar durante la ponderación. Más importante aún, se debe disolver a baja temperatura y se debe evitar calentarlo mediante la inyección de vapor.

La soda cáustica, cuando está libre de impurezas, especialmente hierro, se emplea a manera de solución.

### **3. Factores entre el teñido y los colorantes en una tintorería**

Con el creciente empleo de los colorantes reactivos, la demanda de este tipo de colorantes en el proceso de teñido está en aumento. Lo mismo está sucediendo con los siguientes factores:

#### **3.1 Factor color**

El color es uno de los ingredientes más importantes en la preparación de un teñido exitoso. El factor empleado para la preparación de un color es el número del color y el tono del color (matiz, claridad y croma). El maestro de teñido piensa acerca de cómo producir colores de una manera fácil, con la calidad que demanda el cliente y la reproductibilidad estable en el teñido, con colorantes adecuados.

#### **3.2 Factor productividad**

A todos los integrantes de una tintorería les interesa la productividad y esta depende cómo se manejen los siguientes factores:

- a. El personal de producción
- b. La calidad del agua
- c. Efluente
- d. Calidad de algodón
- e. Colorantes y productos químicos
- f. Instalaciones de laboratorio
- g. Tipo del color
- h. Controles computarizados en la tintorería y el laboratorio
- i. Máquina de teñido
- j. Máquina de Secado

### **3.3 Factor reproductividad**

Para obtener un teñido reproducible, se deben controlar o hacer cambios a aproximadamente 14 factores del proceso de teñido o monitorear los cambios efectuados. Estos factores son:

- a. Calidad del suministro de agua
- b. Preparación del sustrato
- c. Capacidad de teñido del sustrato
- d. Peso del sustrato
- e. Pesado de colorantes y productos químicos
- f. Método de dispersión de los colorantes y de los productos químicos
- g. Selección de colorantes
- h. Estandarización de los colorantes
- i. Contenido de humedad del sustrato al pesarlo
- j. Aditivos de baños de tintura
- k. Relación de baño
- l. pH del baño de tintura
- m. Flujo de la máquina y secuencia inversa
- n. Perfil de tiempo/temperatura

La selección de los colorantes apropiados puede contribuir considerablemente a la reproducibilidad del proceso de teñido.

### **3.4 Compatibilidad de colorantes**

La compatibilidad de los colorantes con perfiles óptimos similares, cuando se emplean en combinaciones, garantiza que los tres agoten, migren y se fijen como un colorante único, manteniendo un ángulo de matiz similar durante todo el proceso. Esto ayuda no sólo a la performance de la igualación del teñido, si no también a la reproductibilidad del tono cuando se aplica en teñido por agotamiento.

### C. MÉTODOS DE TEÑIDO POR AGOTAMIENTO<sup>[4, 19, 20]</sup>

Para establecer el método de teñido a seguir con la finalidad de obtener un teñido ideal en términos de uniformidad y reproducibilidad, es necesario considerar los siguientes factores; tipo de máquina de teñido, relación de baño, la forma del material a teñir y el nivel de reactividad de los colorantes seleccionados. Se presentan tres de los métodos de teñido por agotamiento, más usados en las plantas de tintorería con resultados satisfactorios, considerando los factores anteriormente señalados. La Tabla II.7 y la Tabla II.8 muestran las cantidades recomendadas de electrolito y álcalis correspondientes para cada intervalo de porcentaje de colorante.

*Tabla II.7 : Cantidades recomendadas de sal, y carbonato como único álcali.*

*Relación de baño inferiores a 1:10*

| Colorante (%)   | < 0.5   | 0.5 -1  | 1 - 3   | >3      |
|-----------------|---------|---------|---------|---------|
| Sal (g/l)       | 10 - 20 | 20 - 30 | 30 - 50 | 60      |
| Carbonato (g/l) | 7.5     | 10      | 10 - 15 | 15 - 20 |

*Relación de baño igual o superiores a 1:10*

| Colorante (%)   | < 0.5   | 0.5 -1  | 1 - 3   | >3      |
|-----------------|---------|---------|---------|---------|
| Sal (g/l)       | 10 - 20 | 20 - 30 | 30 - 60 | 60 - 80 |
| Carbonato (g/l) | 6       | 8       | 8 - 14  | 14 - 15 |

*Tabla II.8: Cantidades recomendadas de sal y álcali.*

*Relación de baño igual o superiores a 1:10*

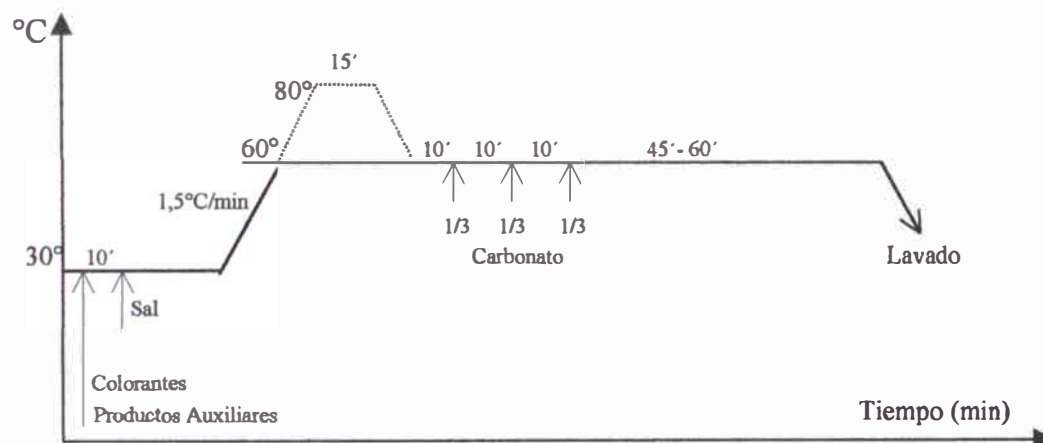
| Colorante (%) | Sal (g/l) | Carbonato (g/l) | Soda cáustica 36°Be (ml/l) |
|---------------|-----------|-----------------|----------------------------|
| < 0.2         | 30        | 7               | -                          |
| 0.2 - 0.5     | 40        | 10              | -                          |
| 0.5 - 1.0     | 50        | 5               | 0.75                       |
| 1.0 - 2.0     | 60        | 5               | 1.00                       |
| 2.0 - 3.0     | 80        | 5               | 1.25                       |
| 3.0 - 4.0     | 90        | 5               | 1.75                       |
| 4.0 - 5.0     | 100       | 5               | 2.25                       |
| > 5.0         | 100       | 5               | 2.25                       |

*Relación de baño inferiores a 1:10*

| Colorante (%) | Sal (g/l) | Carbonato (g/l) | Soda cáustica 36°Be (ml/l) |
|---------------|-----------|-----------------|----------------------------|
| < 0.2         | 30        | 7               | -                          |
| 0.2 - 0.5     | 30        | 14              | -                          |
| 0.5 - 1.0     | 40        | 5               | 1.25                       |
| 1.0 - 2.0     | 50        | 5               | 1.50                       |
| 2.0 - 3.0     | 60        | 5               | 2.00                       |
| 3.0 - 4.0     | 70        | 5               | 2.50                       |
| 4.0 - 5.0     | 80        | 5               | 3.00                       |
| > 5.0         | 80        | 5               | 3.00                       |

### 1. Método de teñido a 60 °C con carbonato de sodio

Este método utiliza como único álcali el carbonato de sodio, el cual se agrega por partes. La subida a 80°C por 15 minutos es opcional, esto favorece la migración del colorante en la fibra.



*Fig.II.22: Curva de teñido a 60°C con carbonato de sodio*

### 2. Método de teñido a 80°C con carbonato de sodio

Este método es apropiado para teñir materiales densamente cargados, siempre y cuando el tipo de colorante permita la tintura a 80°C, ya que además

de favorecer la migración, las fibras sometidas a hinchazón aumentan la penetración del colorante. La adición del álcali también es por partes.

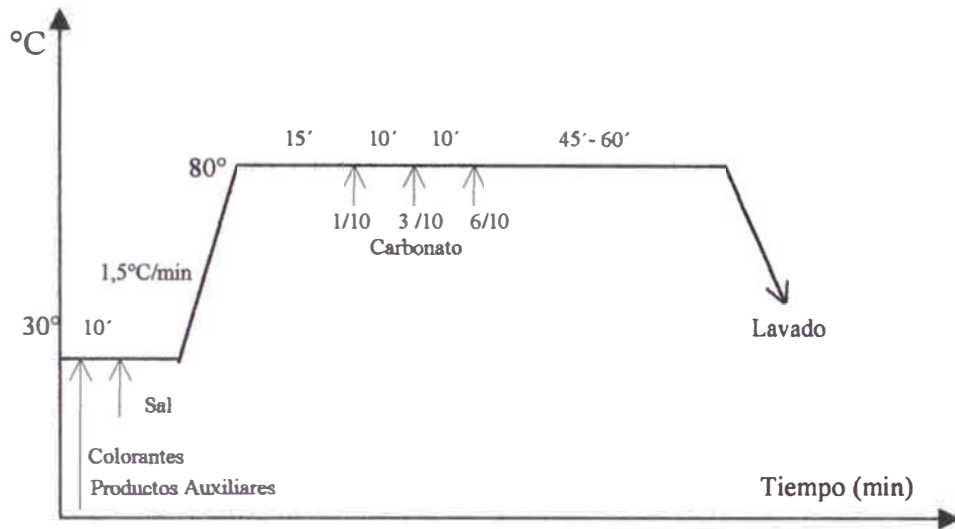


Fig.II.23: Teñido a 80°C con carbonato

### 3. Método de teñido a 60°C con carbonato de sodio y soda cáustica

Este método utiliza dos tipos de álcalis, se adiciona primero carbonato de sodio seguido de la soda cáustica, ambos se adicionan por partes. El proceso es largo y la subida a 80°C por 15 minutos favorece la migración del colorante.

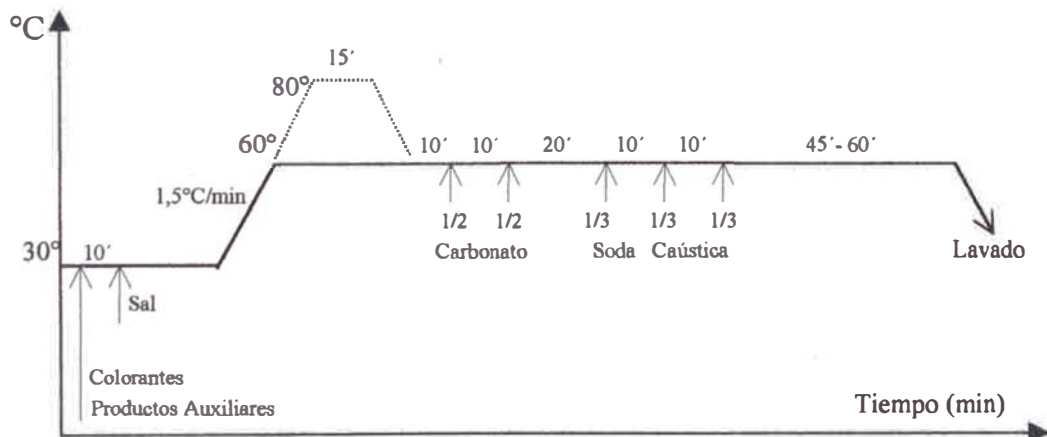


Fig.II.24: Teñido a 60°C con carbonato de sodio y soda cáustica

## **D. PROCEDIMIENTOS DE LABORATORIO PARA LA TINTURA CON COLORANTES REACTIVOS<sup>[19]</sup>**

El laboratorio juega un papel de vital importancia en una planta de tintorería, especialmente si se quiere obtener una producción de "bien a la primera vez". La organización y el personal del laboratorio se deben gerenciar y planificar de tal modo que brinden servicios esenciales y específicos de manera eficiente.

La función más importante de un laboratorio de tintorería con la ayuda de equipos instrumentales de aceptación/rechazo es proporcionar un servicio exacto y eficiente de imitación de tonos en términos de aprobación por el cliente de los tonos teñidos y optimizar los teñidos de laboratorio a producción cuando se tiñen tonos nuevos, mediante simulación exacta de los procesos de teñido en planta.

El laboratorio de tintorería también ofrece el servicio de reparación de tono para los teñidos que deben ser reprocesados porque han sido rechazados por no conformidad y después de la extracción del sustrato de la máquina necesitan una receta de corrección exacta y rápida para permitir el reciclaje rápido del lote.

Otra función importante del laboratorio de tintorería es proporcionar el servicio de evaluación de solidez de nuevos tonos como una rutina y de tonos establecidos a intervalos regulares.

El laboratorio de tintorería realiza pruebas esenciales a los diferentes parámetros que influyen en los niveles de rendimiento de la tintura por agotamiento como son: pruebas de gravedad específica, pH, temperatura, relación de baño, evaluar la calidad del agua, calidad de insumos químicos, etc.

### **1. Procedimientos de simulación para el teñido en producción**

El procedimiento de teñido en el laboratorio debe corresponder tan cerca como sea posible con aquél de producción para optimizar la reproducibilidad del tono de laboratorio con la producción. Cada uno de los procedimientos de teñido



en producción debe usarse para formar la base del procedimiento de teñido en el laboratorio.

Se recomienda usar en el laboratorio la misma fuente de suministro de todo insumo que se usan en producción incluyendo suministro de agua, sal de Glauber, ácido acético, carbonato de sodio, peróxido de hidrógeno, soda cáustica, etc.

### **1.1 Preparación del material: algodón**

Para una simulación exacta de los procesos de teñidos y acabados en producción tal como se utilizan en la planta de tintorería, se recomienda el uso esencial de 5-10 gramos de material. Para una semiproducción se recomienda 1-3 kilos de sustrato. Se recomienda que el sustrato a teñir en el laboratorio sea preparado con un lote de producción en vez de preparar los teñidos bajo condiciones separadas de laboratorio.

Las impurezas removidas durante el tratamiento de preparación deben ser tomadas en cuenta cuando se pesan las muestras de laboratorio del stock secado/acondicionado, que fueron preparados en producción. Se recomienda por lo tanto que la pérdida de peso sea estimado para calidades específicas del algodón y que el peso de la muestra sea ajustado para compensar acordadamente el peso perdido debido a las impurezas.

Se recomienda este ajuste del peso cuando se trabaja con stock preparado para reflejar la práctica en producción donde la tintorería trabaja con el peso crudo par calcular la receta, cuando el peso real de la fibra a teñir es menor que la cantidad cruda.

### **1.2 Máquina de prueba para teñir**

La máquina para teñir las muestras debe tener un intercambio de fibra-baño que simula las condiciones de flujo del baño en la máquina de producción. Un intercambio del baño insuficiente puede restringir la disponibilidad del colorante

reactivo a los terminales receptores de colorante de la fibra de celulosa, el cual podría resultar en una combinación de mala igualación, menor rendimiento y pobre reproducibilidad (Anexo II.2).

Un controlador de tiempo/temperatura para seguir exactamente el perfil del proceso, incluyendo los gradientes de enfriamiento, es esencial para optimizar la reproducibilidad del laboratorio a producción.

### **1.3 Relación de baño**

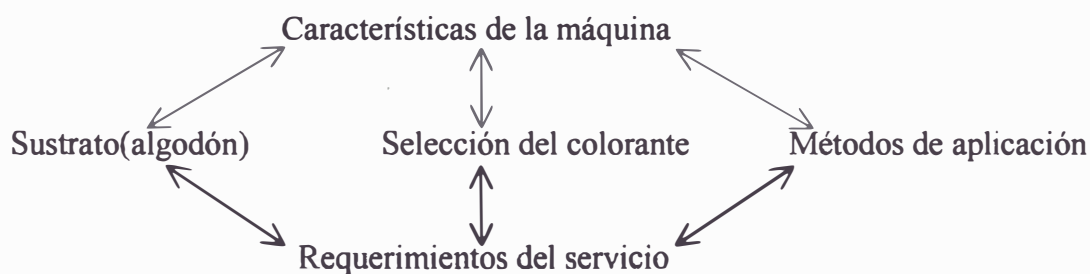
Es buena práctica usar relaciones de baño en el teñido en el laboratorio tan parecidas como sea posible a aquellas usadas en la máquina de producción.

Donde sean utilizadas máquinas de ultra baja relación de baño, con una relación de baño nominal entre 1:5 y 1:8 en tejidos de punto de algodón, es más apropiada una máquina de laboratorio con tubos rotatorios, que una de acción recíproca, que generalmente es utilizada.

El volumen inicial del baño debe tomar en cuenta el requisito de la adición del álcali, y el volumen final exacto del baño debe lograrse durante el periodo de fijación. Esto significa que la relación del baño durante la fase de agotamiento neutro es más corta que aquella durante la fase de fijación, particularmente si se usa como álcali el carbonato de sodio.

### **1.4 Selección de los colorantes reactivos y preparación de soluciones**

La selección de los colorantes apropiados para el desarrollo de un color contribuye considerablemente a la reproducibilidad de una receta de laboratorio en la producción. Al respecto se deben escoger los colorantes que, al combinarse sean compatibles, firmes y estables. Además se debe cumplir con una serie de requerimientos relacionados entre sí, tal como se muestra en la Fig.II.25.



*Fig.II.25: Factores relacionados con la selección del colorante*

Los colorantes reactivos deben prepararse como soluciones al 1% para la mayoría de los tonos (soluciones al 0,1% para los tonos muy pálidos o soluciones al 5% para los tonos muy oscuros para relaciones de baños largos) pesando con exactitud de 0,0001 y usando el mismo suministro de agua de la planta de tintorería. Los colorantes deben ser preparados usando agua a una temperatura máximas de 50°C y preferiblemente, a un pH de 7. Las soluciones preparadas deben mantenerse en frascos sellados para prevenir la evaporación y deben removerse cada día.

La exactitud de la dosificación de las cantidades requeridas de la solución del colorante es fundamental para lograr una buena reproducibilidad de laboratorio a producción. El uso de pipetas de dosificación electrónica es por tanto recomendados para proporcionar la mayor exactitud.

## **1.5 Preparación de soluciones de productos químicos y auxiliares**

### **a. Soluciones de electrolito y álcali**

Para optimizar la producción es muy importante que en cada entrega a producción, de electrolito, el Laboratorio debe revisar la conformidad con las especificaciones y donde sea necesario, implementar procedimientos de acción correctiva.

Se deben usar en la misma cantidad y de la misma calidad, tanto para los teñidos en el laboratorio como para la producción en planta, y deben ser tomados del suministro de la tintorería en vez de usar la calidad analítica.

Cuando se usa sal de Glauber, debe mantenerse el stock en un recipiente sellado para prevenir la absorción de humedad. Deben usarse soluciones de electrolito y del álcali para mejorar la exactitud en las cantidades a dosificar (las soluciones de sal de Glauber deben ser almacenadas a 30°C para prevenir la cristalización de la sal decahidratada), también debe tenerse en cuenta estos volúmenes de electrolito y de álcali para lograr la relación final correcta de baño durante el periodo de fijación (Anexo II.3).

Los álcalis basados en soda cáustica deben mantenerse en frascos tapados para prevenir la absorción del dióxido de carbono del ambiente que reducirá el contenido de hidróxido por conversión a carbonato. Esto afectaría seriamente el pH resultante y el rendimiento, conduciendo a pobre reproducibilidad<sup>[17]</sup>.

#### **b. Soluciones de productos auxiliares**

Los auxiliares del baño de teñido como son los agentes secuestrantes para remover impurezas residuales de la fibra del algodón o para quelar las impurezas del electrolito suministrado, tienen un efecto mínimo en el rendimiento del colorante, son recomendados para optimizar el rendimiento de teñido en producción. Se recomienda, sin embargo, como una buena práctica que estos sean incluidos en la misma cantidad en el teñido en laboratorio para asegurar condiciones idénticas.

### **1.6 Adición del álcali en el proceso de tintura**

La adición del álcali normalmente se realiza removiendo la tapa del recipiente del colorante y agregando con una pipeta. Actualmente se están introduciendo nuevos sistemas dónde las adiciones se pueden realizar por

inyección a través de un niple en la base del recipiente (Tecan, Mathis) o a través de tapas selladoras especialmente diseñadas que contienen una membrana reemplazable (Adchem, Roaches Pyrotec). Para el primer caso una unidad de programación se usa para automáticamente dosificar un volumen determinado en el recipiente del colorante, y en el segundo caso, la adición se realiza penetrando la membrana usando una jeringa hipodérmica.

### **1.7 Enjuague y jabonado de muestras teñidas**

El proceso de laboratorio debe apuntar a remover todo el colorante no fijado de la muestra teñida. Los colorantes antes dichos, referentes al agua del teñido, también son aplicables al proceso de enjuague y jabonado en donde trazas de impurezas de metal pueden dar alteraciones del tono sobre ciertos cromóforos y puede adversamente afectar la remoción de colorante no fijado.

La técnica recomendada es poner la muestra teñida en un recipiente y enjuagar por rebose con agua a aproximadamente a 50°C hasta que el agua salga clara, seguido de un neutralizado con una solución de ácido acético de 1 g/l. El jabonado no hace falta hacerlo con la misma relación de baño de la máquina, sino a aproximadamente 1:30 con una solución de jabón de 1 g/l durante 15 minutos a ebullición. Después del tratamiento del jabonado, se completa el proceso con un enjuague por rebose con agua a 50°C hasta que el agua salga clara.

Después del secado, la muestra deberá enfriarse y acondicionarse para que ilustre el tono correcto.

## **CAPÍTULO 3**

### **III. CONCLUSIONES**

1. Los colorantes reactivos son colorantes solubles que poseen un grupo reactivo responsable de la reacción química con la celulosa, formando un enlace del tipo covalente, bajo condiciones alcalinas pH 9-11 y temperaturas que van desde 40 a 80 °C, dependiendo del grado de reactividad y sustantividad del colorante reactivo.
2. La reacción química se lleva a cabo por el mecanismo de sustitución nucleofílica o adición nucleofílica o por medio de ambos dependiendo del tipo y número de grupos reactivos que posea la estructura del colorante reactivo.
3. Si el colorante posee como parte reactiva sistemas alifáticos el mecanismo de reacción será de adición nucleofílica y si el colorante posee como parte reactiva anillos heterocíclicos con átomos de nitrógeno y halógenos el mecanismo de reacción será de sustitución nucleofílica.
4. Un porcentaje sustancial del colorante reactivo reacciona con la celulosa y otro menor con el agua produciéndose así la hidrólisis del colorante, parte de éste es adsorbido por la fibra por lo que debe ser removido por un lavado posterior a fin de obtener el máximo nivel de solidez húmedas.
5. Los colorantes aptos para agotamiento deben poseer una buena sustantividad al mismo tiempo que un buen agotamiento, una buena migración antes de la adición del álcali y una buena lavabilidad de la tintura; en este sentido una buena difusión del colorante facilita la eliminación del colorante no fijado o hidrolizado y por esta razón la sustantividad no debe ser demasiada alta.

6. La mayor parte del proceso de teñido por agotamiento con colorantes reactivos se lleva a cabo en un tiempo arbitrario y este tiempo es elegido de tal manera que cuando el proceso termina, todo o casi todo el colorante ha desaparecido, ya sea por reacción con la celulosa o con el agua. El colorante que queda en su forma original es eliminado de la fibra al final del proceso, por lavado, y esta proporción de colorante será desperdiciado. Para evitar tiempos demasiados largos, es necesario aumentar la velocidad de reacción de los colorantes, especialmente de mediana reactividad.
  
7. Para obtener la máxima eficiencia de los colorantes reactivos deben considerarse dos factores. Primero trabajar a una temperatura tal que permita activar la reacción de fijación, pero que no active demasiado la hidrólisis ya que podría disminuir la eficiencia de la reacción. Segundo, aumentar el pH, pero hasta un cierto límite para no disminuir la afinidad del colorante por la fibra (lo que ocurre a valores altos de pH, debido a fuerzas de repulsión), con el consiguiente aumento de probabilidad que el colorante reaccione con el agua con pérdida de eficiencia del colorante. La eficiencia de fijación no es el único criterio para el resultado satisfactorio, también se consideran otros factores, tales como igualación y lavabilidad.
  
8. Desde su aparición de estos colorantes reactivos (1956), la investigación y producción que realizan los fabricantes de colorantes es cada vez más exigente, de tal manera que en la actualidad se tienen diversas gamas de colorantes reactivos para cada caso específico de teñido.

#### IV. BIBLIOGRAFÍA

1. Gacén Guillen J. & Maillo Garrido J., *Algodón y Celulosa, Estructura y Propiedades*, Terrasa, (1987)
2. Morton W.E. & Hearle J.W.S., *Physical Properties of Textiles Fibres*, The Textile Institute, Manchester, 46-50, (1947)
3. <http://www.portalagrario.pe>
4. Catálogo Kisco, *Teñido y Colorantes Synozol*, Ver. 2.0, Kyung-In Synthetic Corporation
5. <http://mx.geocities.com/alvolaje/carbohidratos>
6. Aspland J.R., *Textile Dyeing and Coloration*, American Association of Textile Chemists and Colorists, USA, (1997)
7. Shore John, *Cellulosics Dyeing*, Society of Dyers and Colourists, Manchester, (1995)
8. Costa Mirko, *Las Fibras Textiles y su Tintura*, Química Textil Vol.II, CONCYTEC, Lima, (1990)
9. Cegarra J., *Fundamentos Científicos y Aplicados de la Tintura de Materiales Textiles*, Madrid, (1987)
10. *Revista Mundo Textil*, N°62, Lima, 62, 33-35, (2002)
11. AATCC Technical Manual, American Association of Textile Chemists and Colorist, Vol 78, USA,(2003)
12. Lopez Rosario, Tesis "Fotodecoloración de un Azo Colorante Mediante el Proceso de UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>", Lima, 26-34, (2001)
13. <http://www.quiored/cromoforos>
14. <http://www.natukolor.com.mx>
15. Alvares Antonio, Teoría de la Tintura de Fibras Celulósicas, AAQCT
16. *Revista Mundo Textil*, N°69, Lima, 69, 52-53, (2003)
17. Tesche R., Remazol Automet, "La Tintura Eficaz según el Procedimiento de Agotamiento", Hoechst, (1990)



18. Corbani Franco, Nobilitazione dei Tessili, Parte III, Parte IV, ITS, (1978)
19. Catálogo NEW SELECT "Guía Práctica para una Producción Bien La Primera Vez", ICI Venezolana S.A.
20. Catálogo Cibacron FN/W, Colorantes Recientemente Innovados, (1997)
21. Revista Mundo Textil, N°57, Lima 57, 20-22, (2001)
22. Rodríguez Ontiveros J., Diccionario Textil Panamericano, "2da Ed., Madrid, (1971).

## **V. ANEXOS**

## ANEXO I.1

### ALGODÓN : Generalidades del Producto

#### Antecedentes

Los productos textiles, desde la agricultura creciente y el desarrollo de fibras hasta el tratamiento y la transformación de estas en tejidos y prendas de vestir tienen una larga y antigua tradición en el Perú. Los Incas, famosos y reconocidos por su cultura superior, en la cual el arte textil era una parte importante, hicieron tejidos muy hermosos y complejos, utilizando una variedad de fibras, calidades y técnicas, que son ahora exhibidos en los principales museos alrededor del mundo. Actualmente se han desarrollado las mas valiosas fibras vegetales que tiene el Perú, el algodón Pima y el Algodón Tangüis, el algodón en uno de los cultivos tradicionales más importantes para el desarrollo económico del país, por ser



f fuente generadora de divisas, demanda cantidad considerable de mano de obra y es el principal insumo para la industria textil, aceitera y la actividad pecuaria.

#### Variedades Comerciales

##### PIMA

Esta variedad deriva del tipo egipcio Mltaffi, que fue llevada a Estados Unidos donde se produjeron el Gliza, Yuma y Pima, siendo esta última la de mejores características por el tipo de planta, tendencia frutera y por tener hebra mas larga y fina. De esta variedad se obtienen hilos finos para camisa, vestidos y corbatas.

##### TANGÜIS

El algodón Tangüis fue desarrollado por un ingeniero peruano cuyo apellido, Tangüis, dio el nombre a esta calidad de fibra. La combinación de la semilla, la tierra y el clima hace que el algodón Tangüis tenga una fibra larga. De esta variedad se obtiene hilos para trama, polos finos, camisas drill telas para pantalones.

#### Calidad de fibra



La combinación de la semilla, la tierra, y el microclima ha hecho que el algodón Pima Peruano sea el algodón mas fino y de fibra más larga en el mundo, solamente comparable al algodón Egipcio. Cuando es procesado correctamente, tiene un brillo especial y una suavidad al tacto Insuperable, casi como un algodón mercerizado "natural". Además, a pesar de ser una fibra fina y larga, el algodón Pima es también más resistente que casi todos los demás algodones, haciendo las prendas más durables. El algodón Tangüis tiene fibra larga, cuando es procesado correctamente, brinda un tacto muy suave, tiene una absorción excelente y presenta una afinidad tintoral alta. Además, es una variedad de algodón muy fuerte y resistente haciendo las prendas más fuertes y durables.

Cuadro N° 1 Calidad de Fibra

| PIMA           | FIBRA                  | TANGÜIS       |
|----------------|------------------------|---------------|
| EXTRA LARGA    | LARGA                  |               |
| 38,10 a 41,27  | LONGITUD (mm)          | 29,36 a 32,54 |
| 92,5 a 100     | RESISTENCIA (Pressley) | 86 a 88       |
| 3,3 a 4,0      | FINURA (Micronaire)    | 4,6 a 5,8     |
| BLANCO CREMOSO | COLOR                  | BLANCO        |

## ALGODÓN : Ficha Técnica

### Denominación

**Nombre Común** Algodón

**Nombre Científico** Existen numerosas especies silvestres y cultivadas. Las variedades Pima y Tangüis pertenecen a la especie Gossypium Barbadense

**Origen** Las especies del viejo mundo son de Asia., Africa, Arabia e India. Las del nuevo mundo en Norte América, Galápagos y Sudamérica.

**Variedades** En el país las variedades más importantes son: Pima y Tangüis. Además tenemos Karnack, Del cerro, Acala, Aspero y País. Pero el Tangüis y El Pima constituyen más del 90% del valor de las exportaciones.

### Calificaciones internacionales

**Producto** Algodón

**Nombre en Inglés** Cotton

**Partida Arancelaria** 5201.10.00.00

### Clima, temperatura, suelo, otros

**Temperatura optima** 25-32°C

**Altura Planta** Pima: 1,50 - 1,80  
Tangüis: 1,80-2,20

**Suelo** Pima: Franco arcilloso, franco limoso.  
Tangüis: Franco llimoso, franco arenoso

### Usos Principales

**Pima** Industria textil, Industria aceitera, Manteca vegetal, Ganadería (pastas), etc.

**Tangüis** Industria textil, Industria aceitera, Manteca vegetal, Ganadería (pastas), etc.

## ALGODÓN : Producción

### Producción Mundial

La producción mundial en 1999 fue de 1,185'700,000 qq, siendo el principal productor la República Popular China con 22 % de la producción mundial, Estados Unidos 17 % India 14 %, Pakistán 8 % Uzbekistán 7 %, Turquía 4 %, Australia 3 %, Brasil 3 % y otros países representan el 22 %. para la India, Pakistán y Turquía, representa la base fundamental de su economía.

### Producción Nacional

Superficie Cosechada: En los últimos 10 años la superficie cosechada de algodón a disminuido significativamente, debido a factores adversos como las condiciones climáticas adversas al cultivo, y por los precios bajos y consiguiente baja rentabilidad. En 1990 la superficie cosechada de algodón a nivel nacional fue de 138,330 has, luego disminuye significativamente hasta el año 1993 a sólo 64,659 has, es decir se redujo dos veces la superficie cosechada de 1990; luego se inicia un periodo de recuperación desde 1994 hasta el año 1996, en la que se alcanza la mayor superficie cosechada de la última década.

| PIMA      | PERU                          | TANGUIS   |
|-----------|-------------------------------|-----------|
| 27,667 ha | SUPERFICIE COSECHADA PROMEDIO | 65,351 ha |
| 30%       | PORCENTAJE                    | 70%       |

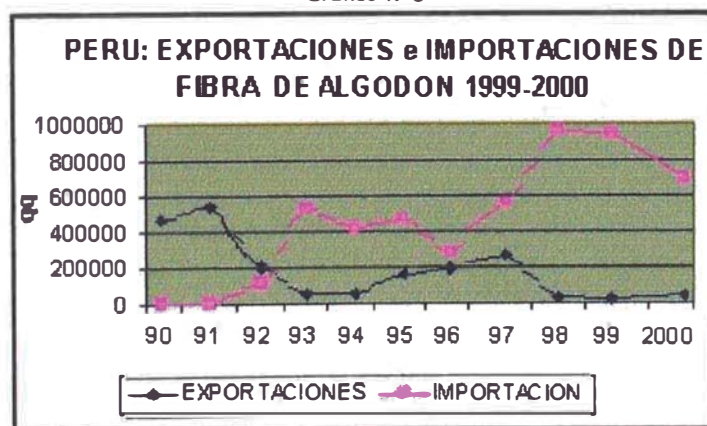
### Exportaciones:

Durante los últimos 10 años las exportaciones han disminuido drásticamente debido a la caída de la producción nacional y a la caída internacional de los precios. En el año 1991 se exportaron 44,152 qq que fue el volumen más alto de la última década, a partir de 1992 las exportaciones decrecieron drásticamente al extremo que sólo se exportaron 43,478 qq en el año 2000.

### Importaciones:

En la década de los años 70 y 80 el algodón era uno de los cultivos más importantes de exportación que generaba ingentes divisas para el país a partir del año 1992 esta situación se revierte de ser eminentemente exportadores ahora somos importadores netos de fibra de algodón, las importaciones se han incrementado muy significativamente acorde con la demanda y el crecimiento de la industria textil nacional; en los dos últimos años las importaciones han superado los 930,00 qq, es decir en los últimos 8 años el incremento anual de las importaciones es de 35 %.

Gráfico N°5



Los principales países proveedores de algodón a nuestro país son: Argentina, Bolivia, Estados Unidos y China.

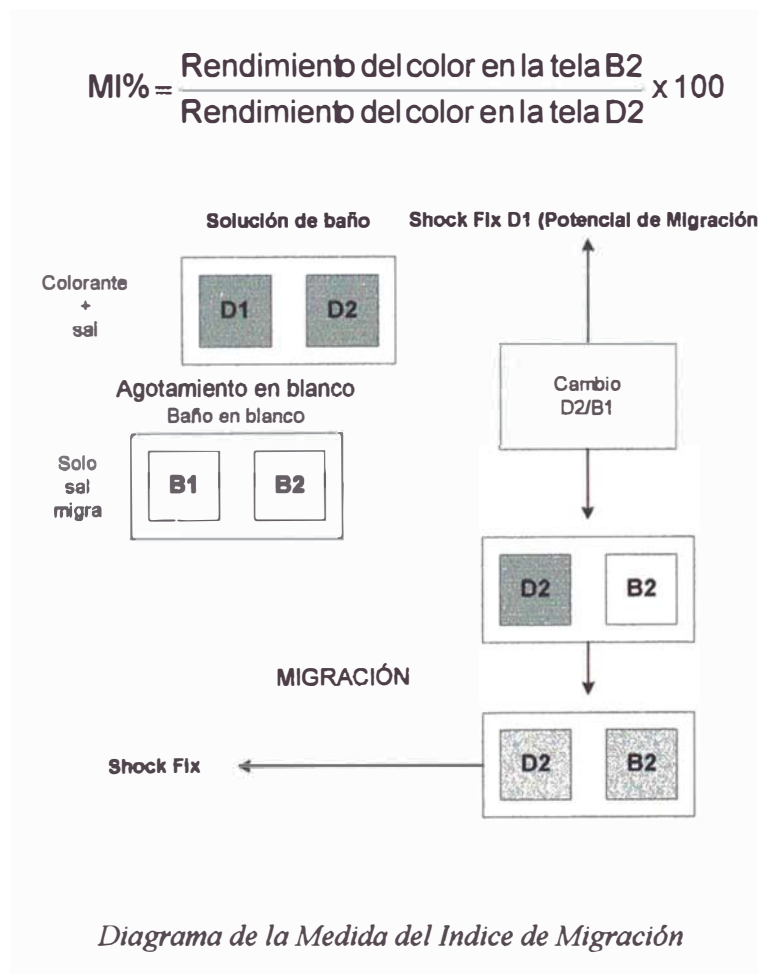
## ANEXO I.2

### MEDIDA DEL ÍNDICE DE MIGRACIÓN

El Índice de Migración (MI) es una medida de la habilidad del colorante de migrar durante el proceso de teñido antes de la fijación. Un alto índice de migración se asocia con un buen nivel de propiedades. Para demostrar este concepto, es apropiado hacer una descripción breve del método para cuantificar este índice.

En una máquina de teñido de laboratorio se coloca dos tubos A y B. El tubo A (solución del baño) contiene colorante, sal y dos pedazos de tela marcadas D1 y D2 (testigos). El tubo B (baño en blanco) contiene la misma cantidad de sal y dos pedazos de tela B1 y B2. Ambos tubos se llevan a 80°C por 30 minutos, después del cual la muestra D2 de la solución del baño se cambia por la muestra B1 del baño en blanco, antes de agregar al álcali. Se continuó el teñido por 60 minutos más a 80°C para realizar la fijación. Posteriormente, las muestras fueron reconocidas, lavadas y secadas.

El grado de migración durante el proceso de teñido puede ser valorado cuantitativamente por la diferencia del matiz de las muestras B2 y D2. Sin un colorante exhibe propiedades de migración perfecta, entonces el color de las muestras B2 y D2 serán idénticas.



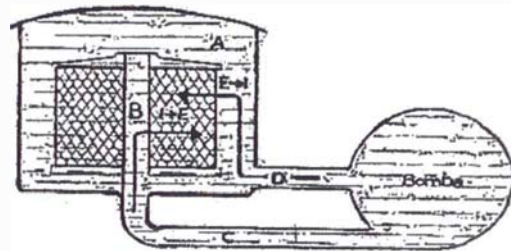
## ANEXO I.3

### MAQUINARIA DE TINTURA POR AGOTAMIENTO

#### A. Máquinas con el material textil estático y la solución de tintura en movimiento

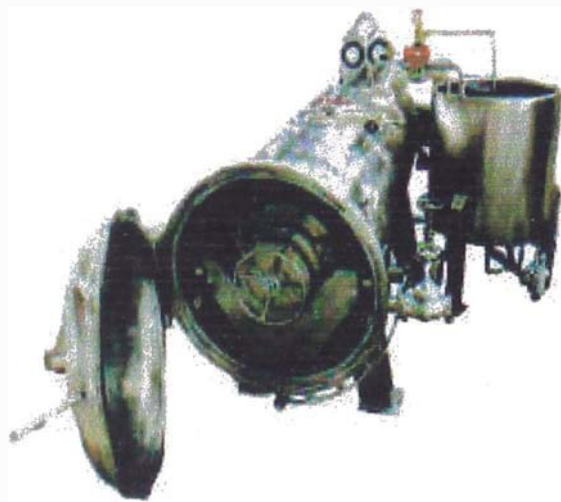
##### Empaquetados textiles

En general, constan de un recipiente metálico A, que contiene la solución de tintura y en el que se introduce un portamaterias B, conteniendo el material textil a teñir, de forma que cuando el líquido es expulsado al interior del recipiente A por los conductos C o D, puede atravesar la solución de tintura en una u otra dirección ( I -> E o E -> I ) de una manera uniforme, es necesario indicar que la forma como se presenta la materia es semejante a un cilindro hueco de un determinado espesor, y que la circulación se supone que preferentemente se efectúa en sentido radial.

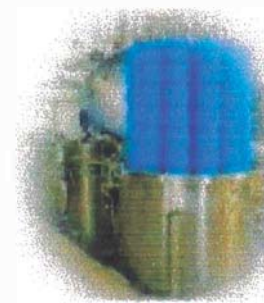


##### Tipo bobina

Es aquel que es indeformable, tanto en el bobinado como durante el proceso de tintura y que, por consiguiente, no permite absorber las tensiones que se puedan producir en el hilado como consecuencia del fenómeno de contracción que ocurre durante el proceso de tratamiento en húmedo.



*Autoclave Universal Horizontal*



**YARNSTAR  
COMAT**



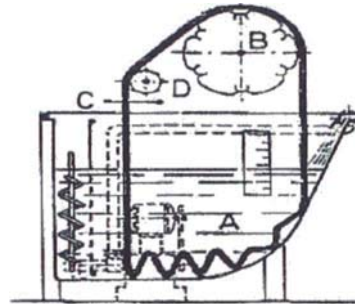
*Máquina para teñir bobinas*

## B. Máquinas con el material textil en movimiento y la solución de tintura estática

### Torniquete

Elementos:

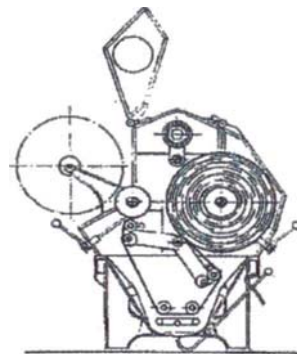
1. Una cuba de sección trapezoidal A, con uno de sus lados curvados, dividida en dos compartimientos, separados por un panel agujereado.
2. Un elemento motriz B, denominado devanadera.
3. Unos barrotes C, que a veces se convierten en otra devanadera según el tipo de artículo textil.
4. Un rodillo D, que a veces se convierte en otra devanadera según el tipo de artículo.



### Jigger

Elementos:

1. Dos cilindros de arrollamiento
2. Un equipo motriz, mecánico o eléctrico.
3. Una artesa de forma trapezoidal.
4. Un dispositivo ensanchador.
5. Cuvier de acero inoxidable



*Máquina de teñir: Jigger Hidráulico*



### C. Máquinas en las cuales tanto el material textil como la solución de tintura se encuentran en movimiento

#### Máquina de inyección directa: Jet puro

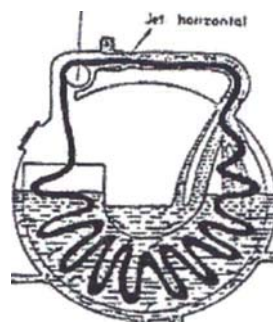
Esquema de jet Gaston County H

Elementos:

Una cuerda del tejido saliendo de la barca que contiene la solución, pasa por un tramo de la máquina sin líquido y entra en un tubo en donde se pone en contacto con el líquido proveniente de la bomba que se proyecta sobre el tejido por medio de una tobera ("jet") a gran velocidad produciendo el arrastre de este a grandes velocidades (200 - 300 mts/min)

Por la acción de la tobera y de las altas velocidades alcanzadas, se produce una fuerte acción mecánica de frotamiento sobre el tejido.

Rodillo recubierto de fibra elástica

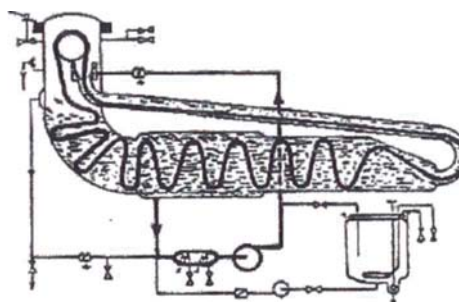


#### Máquina de pastera llena: Flujo progresivo

Esquema de la máquina Thies-R-Soft

Elementos:

El movimiento se efectúa por medio de una devanadera, la cual deposita el tejido en una cubeta a la cual fuye la solución mediante un rebosadero alimentado por la bomba; de la cubeta sale un tubo que contienen el tejido y la solución vertida por el rebosadero, la cual desciende por gravedad mayor o menor velocidad según el desnivel existente entre el rebosadero y la barca.

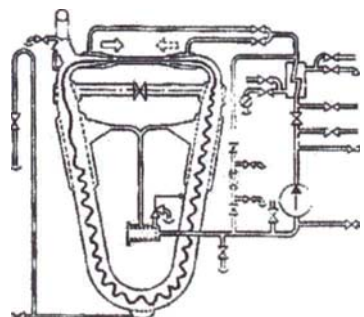


#### Máquinas de inyección indirecta: Jet sumergido

Esquema de la máquina Thies-R-Soft

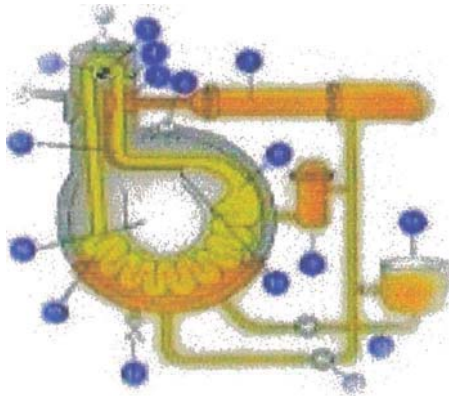
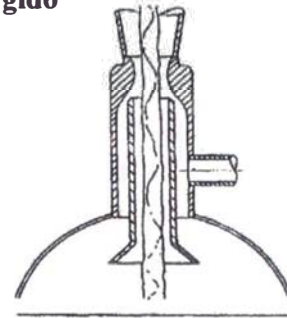
Elementos:

La acción de la tobera no se efectúa directamente sobre el tejido aislado, sino estando éste sumergido en la solución, la cual puede llenar o no completamente la máquina, dando origen a dos derivaciones de este tipo.

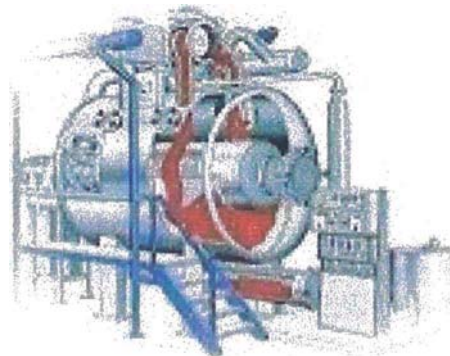


**Máquina de inyección mixta: Flujo progresivo y "jet" sumergido**

Es un dispositivo de inyector hidráulico aplicado a las máquinas "jet". El tejido es conducido a una cámara o cubeta en donde la velocidad del líquido es casi nula; esta cubeta va provista de un rebosadero, existiendo en la parte inferior de la misma una tobera que actúa sobre el tejido rodeado del líquido vertido por el rebosadero; después de la tobera se produce la mezcla de los dos líquidos, adquiriendo ésta una velocidad inter-media. El dispositivo actúa como un inyector hidráulico.



**RAPID STAR**



**AIRFLOW**



*Máquina de teñir a alta temperatura*



*Máquina de teñir a chorro de aire*

## **ANEXO I.4**

**A. SOLIDEZ A LA LUZ: AATCC Método de prueba 16-1998**

**Estabilidad del Color a la Luz**

**B. SOLIDEZ AL LAVADO: AATCC Método de prueba 61-1996**

**Estabilidad del Color al Lavado en Casa y Comercial**

**C. SOLIDEZ AL AGUA: AATCC Método de prueba 107-1997**

**Solidez del Color al Agua**

**D. SOLIDEZ AL FROTE: AATCC Método de prueba 8-1996**

**Solidez del Color al Desprendimiento del Color**

## Estabilidad del color a la luz

Desarrollado en 1964 por el Comité RA50 de AATCC; revisado en 1971, 1974, 1978, 1981, 1982, 1990 (reemplaza los Métodos de prueba 16-1987, 16A-1988, 16C-1988, 16D-1988, 16E-1987, 16F-1988 y 16G-1985 de AATCC), 1993; reconfirmado en 1977, 1998; revisado para publicación en 1983, 1984, 1986, 1995, 1996. Técnicamente equivalente a: Opción C-ISO 105-B01; Opción E-B02.

|  |       |
|--|-------|
| Aparatos y materiales .....                          | 6     |
| Patrones de comparación .....                        | 7     |
| Preparación de las muestras de prueba .....          | 8     |
| Condiciones de operación de los equipos.....         | 9     |
| Calibración y verificación.....                      | 10-12 |
| Medición de las unidades de decoloración AATCC ..... | 13-14 |
| Procedimientos de exposición de los equipos.....     | 15-18 |
| Procedimientos de exposición a la luz natural .....  | 19-22 |
| Evaluación de los resultados.....                    | 23-27 |
| Reporte .....  | 28    |
| Precisión y sesgo.....                               | 29-30 |
| Referencias.....                                     | 31    |
| Notas .....  | 32    |
| Anexos .....   | A-D   |

### 1. Objetivo y alcance

1.1 En este método de prueba se proporcionan los principios y procedimientos generales que se usan en la actualidad para determinar la estabilidad del color de los materiales textiles a la luz. Las opciones de prueba descritas son aplicables a materiales textiles de todo tipo y a los colorantes, acabados y tratamientos que se aplican a estos materiales.

Las opciones de prueba que se incluyen son:

- A—Lámpara de arco con electrodos de carbón, Luz continua
- B—Luz solar (Discontinua, ver 32.1)
- C—Luz natural
- D—Lámpara de arco con electrodos de carbón, Luz y oscuridad intermitentes
- E—Lámpara de arco de xenón refrigerada por agua, Luz continua
- F—Lámpara de arco de xenón refrigerada por agua, Luz y oscuridad intermitentes
- G—Estabilidad del color sobre L-7 (Discontinuada, ver 32.2)
- H—Lámpara de arco de xenón refrigerada por aire, Luz continua
- I—Lámpara de arco de xenón refrigerada por aire, Luz continua
- J—Lámpara de arco de xenón refrigerada por aire, Luz y oscuridad intermitentes.

1.2 El uso de estas opciones de prueba no implica, ya sea en forma expresa u otra, una prueba acelerada para una aplicación específica. El grado de correlación entre cualquier prueba de estabilidad del color a la luz y la exposición real en las condiciones de uso debe ser determinado matemáticamente y acordado por las partes contractuales.

1.3 Este método de prueba contiene las siguientes secciones como ayuda en el uso e implementación de las distintas opciones para determinar la estabilidad del color a la luz de los materiales textiles.

#### Sección

|                           |   |
|---------------------------|---|
| 1 Terminología .....      | 3 |
| Medidas de seguridad..... | 4 |
| Usos y limitaciones.....  | 5 |

### 2. Principio

2.1 Las muestras del material textil que se va a probar y el o los patrones de comparación que se acordaron se exponen simultáneamente a una fuente de luz bajo condiciones específicas. La estabilidad del color de la muestra a la luz se evalúa comparando el cambio de color de la parte expuesta de la muestra de prueba con la parte de control enmascarada o con el material original no expuesto, usando la Escala de grises para cambio de color de AATCC o mediante una medición instrumental del color. La clasificación de la estabilidad del color a la luz se realiza mediante su evaluación con respecto a una serie expuesta simultáneamente de Patrones de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul.

### 3. Terminología

3.1 Patrón de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul, s.—uno de un grupo de tejidos de lana teñidos distribuidos por AATCC, usados para determinar la cantidad necesaria de exposición a la luz de las muestras durante pruebas de estabilidad del color a la luz (ver 32.3).

3.2 Unidad de decoloración AATCC (AFU, en su sigla en inglés), s.—cantidad específica de exposición realizada en las condiciones especificadas en distintos métodos de prueba, en que una AFU es un vigésimo (1/20) de la exposición a la luz necesaria para producir un cambio de color igual al cambio del Paso 4 de la Escala de grises para cambio de color o  $1.7 \pm 0.3$  de unidades CIELAB de diferencia de color en el Patrón L4 de AATCC para la estabilidad del color a la luz de lana azul.

3.3 termómetro con panel negro, s.—dispositivo para medir la temperatura, cuya unidad de lectura está revestida con negro para absorber la mayor parte de la energía radiante que se encuentre en las pruebas de estabilidad del color a la luz (ver 32.4).

3.3.1 Este dispositivo entrega una estimación de la temperatura máxima que una muestra puede alcanzar durante la exposición a la luz natural o artificial. Cualquier desviación de la relación física y simetría de las partes de este dispositivo que se describen en el punto 32.4 puede influir en la temperatura medida.

3.4 termómetro estándar negro, s.—dispositivo para medir la temperatura, cuya unidad de lectura está revestida con negro para absorber la mayor parte de la energía radiante que se encuentre en las pruebas de estabilidad del color a la luz y que está aislado térmicamente con una placa de plástico (ver 32.5).

3.4.1 Este dispositivo entrega una estimación de la temperatura máxima que una muestra puede alcanzar durante la exposición a la luz natural o artificial. Cualquier desviación de la relación física y simetría de las partes de este dispositivo que se describen en el punto 32.5 puede influir en la temperatura medida. La temperatura medida con el termómetro estándar negro no será la misma que aquella medida con el termómetro con panel negro; en consecuencia, no se pueden usar indistintamente.

3.5 radiómetro de paso de banda ancha, s.—término relativo aplicado a los radiómetros que tienen un ancho de banda de más de 20 nm a un 50% de transmitancia máxima y que se puede usar para medir la irradiación en longitudes de onda como 300-400 nm o 300-800 nm.

3.6 cambio de color, s.—cuando se usa en pruebas de estabilidad del color, un cambio de color de cualquier tipo (ya sea un cambio en la tonalidad, intensidad de color o claridad).

3.7 estabilidad del color, s.—la resistencia de un material a cambiar cualquiera de sus características de color, a transferir su o sus colorantes a materiales adyacentes, o a ambos, como resultado de la exposición del material a cualquier ambiente que pueda existir durante el procesamiento, prueba, almacenamiento o uso del material.

3.8 estabilidad del color a la luz, s.—la resistencia de un material a cambiar sus características de color como resultado de la exposición del material a la luz solar o a una fuente de luz artificial.

3.9 radiación infrarroja, s.—energía radiante en la cual las longitudes de onda e los componentes monocromáticos son mayores que aquellas de la radiación visible y menos de 1 mm.

NOTA: Los límites del rango espectral de la radiación infrarroja no están bien definidos y pueden variar según el usuario. En el rango espectral, el Comité E-2.1.2 de CIE distingue entre 780 nm y 1 mm:

IR-A 780-1400 nm  
IR-B 1.4-3.0  $\mu\text{m}$   
IR-C 3  $\mu\text{m}$  a 1 mm

3.10 irradiación, s.—energía radiante por área de unidad como una función de la longitud de onda expresada en watt por metro cuadrado,  $\text{W}/\text{m}^2$ .

3.11 designación "L", s.—el número secuencial dado a cada Patrón de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul, de acuerdo con la cantidad de Unidades de decoloración necesarias para producir un cambio de color igual a aquel del Paso 4 de la Escala de grises para cambio de color de AATCC.

NOTA: En la Tabla II se entrega la relación numérica entre las designaciones "L" de los patrones y su estabilidad del color a la luz en AFU. La estabilidad del color a la luz de una muestra de tejido se puede determinar comparando el cambio de color experimentado después de la exposición a la luz con el Patrón de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul más similar que se muestra en la Tabla III.

3.12 langley, s.—unidad de radiación solar total equivalente a una calorímetro por centímetro cuadrado de superficie irradiada.

NOTA: Las unidades recomendadas internacionalmente son: Julio (J) para cantidad de energía radiante, watt (W) para cantidad de energía radiante y metro cuadrado ( $\text{m}^2$ ) para área. Se deben usar los siguientes factores: 1 langley = 1  $\text{cal}/\text{cm}^2$ ; 1  $\text{cal}/\text{cm}^2 = 4.184 \text{ J}/\text{cm}^2$  ó 41840  $\text{J}/\text{m}^2$ .

3.13 estabilidad del color a la luz, s.—propiedad de un material, generalmente un número asignado, que representa un cambio ordenado por rangos de sus características de color como resultado de la exposición del material a la luz solar o a una fuente de luz artificial.

3.14 radiómetro de paso de banda estrecha, s.—término relativo aplicado a los radiómetros que tienen un ancho de banda de 20 nm o menos a un 50% de transmitancia máxima y se puede usar para medir la irradiación en longitudes de onda como 340 ó 420,  $\pm 0.5 \text{ nm}$ .

3.15 fotocromismo, s.—designación cualitativa para un cambio reversible de color de cualquier tipo (ya sea un cambio en tonalidad o intensidad de color) que se advierte de inmediato luego del término de las exposiciones a la luz cuando el área expuesta de una muestra es comparada con el área no expuesta.

NOTA: La reversión del cambio de color o inestabilidad de la tonalidad o intensidad de color después de permanecer en la oscuridad diferencia al fotocromismo de la decoloración.

3.16 piranómetro, s.—radiómetro utilizado para medir la irradiación solar global o, si está inclinado, la irradiación solar hemisférica.

3.17 energía radiante, s.—energía por unidad de tiempo emitida, transferida o recibida como radiación.

3.18 radiómetro, s.—instrumento utilizado para medir la energía radiante.

3.19 irradiación total, s.—energía radiante integral en todas las longitudes de onda en un punto en el tiempo expresada en watt por metro cuadrado ( $\text{W}/\text{m}^2$ ).

3.20 radiación ultravioleta, s.—energía radiante en la cual las longitudes de onda de los componentes cromáticos son más pequeñas que aquellas de la radiación visible y de más de 100 nm.

NOTA: Los límites del rango espectral de la radiación ultravioleta no están bien definidos y pueden variar según el usuario. En el rango espectral, el Comité E-2.1.2 de CIE distingue entre 400 y 100 nm:

UV-A 315-400 nm  
UV-B 280-315 nm  
UV-C 100-280 nm

3.21 radiación visible, s.—toda energía radiante capaz de causar una sensación visual.

NOTA: Los límites del rango espectral de la radiación visible no están bien definidos y pueden variar según el usuario. El límite inferior generalmente se toma entre 380 y 400 nm y el límite superior entre 760 y 780 nm (1 nanómetro, 1  $\text{nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ).

3.22 tejido de referencia de xenón, s.—tejido de poliéster teñido que se utiliza para verificar las condiciones de temperatura de la cámara de prueba del equipo de arco de xenón durante un ciclo de pruebas de estabilidad del color a la luz (ver 32.6, 32.7 y 32.9).

3.23 En el *Glosario de Terminología de Estándares de AATCC* se encuentran definiciones de otros términos relativos a la estabilidad del color a la luz utilizados en este método de prueba.

#### 4. Medidas de seguridad

NOTA: Las siguientes medidas de seguridad sólo se entregan a modo de información. Estas medidas son adicionales a los procedimientos de prueba y no pretenden abarcar todas las medidas de precaución. Es responsabilidad del usuario usar técnicas seguras y adecuadas durante la manipulación de los materiales en este método de prueba. Se DEBE consultar a los fabricantes sobre detalles específicos, solicitándoles las hojas de datos de seguridad de materiales y otras recomendaciones del fabricante. También se deben consultar y seguir todas las normas y reglas OSHA.

4.1 Antes de hacer funcionar los equipos de prueba, lea y comprenda las instrucciones del fabricante. El operador es responsable de respetar las instrucciones del fabricante acerca de la operación segura.

4.2 Los equipos de prueba contienen fuentes de luz de alta intensidad. No mire directamente la fuente de luz. La puerta de la cámara de pruebas se debe mantener cerrada durante la operación de los equipos.

4.3 Antes de hacer el mantenimiento de las fuentes de luz, espere 30 minutos después que haber finalizado la operación de las lámparas para que éstas se enfríen.

4.4 Cuando esté haciendo el mantenimiento de los equipos de prueba, apague el interruptor de apagado (off) en el panel frontal y el interruptor principal de desconexión de la alimentación. En caso de existir, asegúrese de que esté apagada la luz indicadora de alimentación principal que está ubicada en el panel frontal del equipo.

4.5 Una exposición prolongada de la piel y los ojos a la luz natural puede ser peligrosa para la salud y, por lo tanto, es necesario tomar las medidas de precaución necesarias para proteger estas áreas del cuerpo. En ninguna circunstancia debe mirar directamente al sol.

4.6 Se deben seguir procedimientos de laboratorio seguros. Use lentes de seguridad en todas las áreas de laboratorio.

#### 5. Usos y limitaciones

5.1 No todos los materiales se ven afectados del mismo modo cuando están expuestos a la misma fuente de luz y entorno. Es posible que los resultados obtenidos mediante alguna de las opciones de prueba no sean representativos de aquellos logrados en alguna otra opción de prueba u otra aplicación de empleo final, salvo que se determine una correlación matemática para un material y/o aplicación dados. Las Opciones A, C y E de estabilidad del color a la luz han sido utilizadas de manera generalizada en el comercio para pruebas de aceptación de materiales textiles. Es probable que entre los equipos suministrados por diferentes fabricantes haya una diferencia notoria en la distribución de la energía espectral, las ubicaciones de los sensores de temperatura y humedad del aire y el tamaño de las cámaras de prueba, lo que puede originar diferencias en los resultados de prueba reportados. En consecuencia, los datos obtenidos de los equipos suministrados por diferentes fabricantes, de diferentes tamaños de cámaras de prueba o diferentes combinaciones de fuentes de luz y filtro no se pueden usar indistintamente, salvo que se haya establecido una correlación matemática. El Comité RA50 de AATCC no conoce ninguna correlación entre los aparatos de prueba construidos en forma diferente.

.2 Los resultados obtenidos mediante el Arco de xenón, Opción E, para todos los materiales deberían coincidir bastante con los resultados obtenidos mediante el método de Luz natural, Opción C (ver la Tabla II). Puesto que la distribución espectral del Arco de xenón, Opciones F, H, I y J, al estar equipado con el vidrio inactínico especificado, es muy similar a la luz natural promedio o común tras el vidrio de una ventana, se espera que los resultados concuerden con los resultados obtenidos en Luz natural, Opción C. Las dos opciones de arco con electrodos de carbón, A y D, de acuerdo a las condiciones especificadas, generarán resultados coincidentes con los obtenidos en la Opción C, Método de luz natural, a menos que el material que se esté probando se vea afectado adversamente por la diferencia de las características espectrales del arco con electrodos de carbón y la luz natural.

5.3 Al usar este método de prueba, la opción de método de prueba seleccionada debe incorporar los efectos de luz, humedad y calor basados en la experiencia y los datos históricos. La opción seleccionada también debe reflejar las condiciones de empleo final esperadas para el material que se va a probar.

5.4 Al usar este método de prueba, use un patrón de comparación que tenga un cambio conocido en la estabilidad del color a la luz después de una exposición específica, para poder compararla con el material que se va a probar. Para este propósito, se han usado de manera generalizada los Patrones de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul.

## 6. Aparatos y materiales

6.1 Patrones L2 a L9 de estabilidad del color a la luz de lana azul de AATCC (ver 32.3 y 32.8).

6.2 Tejido de referencia de xenón (ver 32.6, 32.7, 32.8 y 32.9).

6.3 Patrón L2 de decoloración de lana azul de AATCC para 20 Unidades de decoloración (AFU) de AATCC (ver 32.8).

6.4 Patrón L4 de decoloración de lana azul de AATCC para 20 Unidades de decoloración (AFU) de AATCC (ver 32.8).

6.5 Patrón de decoloración para tejido de referencia de xenón (ver 32.8).

6.6 Escala de grises para cambio de color de AATCC (ver 32.8).

6.7 Cartulina: una hoja de 163 g/m<sup>2</sup> (90 lb), White Bristol Index (ver 32.7 y 32.10).

6.8 Máscaras de prueba elaboradas de un material con una transmitancia de luz cercana a cero y adecuadas para múltiples niveles de exposición, tales como 10, 20, 40, etc., AFU (ver 32.11).

6.9 Termómetro con panel negro (ver 3.3, 32.4 y 32.12).

6.10 Termómetro estándar negro (ver 3.4 y 32.12).

NOTA: No se debe confundir el Termómetro con panel negro con el Termómetro estándar negro que se usa en las Opciones H, I, J y en algunos procedimientos de prueba europeos. Las temperaturas, cuando se miden con estos dos dispositivos diferentes, generalmente no concuerdan al realizarse bajo las mismas condiciones de prueba. El término *Termómetro negro*, cuando se usa en este método, se refiere tanto al Termómetro con panel negro como al Termómetro estándar negro.

6.11 Espectrofotómetro o Colorímetro (ver 31.2).

6.12 Aparato de decoloración con lámpara de arco de xenón, opcionalmente equipado con monitores de luz y sistemas de control (ver 32.12 y los Anexos A y D).

6.13 Gabinete de exposición a la luz natural (ver 32.13 y el Anexo B).

6.14 Aparato de decoloración con lámpara de arco con electrodos de carbón (ver 32.12 y el Anexo C).

## 7. Patrones de comparación

7.1 Para todas las opciones se prefieren los Patrones de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul, según están definidos en el Método 16. Sin embargo, es posible que el grado de decoloración de cualquier Patrón de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul realizado mediante una opción de prueba no concuerde con el de otras opciones de prueba.

7.2 El patrón de referencia puede ser cualquier material textil adecuado del cual se conozca el índice de cambio de color. Las partes contractuales deben determinar y acordar los patrones de referencia que se usarán para la comparación. Los patrones deben ser expuestos al mismo tiempo que la muestra de prueba. El uso del patrón ayuda a que cada cierto tiempo se pueda determinar cualquier variación de los equipos y los procedimientos de prueba. Si los resultados de las pruebas realizados con los patrones expuestos difieren en más de un 10% de los datos conocidos de éstos, revise completamente las condiciones de operación de los equipos de prueba y corrija cualquier funcionamiento defectuoso o parte defectuosa. Después de eso, repita la prueba.

## 8. Preparación de las muestras de prueba

8.1 Número de muestras—Para las pruebas de aceptación, use al menos tres muestras repetidas tanto del material que se va a probar como del patrón para comparación a fin de asegurar la precisión, a menos que el comprador y el proveedor hayan acordado otra cosa.

NOTA: Se tiene conocimiento de que en la práctica se usa una muestra de prueba y una de control para propósitos de prueba. Aunque dicho procedimiento no es aceptable en casos de litigio, es posible que sea suficiente en pruebas de rutina.

8.2 Corte y montaje de las muestras—Identifique cada muestra usando una etiqueta resistente al entorno que existirá durante la prueba. Monte las muestras en marcos, de modo que la superficie de la muestra de prueba y de la muestra de referencia estén a la misma distancia de la fuente de luz. Use cubiertas que eviten la compresión de la superficie de las muestras, especialmente al probar tejidos de pelo. La muestra de prueba y los patrones de referencia deben tener el mismo tamaño y la misma forma. Cuando use un portamuestras de 150.0 mm (6.0 pulgadas) de cuatro posiciones en un bastidor para muestras de dos niveles, no coloque las muestras de prueba o de referencia en las posiciones más externas. Corte y prepare las muestras de prueba para su exposición de la siguiente manera:

8.2.1 Respaldo de las muestras—Para todas las opciones, monte las muestras y patrones en cartulina blanca. Cuando las muestras de prueba se enmascaran, use máscaras de prueba de transmitancia de luz cercana a cero. Para la Opción C, coloque las muestras de prueba montadas, cortadas y enmascaradas, en marcos con respaldo como se indica en una especificación aplicable: como respaldo abierto metal sólido o respaldo sólido (ver 32.7, 32.10 y 32.11).

8.2.2 Tejido—Corte muestras de tejido con el sentido longitudinal en dirección paralela al sentido de fabricación (urdimbre), de 70.0 × 120.0 mm (2.75 × 4.7 pulgadas) como mínimo, y asegúrese de que el área expuesta no mida menos de 30.0 × 30.0 mm (1.2 × 1.2 pulgadas). Fije las muestras con respaldo en los marcos que se suministran con el aparato de prueba. Asegúrese de que las cubiertas frontal y trasera de los portamuestras hagan buen contacto con las muestras y trace una línea clara de demarcación entre el área expuesta y no expuesta sin comprimir innecesariamente la muestra (ver 32.14 y 32.15). Cuando sea necesario para evitar el deshilachamiento, las muestras se pueden ribetear cosiéndolas festoneándolas o fundiéndolas.

8.2.3 Hilados—Enrolle o fije los hilados en bastidores de cartulina blanca a una longitud de aproximadamente 150.0 mm (6.0 pulgadas). Sólo se evalúa aquella parte de los hilados que queda expuesta directamente a la energía radiante para ver si experimenta un cambio de color. Enrolle los hilados muy apretados en el marco, hasta un ancho de 25.0 mm (1.0 pulgadas) como mínimo. La muestra de control debe contener el mismo número

Tabla I—Condiciones de puesta en marcha de los equipos por opción

| ponente   | Opción A                                     | Opción D                      | Opción E                 | Opción F                 | Opción H                               | Opción I                   | Opción J                   |
|---|--|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|--|----------------------------|----------------------------|
| te de luz   | Carbón encerrado <sup>a</sup>                | Carbón encerrado <sup>a</sup> | Xenón <sup>b</sup>       | Xenón <sup>b</sup>       | Xenón <sup>c</sup>                     | Xenón <sup>c</sup>         | Xenón <sup>c</sup>         |
| itores y controles de luz   | No   | No                            | Opcional                 | Opcional                 | Opcional                               | Opcional                   | Opcional                   |
| Enfriamiento de la lámpara  | Aire   | Aire                          | Agua                     | Agua                     | Aire                                   | Aire                       | Aire                       |
| Diámetro del bastidor para muestras                                 | a  | a                             | b                        | b                        | c                                      | c                          | c                          |
| Temperatura de termómetro con panel negro, Ciclo de luz             | 63 ± 3C<br>(145 ± 6F)                        | 63 ± 3C<br>(145 ± 6F)         | 63 ± 1C<br>(145 ± 2F)    | 63 ± 1C<br>(145 ± 2F)    | —                                      | —                          | —                          |
| Temperatura de termómetro estándar negro, Ciclo de luz              | —  | —                             | —                        | —                        | 60 ± 3C<br>(140 ± 8F)                  | 70 ± 1C<br>(158 ± 2F)      | 70 ± 1C<br>(158 ± 2F)      |
| Termómetro de bola seca, Ciclo de luz                               | 43 ± 2C<br>(110 ± 4F)                        | 43 ± 2C<br>(110 ± 4F)         | 43 ± 2C<br>(110 ± 4F)    | 43 ± 2C<br>(110 ± 4F)    | 32 ± 5C<br>(90 ± 9F)                   | 43 ± 2C<br>(110 ± 4F)      | 43 ± 2C<br>(110 ± 4F)      |
| Ciclo de oscuridad  | —  | 43 ± 2C<br>(110 ± 4F)         | —                        | 43 ± 2C<br>(110 ± 4F)    | —                                      | —                          | 43 ± 2C<br>(110 ± 4F)      |
| Humedad relativa del aire, % Ciclo de luz                           | 30 ± 5                                       | 35 ± 5                        | 30 ± 5                   | 35 ± 5                   | 30 ± 5                                 | 30 ± 5                     | 35 ± 5                     |
| Ciclo de oscuridad  | —  | 90 ± 5                        | —                        | 90 ± 5                   | —                                      | —                          | 90 ± 5                     |
| Ciclo de luz, horas Encendido                                       | Continuo                                     | 3.8                           | Continuo                 | 3.8                      | Continuo                               | Continuo                   | 3.8                        |
| Apagado   | —  | 1.0                           | —                        | 1.0                      | —                                      | —                          | 1.0                        |
| Tipo de filtro Externo  | Óxido de boro                                | Óxido de boro                 | Cal sodada               | Cal sodada               | (Siete Óxidos de boro esp. IR Absorb.) | Cal sodada                 | Cal sodada                 |
| Interno   | —  | —                             | Óxido de boro            | Óxido de boro            | —                                      | Cuarzo                     | Cuarzo                     |
| Bastidor para muestras, RPM   | 1  | 1                             | 1                        | 1                        | 5 <sup>b</sup>                         | 2                          | 2                          |
| Lámpara, filtro y mecha trenzada Cambios en las horas de operación: |  |                               |                          |                          |  |                            |                            |
| Filtro externo  | 2000   | 2000                          | 2000                     | 2000                     | Ningún cambio <sup>d</sup>             | 2000                       | 2000                       |
| Filtro interno  | —  | —                             | 400                      | 400                      | 3500                                   | Ningún cambio <sup>d</sup> | Ningún cambio <sup>d</sup> |
| Fuente de luz   | 20 a 24                                      | 20 a 24                       | 2000 <sup>d</sup>        | 2000 <sup>d</sup>        | 1500 <sup>d</sup>                      | 1500 <sup>d</sup>          | 1500 <sup>d</sup>          |
| Interference Filter   | —  | —                             | 9000 <sup>e</sup>        | 9000 <sup>e</sup>        | —                                      | —                          | —                          |
| Wicks (if applicable)   | 160  | 160                           | 160                      | 160                      | —                                      | —                          | —                          |
| Tipo de carbón  | De mecha/<br>Sólido                          | De mecha/<br>Sólido           | —                        | —                        | —                                      | —                          | —                          |
| Voltaje   | 120-145                                      | 120-145                       | —                        | —                        | 215-225                                | —                          | —                          |
| Amperio   | 14-17  | 14-17                         | —                        | —                        | —                                      | —                          | —                          |
| Irradiancia W/m <sup>2</sup> /nm (a 420 nm)                         | —  | —                             | 1.10 ± 0.03 <sup>f</sup> | 1.10 ± 0.03 <sup>f</sup> | 1.25 ± 0.2 <sup>f</sup>                | 1.10 ± 0.03 <sup>f</sup>   | 1.10 ± 0.03 <sup>f</sup>   |
| Irradiancia W/m <sup>2</sup> (300-400 nm)                           | —  | —                             | —                        | —                        | 65 ± 1                                 | 48 ± 1                     | 48 ± 1                     |
| Requerimientos de agua (suministro)                                 | desmineralizada, destilada u ósmosis inversa |                               |                          |                          |  |                            |                            |
| Tipo  | menos de 17ppm, preferentemente menos de 8   |                               |                          |                          |  |                            |                            |
| Sólidos—ppm   | 7 ± 1  |                               |                          |                          |  |                            |                            |
| pH  | Ambiente 16 ± 5C (61 ± 9F)                   |                               |                          |                          |  |                            |                            |
| Temperatura   |  |                               |                          |                          |  |                            |                            |
| Frecuencia de limpieza horas de operación:                          | 160  | 160                           | 160                      | 160                      | 160                                    | 160                        | 160                        |
| Termistor negro   | 600  | 600                           | 600                      | 600                      | 600                                    | 600                        | 600                        |
| Cámara de prueba  | 600  | 600                           | 600                      | 600                      | 600                                    | 600                        | 600                        |
| Cámara de acondicionamiento   | 160  | 160                           | 160                      | 160                      | 160                                    | 160                        | 160                        |
| Conjunto de lámparas  | 160  | 160                           | 160                      | 160                      | —                                      | —                          | —                          |
| Electrodo de luz de cuarzo  | 160  | 160                           | 160                      | 160                      | —                                      | —                          | —                          |

<sup>a</sup> Ver el Anexo C.

<sup>b</sup> Ver el Anexo A.

<sup>c</sup> Ver el Anexo D.

<sup>d</sup> Vea las instrucciones del fabricante. Para las Opciones I y J, que tienen tres lámparas, una lámpara se cambia en un calendario de rotación cada 500 horas para minimizar la caída general de la energía radiante.

<sup>e</sup> Horas de operación de luz continua o 18 meses de uso, lo que ocurra primero.

<sup>f</sup> Cuando está equipado para controlar la irradiancia. Para la Opción H, la irradiancia de 1.25 W/m<sup>2</sup> medida a 420nm es aproximadamente igual a 65 W/m<sup>2</sup> medida de 300-400 nm. Para las Opciones I y J, la irradiancia de 1.1 W/m<sup>2</sup> medida a 420 nm es aproximadamente igual a 48 W/m<sup>2</sup> medida de 300-400 nm.

de hebras que la muestra sujeta a exposición. Después de completada la exposición, junte aquellas hebras que están expuestas de frente a la fuente de luz usando una cinta adhesiva u otro tipo de cinta de 20.0 mm (0.75 pulgadas) para mantener unidos los hilados en el marco de exposición para su evaluación (ver 32.15).

## Condiciones de operación de los equipos

### 9. Preparación del aparato de prueba

9.1 Si es posible, instale el aparato de prueba en una habitación en que la temperatura y la humedad relativa del aire puedan ser controlados, con el propósito de minimizar los efectos de las variaciones en el suministro de aire.

9.2 Asegúrese de que la calibración del aparato de prueba sea verificado al inicio de cada prueba. Reemplace los filtros astillados, rotos o cuando se produzca decoloración u opacidad. Para las opciones con lámparas de xenón, en los casos en que no haya disponible ningún equipo automático de monitoreo de luz, elimine los tubos y filtros de las lámparas de xenón en los intervalos recomendados por el fabricante o antes, o cuando ya no se puedan obtener 20 Unidades de decoloración AATCC en  $20 \pm 2$  horas (de reloj) de operación con luz continua (ver 32.16).

9.3 Detenga todas las unidades de nebulización de las muestras y bastidores.

9.4 Las unidades termométricas con panel negro y estándar negra indican la irradiancia absorbida, menos el calor disipado por conducción y convección. Mantenga en buenas condiciones el lado negro de estas unidades termométricas. Aunque está revestido con un acabado de alta calidad, puede sufrir deterioro cuando está expuesto en el aparato de prueba. Por lo tanto, límpielo y púlalo periódicamente con una cera para automóviles de buena calidad. Mantenga una unidad termométrica de control para verificar periódicamente que la unidad en operación esté en conformidad con las normas. Cuando una unidad termométrica en operación no cumple con los límites establecidos para el procedimiento de prueba con respecto a la unidad de control, reemplace la unidad.

9.5 Fije las condiciones de operación del equipo de acuerdo con la Tabla I y la opción especificada.

9.6 Instale una tarjeta o leva de programa u otro mecanismo en el aparato de prueba cuando sea necesario obtener el ciclo de luz especificado. Complete el bastidor para muestras con cartulina blanca con marcos y el termómetro negro requerido. La cartulina blanca se usa para simular el flujo en la cámara de prueba durante la exposición de prueba y no se deben incluir las muestras de prueba reales. Sostenga la unidad termométrica ne-

gra en el bastidor o tambor para muestras de la misma manera que los marcos de muestra de prueba. Cuando no hay indicadores externos, sea la unidad termométrica negra a través de la ventana en la puerta de la cámara de prueba. Opere y controle el aparato de prueba como se especifica en la Tabla I y de acuerdo a lo indicado por el fabricante. Opere el aparato de prueba en este modo y ajuste la temperatura de los termómetros de bola seca y húmedos de la cámara, o el termómetro e higrómetro de la cámara, para proporcionar la temperatura requerida en el termómetro con panel negro o termómetro estándar negro, termómetro de bola seca y humedad relativa del aire.

9.7 Apague el aparato de prueba después de hacerlo funcionar en las condiciones controladas durante un mínimo de 24 horas. Saque la cartulina blanca del bastidor para muestras.

9.8 Para obtener información adicional para preparar y operar el aparato de prueba, consulte las instrucciones del fabricante y lo siguiente:

9.8.1 Para las Opciones A y D, use la Norma de prueba ASTM G 23, Método 3 (ver 31.3).

9.8.2 Para la Opción C, use la Norma de prueba ASTM G 24 (ver 31.4).

9.8.3 Para las Opciones E, F, H, I y J, use la Norma de prueba ASTM G 26, Método C o D, según corresponda (ver 31.5).

9.8.4 Para las Opciones pertinentes, consulte ISO 105, Parte B.

### Calibración, verificación y medición de la unidad de decoloración AATCC

#### 10. Calibración por los patrones de estabilidad del color de la azul de AATCC

10.1 Opciones A, D, E, F, H, I y J: exponga el Patrón L4 de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul a la temperatura y humedad especificadas y en la opción seleccionada durante  $20 \pm 2$  horas de operación con luz continua (en la Tabla II se muestran las Unidades de decoloración AATCC pertinentes para las opciones de lámparas de xenón). Después de la exposición, evalúe la muestra del patrón expuesto, ya sea en forma visual o con instrumentos. Aumente o disminuya el vatiaje de las lámparas, el tiempo de exposición o ambos y siga exponiendo muestras de patrones adicionales hasta que el cambio de color de las muestras expuestas cumpla con uno de los siguientes criterios.

10.1.1 Comparación visual: es igual al cambio de color del Paso 4 de la Escala de grises para cambio de color o es igual al Patrón L4 de decoloración aplicable a la designación del Lote utilizado.

10.1.2 Medición de color por medio

de instrumentos: para el Lote 5, Patrón de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul, es igual a  $1.7 \pm 0.3$  unidades de cambio de color CIELAB según lo determinado en el Procedimiento 6 de evaluación de AATCC. Otras designaciones de Lote del Patrón L4 de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul son iguales a las unidades de cambio de color CIELAB especificadas en el certificado de calibración suministrado con el patrón, según lo determinado en el Procedimiento 6 de evaluación de AATCC.

10.2 Alternativa para las Opciones A, D, E, F, H, I y J: el Patrón L2 de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul puede ser expuesto a la temperatura y humedad especificadas y en la opción seleccionada durante  $20 \pm 2$  horas de operación con luz continua. Después de la exposición, evalúe la muestra del patrón expuesto con instrumentos o compárela con el Patrón L2 de decoloración. Cuando sea necesario, aumente o disminuya el vatiaje de las lámparas, el tiempo de exposición o ambos y siga exponiendo muestras de patrones adicionales hasta que el cambio de color de las muestras expuestas cumpla uno de los siguientes criterios.

10.2.1 Comparación visual—es igual al cambio de color que muestra el Patrón L2 de decoloración aplicable a la designación del Lotes utilizado (ver 32.8).

10.2.2 Medición de color por medio de instrumentos: para el lote 7, Patrón L2 de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul, es igual a  $5.96 \pm 0.60$  unidades de cambio de color CIELAB según lo determinado en el Procedimiento 6 de evaluación de AATCC. Otras designaciones de Lote del Patrón L4 de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul son iguales a las unidades de cambio de color CIELAB especificadas en el certificado de calibración suministrado con el patrón, según lo determinado en el Procedimiento 6 de evaluación de AATCC.

NOTA: El tejido de referencia de xenón está discontinuado para efectuar calibraciones, porque es sensible a la temperatura. Su uso más adecuado es para monitorear la conformidad de la temperatura de la cámara de prueba (ver las Secciones 12, 32.6, 32.7 y 32.9).

#### 11. Calibración de sistemas de control de monitoreo de luz

11.1 Cuando corresponda, efectúe la calibración del sistema de monitoreo de luz según las instrucciones del fabricante (ver 32.16).

#### 12. Verificación de temperatura de la cámara de prueba mediante tejido



**de referencia de xenón**  
**Opciones E, F, H, I y J**

12.1 Exponga el tejido de referencia de xenón durante  $20 \pm 2$  de horas de operación con luz continua a la temperatura y humedad especificadas y en la opción seleccionada. Evalúe la muestra del patrón expuesto, ya sea en forma visual o con instrumentos, de acuerdo a uno de los siguientes criterios:

12.1.1 Comparación visual—Si el cambio de color de la muestra del patrón expuesto es igual al Patrón de decoloración del tejido de referencia de xenón en  $20 \pm 2$  horas de operación con luz continua, los equipos están manteniendo la temperatura correcta.

12.1.2 Medición de color por medio de instrumentos: Si la muestra del patrón expuesto es igual a  $20 \pm 1.7$  unidades de cambio de color CIELAB en  $20 \pm 2$  horas de operación con luz continua, los equipos de prueba están entregando la temperatura correcta.

12.2 Si el Tejido de referencia de xenón difiere ya sea visualmente o de acuerdo a la medición con instrumentos de lo especificado en 12.1.1 ó 12.1.2, según corresponda, después de  $20 \pm 2$  horas de operación con luz continua, es una señal de que los termistores dentro de la cámara de prueba no están calibrados o no están respondiendo correctamente o que los equipos de prueba requieren mantenimiento. Verifique la precisión de los termistores y que todas las funciones de los equipos estén operando correctamente de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Reemplace los termistores si presentan fallas.

**13. Medición de las unidades de decoloración AATCC mediante Patrones de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul**

13.1 El uso de Patrones de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul y las Unidades de decoloración AATCC proporciona un patrón de exposición común en los distintos métodos de exposición: luz natural, lámpara de arco con electrodos de carbón y lámpara de arco de xenón. Los términos *horas reloj* y *horas máquina* no son métodos de reporte válidos.

13.2 En la Tabla II se ilustra el número de Unidades de decoloración AATCC necesarias para producir un cambio de color igual al Paso 4 de la Escala de grises para cambio de color en cada uno de los Patrones de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul.

13.3 Para la Medición de color por medio de instrumentos, los datos colorimétricos se calculan usando los datos del observador CIE 1964 a  $10^\circ$  para el patrón de luz  $D_{65}$ . Exprese la diferencia de color en las unidades CIELAB como se in-

dica en el Procedimiento 6 de evaluación de AATCC. NOTA: Para las Opciones D, F y J, aunque la calibración se realice usando horas de operación con luz continua, pueden demorar más o menos horas de operación durante el ciclo de prueba real debido a la inclusión de períodos de oscuridad.

**14. Medición de las unidades de decoloración AATCC basado sólo en las Opciones E y F de arco de xenón e irradiación espectral**

14.1 Para las Opciones E y F, se producen 20 unidades de decoloración AATCC en un intervalo de exposición de  $85 \text{ kJ/m}^2$  medido a  $420 \text{ nm}$  cuando los equipos de arco de xenón enfriados por agua son operados en las condiciones especificadas en este método de prueba (ver la Tabla II).

**Procedimientos de exposición mecánica**

**15. Exposición mecánica, condiciones generales**

15.1 Antes de ejecutar un nuevo conjunto de condiciones, haga funcionar el equipo durante 24 horas para asegurar que cumpla con las condiciones de operación especificadas según lo descrito en la Sección 9.

15.1.1 Para verificar la precisión de la operación de los equipos, se expone un Patrón de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul aplicable y se evalúa el Patrón después de 80-100 Unidades de decoloración AATCC. Siempre se deben exponer los patrones de referencia cerca de la posición central del bastidor para muestras adyacente al termistor con panel negro.

**Tabla II—Unidad de decoloración AATCC y equivalentes de exposición a la luz para Patrones de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul (ver 32.16)<sup>a</sup>**

| Patrón de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul | Unidades de decoloración AATCC | Sólo xenón $\text{kJ/m}^2/\text{nm}$ @ $420 \text{ nm}$ | Sólo xenón $\text{kJ/m}^2$ 300-400 nm |
|--|--------------------------------|---|---------------------------------------|
| L2   | 5                              | 21  | 864                                   |
| L3   | 10                             | 43  | 1728                                  |
| L4   | 20                             | 85 <sup>b</sup>   | 3456                                  |
| L5   | 40                             | 170   | 6912                                  |
| L6   | 80                             | 340 <sup>b</sup>  | 13824                                 |
| L7   | 160                            | 680   | 27648                                 |
| L8   | 320                            | 1360  | 55296                                 |
| L9   | 640                            | 2720  | 110592                                |

<sup>a</sup> Para cambio de color de  $1.7 \pm 0.3$  unidades CIELAB o el Paso 4 de la Escala de grises para cambio de color de AATCC.

<sup>b</sup> Verificado mediante experimento usando las Opciones C y E. Se calculan todos los demás valores (ver 32.21).

15.2 Monte el material de prueba marcado en el bastidor para muestras. Asegúrese de que todos los materiales

estén sostenidos correctamente en la alineación adecuada, tanto en la parte superior como en la parte inferior. Cualquier desplazamiento del material en dirección a la fuente o alejándola de ella, aun en distancias pequeñas, puede generar variaciones de decoloración entre las muestras (ver 8.2). El bastidor para muestras debe estar lleno; se usan cartulinas cuando el número de muestras que se están probando es insuficiente para completar totalmente el bastidor. Cuando se requieran ciclos de luz y oscuridad alternados, comience la exposición al inicio del ciclo de luz.

15.3 En el caso de tejidos lisos, de punto y no lisos y salvo que se especifique otra cosa, asegúrese de que el lado que normalmente se usa como anverso quede directamente expuesto a la fuente radiante.

15.4 Opere el aparato de prueba diariamente hasta completar la exposición seleccionada. Evite demoras innecesarias cuando interrumpa el período de exposición para cambiar filtros, carbones o lámparas, ya que las demoras pueden contribuir a variaciones en los resultados o pueden conducir a errores. Asegúrese de que el vatiaje, el amperaje y el suministro de agua durante la prueba sean los especificados en la descripción detallada del aparato suministrado por el fabricante. Revise a intervalos regulares para verificar que la tarjeta o leva de programa u otro mecanismo proporcione las temperaturas y humedad relativa del aire designadas, y cuando corresponda, que el aparato esté proporcionando 20 Unidades de decoloración AATCC durante  $20 \pm 2$  horas de operación con luz continua. En caso de contar con ellos, monitoree las condiciones de prueba de la cámara de exposición con indicadores de registro adecuados. Si es necesario, vuelva a ajustar los controles para mantener las condiciones de prueba especificadas. Verifique la calibración del aparato de prueba durante el ciclo de prueba (ver las Secciones 10, 11, 12, 13 y 32.16).

**16. Exposición mecánica a una cantidad especificada de energía radiante, Opciones A, D, E, F, H, I y J**

16.1 Método de un paso—Exponga las muestras de prueba y los patrones aplicables para 5, 10, 20 o múltiplos de 20 Unidades de decoloración AATCC, hasta que la muestra haya sido expuesta a la cantidad deseada de energía radiante definida en términos de Unidades de decoloración AATCC medidas por la exposición simultánea del o de los Patrones de lana azul adecuados.

16.2 Método de dos pasos—Proceda como se indica en 16.1, pero duplique el área de exposición de las muestras

de prueba. Después de exponer la muestra al primer nivel especificado de energía radiante, saque las muestras de la cámara de prueba y enmascare (cubra) la mitad del área expuesta y continúe la exposición para las 20 Unidades de decoloración AATCC o múltiplos de estas 20 unidades, hasta que la muestra haya sido expuesta a la mayor cantidad deseada de energía radiante.

16.3 En los equipos equipados con monitores de irradiación, se pueden medir y controlar las Unidades de decoloración AATCC de exposición midiendo los kilojulios por metro cuadrado a 420 nm (ver 14.1 y la Tabla II).

NOTA: Para una caracterización completa de la estabilidad del color a la luz de una muestra de prueba, se prefiere el método de dos pasos.

#### 17. Exposición mecánica usando una muestra de referencia, Opciones A, D, E, F, H, I y J

17.1 Exponga la o las muestras de prueba y la o las muestras de referencia en forma simultánea a la condición final requerida en términos de Unidades de decoloración AATCC, kilojulios por metro cuadrado de irradiación o de resultados de las muestras de referencia (es decir, la muestra de referencia muestra un cambio de color igual al Paso 4 de la Escala de grises para cambio de color).

#### 18. Exposición mecánica para la clasificación de la estabilidad del color a la luz

18.1 Método de un paso—Exponga la o las muestras de prueba en forma simultánea con varias Patrones de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul o determine el número de Unidades de decoloración AATCC requeridas para producir un cambio de color en la muestra de prueba igual al cambio del Paso 4 de la Escala de grises para cambio de color.

18.2 Método de dos pasos—Proceda como se indica en 18.1, pero duplique el área de exposición de las muestras de prueba. Después de exponer la muestra a un cambio de color igual al del Paso 4 de la Escala de grises para cambio de color, saque las muestras de la cámara de prueba y enmascare (cubra) la mitad del área expuesta y continúe la exposición hasta que la muestra de prueba muestre un cambio de color igual al del Paso 3 en la Escala de grises para cambio de color.

Exposición del gabinete a la luz natu-

#### ral, Opción C

#### 19. Exposición a la luz natural, condiciones generales

19.1 Monte el o los Patrones de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul y la o las muestras de prueba en la cartulina con una cubierta (máscara) opaca que cubra la mitad del patrón.

19.2 Exponga los patrones y la o las muestras de prueba en forma simultánea a las mismas condiciones de prueba tras un vidrio (ver 32.17 y el Anexo B). Asegúrese de que el anverso del o de los patrones y muestras de prueba expuestos estén a una distancia mínima de 75.0 mm (3.0 pulgadas) debajo la superficie interna de la cubierta de vidrio de la placa y ubicados a una distancia mínima de 150.0 mm (6.0 pulgadas) de los bordes del marco de vidrio. El refuerzo del gabinete de exposición se puede cambiar de la siguiente manera para obtener las condiciones de exposición deseadas:

| Respaldo | Condición de exposición |
|----------|-------------------------|
|----------|-------------------------|

|                  |                   |
|------------------|-------------------|
| Abierto          | Temperatura baja  |
| Metal foraminado | Temperatura media |
| Sólido           | Temperatura alta  |

El o los patrones y muestras permanecen expuestos las 24 horas del día y sólo se sacan para inspección.

19.3 Monitoree la temperatura y humedad relativa del aire en los alrededores de los gabinetes de prueba (ver 32.24).

#### 20. Exposición a la luz natural hasta una cantidad especificada de energía radiante

20.1 Uso de Patrones de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul—Monte la o las muestras de referencia y de prueba que se van a exponer como se indica en 19.1 y expóngalas en forma simultánea a las mismas condiciones de prueba tras un vidrio como se indica en 19.2. Monitoree el efecto de la luz sacando frecuentemente el o los patrones de la estructura de prueba y evaluando el cambio de color. Continúe la exposición hasta que el patrón muestre una diferencia de color entre la parte expuesta y la enmascarada como se describe en la Sección 24. Cuando la prueba de las muestras debe terminar después de la exposición en un número especificado de Unidades de decoloración AATCC, escoja el patrón adecuado para lograr la condición final. Los patrones se pueden usar como un juego, L2 a L9, o en juegos de réplica expuestos consecutivamente hasta totalizar una condición final dada; es decir, se pueden exponer individualmente dos Patrones L2 para obtener 10 unidades de decoloración o exponer un Patrón L3 para obtener 10 unidades de decoloración.

20.1.1 Saque las muestras de la exposi-

ción después de obtener las Unidades de decoloración AATCC y evalúelas como se especifica en Evaluación de resultados. Para una exposición en múltiples pasos, es decir, 5 unidades de decoloración y 20 unidades de decoloración, es posible exponer una muestra única y cubrir (enmascarar) partes a intervalos medidos por el patrón. El resultado será una muestra que tendrá una sección original enmascarada y no expuesta y distintas secciones que han sido expuestas y que posteriormente han sido enmascaradas. Cada sección de la muestra que representa un período de exposición establecido, se puede evaluar comparándola con un control enmascarado o con una parte original no expuesta de la muestra.

20.2 Uso de monitores de irradiación Monte la o las muestras de referencia y de prueba que se van a exponer como se indica en 19.1 y expóngalas en forma simultánea a las mismas condiciones de prueba tras un vidrio como se indica en 19.2.

NOTA: La exposición de los Patrones de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul con su resultado conocido puede ser útil para determinar si en el transcurso de la prueba se observó alguna condición inusual (ver 32.19).

20.2.1 Registre cualquier irradiación individual o combinación de una irradiación global, de banda ancha o de banda estrecha con un radiómetro en condiciones de exposición idénticas a las de las muestras (ver 32.20).

20.2.2 Retire las muestras de referencia o de prueba de la exposición cuando se haya alcanzado la energía radiante deseada, según las mediciones del radiómetro. Para una exposición de múltiples pasos, es posible exponer una muestra única y cubrir (enmascarar) partes a intervalos de la exposición radiante medida (ver 20.1.1).

#### 21. Exposición a la luz natural usando una muestra de referencia

21.1 Sustituya la o las muestras de referencia para los Patrones de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul continúe como se indica en 20.1 y 20.2 según corresponda.

#### 22. Exposición a la luz natural para una clasificación de estabilidad del color a la luz

22.1 Método de un paso—Exponga una o más muestras de prueba, según se detalla en 19.1 y 19.2, en forma simultánea con varias Patrones de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul o determine el número de Unidades de decoloración AATCC requeridas para producir un cambio de color en la muestra de prueba igual al Paso 4 de la Escala de grises para cambio de color.

22.2 Método de dos pasos—Proceda

mo se indica en 22.1, pero duplique el área de exposición de la muestra de pruebas. Una vez que la muestra haya sido expuesta a un cambio de color igual al del Paso 4 de la Escala de grises para cambio de color, saque las muestras de la cámara de prueba y enmascare (cubra) la mitad del área expuesta y continúe con la exposición hasta que la muestra de prueba alcance un cambio de color igual al del Paso 3 en la Escala de grises para cambio de color.

#### Evaluación de los resultados

### 23. Acondicionamiento

23.1 Después de completada la exposición de prueba, saque las muestras de prueba y los patrones de comparación de la exposición. Realice el acondicionamiento en una habitación oscura a condiciones normales para probar textiles [ $65 \pm 2\%$  HR y  $21 \pm 1\text{C}$  ( $70 \pm 2\text{F}$ )] durante un periodo mínimo de 4 horas antes de realizar la evaluación.

### 24. Evaluación del cambio de color

24.1 Compare la parte expuesta con el control enmascarado o con una parte original no expuesta de la muestra, según esté especificado en una especificación de materiales u orden de compra. Para una caracterización completa de la estabilidad del color a la luz de una muestra de prueba, se requiere una evaluación en más de un nivel de exposición (ver 32.18).

24.2 Cuantifique el cambio de color usando la Escala de grises para cambio de color de AATCC (opción preferida) o haciendo una medición colorimétrica de la diferencia de color en el nivel de exposición especificado, ya sea en Unidades de decoloración AATCC, kilojulios de energía radiante, o bien comparándolo con un patrón de referencia.

24.3 Determine la diferencia total de color ( $\Delta E_{\text{CIE,LAB}}$ ) y la diferencia en claridad, intensidad de color y tonalidad ( $\Delta L^*$ ,  $\Delta C^*$ ,  $\Delta H^*$ ). Use instrumentos que proporcionen valores basados en la ecuación CIE 1976, usando patrón de luz  $D_{65}$  y datos del observador a  $10^\circ$ . Para instrumentos con relación física y simetría de las partes difusa, incluya el componente especular de la reflectancia en las mediciones (consulte el Procedimiento 6 de evaluación de AATCC).

### 25. Aceptación basada en la exposición simultánea de una muestra de referencia

25.1 Evalúe el cambio de color del material según se indica en la Sección 24, en los términos de la muestra de referencia acordada.

25.2 Evalúe la estabilidad del color a la

luz del material de la siguiente manera:

25.2.1 Satisfactorio—Si la muestra de prueba muestra un cambio de color igual o menor que la muestra de referencia en el nivel de exposición, cuando la muestra de referencia muestra un cambio de color igual al del Paso 4 de la Escala de grises para cambio de color de AATCC.

25.2.2 Insatisfactorio—Si la muestra de prueba muestra un cambio de color mayor que la muestra de referencia en el nivel de exposición, cuando la muestra de referencia muestra un cambio de color igual al del Paso 4 de la Escala de grises para cambio de color de AATCC.

### 26. Clasificación basada en los Patrones de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul

26.1 Exposición de un paso—Clasifique la estabilidad del color a la luz del material de la siguiente manera:

(a) comparando el cambio de color de la muestra de prueba con aquel de una serie de Patrones de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul expuestos simultáneamente (ver la Tabla III) o

(b) determinando el número de Unidades de decoloración AATCC requeridas para producir un cambio de color en la muestra de prueba igual al del Paso 4 de la Escala de grises para cambio de color (ver la Tabla II).

26.2 Exposición de dos pasos—Clasi-

fique la estabilidad del color a la luz del material de la siguiente manera:

(c) determinando el número de Unidades de decoloración AATCC requeridas para producir cambios de color en la muestra de prueba igual tanto al Paso 4 como al Paso 3 en la Escala de grises para cambio de color de AATCC (ver la Tabla II).

26.2.1 Asigne ambas clasificaciones: el nivel del Paso 3 aparece primero, seguido del nivel del Paso 4 en paréntesis. Por ejemplo, una clasificación L5(4) indicaría una clasificación L5 en el cambio de color del Paso 3 y una clasificación L4 en el cambio de color del Paso 4. Cuando se asigna sólo un número de clasificación, debe representar el número de Unidades de decoloración AATCC para producir un cambio de color del Paso 4.

### 27. Clasificación del Patrón de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul sobre L7

27.1 Usando la Tabla IV, clasifique la estabilidad del color a la luz sobre el Patrón L7 de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul, de acuerdo con el número total de patrones L7 consecutivos expuestos al Paso 4 de la Escala de grises para cambio de color durante el ciclo de exposición que se requiere para producir un cambio de color del Paso 4 en la muestra de prueba, y Tabla IV.

Tabla III—Clasificación mediante Patrones de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul <sup>a</sup>

| Cambio de color de las muestras de prueba |                                   |                     |   |                                      |
|---|-----------------------------------|---------------------|---|--------------------------------------|
| Menor que el patrón                       | Igual pero no mayor que el patrón | Mayor que el patrón | Clase de estabilidad del color a la luz | Unidades de decoloración (AFU) AATCC |
| —   | —                                 | L2                  | L1                                      |                                      |
| —   | L2                                | L3                  | L2                                      | 5                                    |
| L2  | —                                 | L3                  | L2-3                                    |                                      |
| —   | L3                                | L4                  | L3                                      | 10                                   |
| L3  | —                                 | L4                  | L3-4                                    |                                      |
| —   | L4                                | L5                  | L4                                      | 20                                   |
| L4  | —                                 | L5                  | L4-5                                    |                                      |
| —   | L5                                | L6                  | L5                                      | 40                                   |
| L5  | —                                 | L6                  | L5-6                                    |                                      |
| —   | L6                                | L7                  | L6                                      | 80                                   |
| L6  | —                                 | L7                  | L6-7                                    |                                      |
| —   | L7                                | L8                  | L7                                      | 160                                  |
| L7  | —                                 | L8                  | L7-8                                    |                                      |
| —   | L8                                | L9                  | L8                                      | 320                                  |
| L8  | —                                 | L9                  | L8-9                                    |                                      |
| —   | L9                                | —                   | L9                                      | 640                                  |

<sup>a</sup> Los siguientes son ejemplos para usar la Tabla III para asignar clasificaciones de estabilidad del color a la luz:

La muestra de prueba se expone simultáneamente con los patrones L4, L5 y L6. Después de la exposición y el acondicionamiento, el cambio de color que exhibe la muestra de prueba es menor que aquel de los patrones L4 y L5, pero mayor que el del patrón L6. A la muestra de prueba se le asignaría una Clasificación de estabilidad del color a la luz de L5-6; o bien use el siguiente ejemplo.

La muestra de prueba se examina después de cada incremento en la exposición hasta que muestra un cambio de color igual al del Paso 4 de la Escala de grises para cambio de color de AATCC. Si esto ocurre después de una exposición de 40 AFU y antes de 80 AFU, a la muestra de prueba se le asignaría una Clasificación de estabilidad del color a la luz de L5-6.

**Tabla IV—Clasificación mediante Patrones de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul sobre L7**

| Número de patrones L7 expuestos |                         |           | Clase de estabilidad del color a la luz | Equivalente a Unidad de Decoloración (AFU) AATCC |
|---------------------------------|-------------------------|-----------|---|--|
| Menor que                       | Igual pero no mayor que | Mayor que |   |  |
| —                               | 2                       | —         | L8                                      | 320  |
| 3                               | —                       | 2         | L8-9                                    | —  |
| —                               | 3                       | —         | L8-9                                    | 480  |
| 4                               | —                       | 3         | L8-9                                    | —  |
| —                               | 4                       | —         | L9                                      | 540  |
| 5                               | —                       | 4         | L9-10                                   | —  |
| —                               | 5                       | —         | L9-10                                   | 800  |
| 6                               | —                       | 5         | L9-10                                   | —  |
| —                               | 6                       | —         | L9-10                                   | 960  |
| 7                               | —                       | 6         | L9-10                                   | —  |
| —                               | 7                       | —         | L9-10                                   | 1120   |
| 8                               | —                       | 7         | L9-10                                   | —  |
| —                               | 8                       | —         | L10                                     | 1280   |
| etc. <sup>a</sup>               | etc. <sup>a</sup>       | —         | etc. <sup>a</sup>                       | etc. <sup>a</sup>                                |

<sup>a</sup> Un aumento de 1 en la clasificación representa el intervalo en el cual se duplican las Unidades de decoloración AATCC equivalentes con respecto a la clasificación del número entero anterior. A toda muestra de prueba para la cual el número de Patrones L7 está entre dos clasificaciones de número entero, se le asigna tanto la clasificación más baja como la más alta que define ese intervalo.

## 28. Reporte

28.1 Use la Tabla V para reportar toda la información aplicable.

28.2 Reporte cualquier modificación del Método de prueba 16 o el resultado del patrón de referencia.

28.3 Reporte toda la información de la Tabla V para las mismas condiciones en que se exponen las muestras y materiales de referencia.

### Precisión y sesgo

## 29. Precisión

29.1 Aunque se han realizado amplios estudios usando las Opciones C y E (ver la Nota 32.21), no se ha rendido aún el informe de precisión. Éste se está elaborando.

## 30. Sesgo

30.1 El valor real de la estabilidad del color a la luz sólo se puede definir en términos de un método de prueba específico. Dentro de esta limitación, las opciones del Método de Prueba 16 de AATCC para determinar la estabilidad del color a la luz no tienen ningún sesgo conocido y son aceptadas de manera general como métodos de arbitraje.

## 31. Referencias

31.1 Procedimiento de evaluación 1 de AATCC, Escala de grises para cambio de color (ver 32.8).

31.2 Procedimiento de evaluación 6 de AATCC, Medición de color instrumental (ver 32.8).

31.3 ASTM G 23, Procedimiento estándar para operar aparatos de exposición a la luz y agua (Tipo arco con electrodos de carbón) para la exposición de materiales no metálicos (ver 32.22).

31.4 ASTM G 24, Procedimiento estándar para realizar exposiciones a la luz natural filtrada por un vidrio (ver 32.22).

31.5 ASTM G 26, Procedimiento estándar para operar aparatos de exposición a la luz (Tipo arco de xenón) con o sin agua para la exposición de materiales no metálicos (ver 32.22).

31.6 ISO 105, Parte B, Textiles - Pruebas para estabilidad del color (ver 32.23).

## 32. Notas

32.1 La Opción B, método original y estándar basado en luz solar, en que las muestras se exponían ya sea en comparación con patrones o a cantidades especificadas de radiación expresada en langley's, o a ambos, ha sido discontinuada y ha sido sustituida por la Opción C, opción de luz natural. En la Opción B, las pruebas sólo se realizaban en días soleados entre las 9 a.m. y 3 p.m. En la Opción C, se permite mantener a las muestras de prueba en el gabinete de prueba durante las 24 horas del día. Se necesita menos tiempo para completar la prueba y se realiza en condiciones más similares a la exposición en su empleo final real. Adicionalmente, las muestras de prueba se exponen a una irradiación de baja intensidad que se produce antes de las 9 a.m. y después de las 3 p.m. (tiempo oficial) y en días nublados, tiempo durante el cual la temperatura de la muestra puede ser baja y el contenido de humedad puede ser alto.

32.2 La Opción G, Determinación de la estabilidad del color sobre L7, está discontinuada. Las disposiciones para realizar esta prueba están incluidas en la sección de clasificaciones de este método.

32.3 Los Patrones de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul, excepto L2, son preparados especialmente mezclando proporciones variadas de lana teñida con una materia colorante muy fugaz, Erio Chrome Azurole B (C.I. 43830) y lana teñida con una materia colorante sólida, Indigosol Blue AGG (C.I. 73801). Cada patrón resultante numerado con un número más alto es dos veces más estable en color que el patrón numerado con un número más bajo. Los Patrones de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul y las Normas ISO de estabilidad del color a la luz de lana azul numeradas (como se usan en ISC 105-B01) arrojan clasificaciones diferentes y por consiguiente no se pueden usar en forma indistinta (ver 32.8).

32.4 Para Termómetros con panel negro: Para Termómetros con panel negro: Una unidad termométrica con panel negro, montada en el bastidor para muestras, mide y regula la temperatura de prueba, para permitir que el lado frontal de éste reciba la misma exposición que la muestra de prueba. Está conformada por un panel de acero inoxidable negro de 70.0 x 150.0 mm (2.75 x 5.88 pulgadas); 1.0 mm (0.038 pulgadas) de espesor, al que hay conectado mecánicamente un termómetro de cuadrante bimetalico de acero inoxidable y un dispositivo termométrico de resistencia (RTD, en su sigla en inglés). El termómetro tiene una varilla de 4.0 mm (0.16 pulgadas) de diámetro, con un cuadrante de 44.0 mm (1.7 pulgadas). La parte sensible, que se extiende 38.0 mm (1.5 pulgadas) desde el extremo de la varilla, está ubicada en el centro del panel, 64.0 mm (2.5 pulgadas) de la parte superior y a 48.0 mm (1.88 pulgadas) de la parte inferior del panel. La parte frontal del panel donde se conecta la varilla del termómetro debe tener dos manos de revestimiento de esmalte negro al horno, seleccionado por su resistencia a la luz y al agua y con una absorción de 95% como mínimo.

32.5 Para Termómetros estándar negro: Una unidad termométrica estándar negro montada en el bastidor para muestras, mide y regula la temperatura de prueba, para permitir que la parte frontal de éste reciba la misma exposición que la muestra de prueba. Está conformada por una placa de acero inoxidable negro de 70.0 x 40.0 mm (2.75 x 1.57 pulgadas) y 0.5 mm (0.020 pulgadas) de espesor, que hay conectado un resistor térmico en la parte trasera. La parte frontal del panel de acero está revestido con una capa negra con una absorción de 95% como mínimo. La placa de metal está unida a una placa de plástico que proporciona aislamiento térmico.

32.6 El Tejido de referencia de xenón es un tejido de punto fabricado con hilado de políester texturado de 150 denier, en un punto que es doble, teñido en tono púrpura con 1.8% de 2,4-dinitro-6-bromo-2-amino-4-(N,N-Dietilamino) azobenceno a 129C (265F) durante una hora y luego termofijado a 179C (335F) durante 30 segundos (ver 32.8).

32.7 Se obtiene una decoloración más uniforme y reproducible de los Patrones de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul, del Tejido de referencia de xenón de las muestras de prueba cuando se respalda con cartulina blanca. Los valores de diferencia de color en la determinación inicial de la condición final para el Tejido de referencia de xenón y los Patrones de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul se determinan

**Tabla V—Formulario de reporte**

Nombre del operador \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Identificación de la muestra \_\_\_\_\_

Material expuesto: Anverso \_\_\_\_\_ Reverso \_\_\_\_\_

Clasificación de la estabilidad del color a la luz \_\_\_\_\_ Clasificación de la estabilidad del color a la luz \_\_\_\_\_

Aceptación comparada con muestra de referencia (Si/No) \_\_\_\_\_

Muestra de prueba comparada con: Parte enmascarada \_\_\_\_\_

Parte no enmascarada \_\_\_\_\_ Original no expuesto \_\_\_\_\_

Clasificación de la estabilidad del color a la luz determinada por:

Escala de grises para cambio de color AATCC \_\_\_\_\_

Con instrumentos, Tipo de identificación \_\_\_\_\_

Método de clasificación \_\_\_\_\_

Patrón de referencia \_\_\_\_\_

Temperatura controlada por: Ambiente (Bola seca) \_\_\_\_\_ C

Panel negro \_\_\_\_\_ C Estándar negro \_\_\_\_\_ C

Exposición controlada por: Patrones de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul

Energía radiante \_\_\_\_\_ Otros \_\_\_\_\_

Total energía radiante \_\_\_\_\_

Tipo de aparato de prueba \_\_\_\_\_ Modelo No. \_\_\_\_\_

Serie No. \_\_\_\_\_ Nombre del fabricante \_\_\_\_\_

Bastidor para muestras: Inclinado \_\_\_\_\_ Biveles \_\_\_\_\_ Biveles \_\_\_\_\_ Horizontal \_\_\_\_\_

Tipo de suministro de agua \_\_\_\_\_

Opción empleada \_\_\_\_\_ Tiempo de exposición transcurrido \_\_\_\_\_

Procedimiento de montaje: Con respaldo \_\_\_\_\_ Sin respaldo \_\_\_\_\_

Programa de rotación de muestras \_\_\_\_\_ % de humedad relativa del aire \_\_\_\_\_

**Para la Opción C, sólo reporte lo siguiente:**

Ubicación geográfica \_\_\_\_\_

Fechas de exposición: Desde \_\_\_\_\_ Hasta \_\_\_\_\_

Amplitud de exposición \_\_\_\_\_ Ángulo de exposición \_\_\_\_\_

Expuesta tras un vidrio de ventana: Si/No \_\_\_\_\_ Si la respuesta es Sí, especifique el tipo \_\_\_\_\_

Temperatura ambiente diaria: Mínima \_\_\_\_\_ Máxima \_\_\_\_\_ Promedio \_\_\_\_\_

Temperatura diaria de termómetro con panel negro: Mínima \_\_\_\_\_ Máxima \_\_\_\_\_ Promedio \_\_\_\_\_

Temperatura de entorno de prueba: Mínima \_\_\_\_\_ Máxima \_\_\_\_\_ Promedio \_\_\_\_\_

% diario de humedad relativa del aire: Mínimo \_\_\_\_\_ Máximo \_\_\_\_\_ Promedio \_\_\_\_\_

Horas de humedad: Lluvia \_\_\_\_\_ Lluvia y rocío \_\_\_\_\_

**Tabla VI—Temperatura versus cambio de color, Tejidos de referencia de xenón<sup>a</sup>**

| Temperatura con panel negro | $\Delta E$ (CIELAB) |
|-----------------------------|---------------------|
| 58C                         | 16.0                |
| 63C                         | 20.0                |
| 68C                         | 23.8                |

<sup>a</sup> Ver la Nota 32.9.

a partir de exposiciones con ese tipo de respaldo. Aunque se entregan tolerancias tanto para los Patrones de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul como y para el Tejido de referencia de xenón, se deben realizar todos los esfuerzos posibles por obtener el valor medio dado para estos patrones. Para propósitos de arbitraje, el Tejido de referencia de xenón y los Patrones de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul serán expuestos en múltiplos de tres: La diferencia promedio de color será de 20 unidades CIELAB en el caso del Tejido de referencia de xenón y de 1.7 unidades CIELAB en el caso de los Patrones de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul.

32.8 Disponible en AATCC, P.O. Box 12215, Research Triangle Park NC 27709; tel: 919/549-8141; fax: 919/549-8933; e-mail: orders@aatcc.org.

32.9 El Patrón de decoloración del tejido de referencia de xenón se usa como referencia visual o instrumental para verificar la temperatura de la cámara de prueba. El valor de la diferencia de color medido con instrumentos se mostrará en cada patrón de decoloración. El Tejido de referencia de xenón es sensible a la temperatura, según se indica en la Tabla VI.

32.10 La cartulina blanca precortada sin azufre para respaldar las muestras de prueba está disponible en Atlas Electric Devices Co., 4114 N. Ravenswood Avenue, Chicago IL 60613; tel: 773/327-4520; fax: 773/327-5787. Una cartulina blanca comparable (White Bristol Index 9016) también está disponible en tiendas y distribuidoras de artículos de escritorio en la sección de suministros para artistas.

32.11 Las máscaras de prueba hechas con papel blanco de 0.005-0.006 pulgadas de espesor, con un revestimiento negro mate que proporciona cero transmitancia de luz a la muestra, están disponibles en Atlas Electric Devices Co., 4114 N. Ravenswood Ave., Chicago IL 60613; tel: 773/327-4520; fax: 773/327-5787.

32.12 Uno o más de los tipos y materiales de aparatos de prueba están disponibles en: Atlas Electric Devices Co., 4114 N. Ravenswood Ave., Chicago IL 60613; tel: 773/327-4520; fax: 773/327-5787 y Suga Test Instrument Co., 4-14 Shinjuku, 5-Chome, Tokio 160, Japón; tel: (3) 354-5248.

32.13 Disponible en William Harrison Co., 4595 E. 10th Ct., Hialeah FL 33013; tel: 305/681-8381.

32.14 Los tejidos de pelo como alfombras, que tienen fibras que pueden cambiar de posición, o una textura que puede dificultar las evaluaciones en áreas pequeñas, se deben probar con un área expuesta de no menos de aproximadamente 40.0 mm (1.6 pulgadas) por 50.0 mm (2.0 pulgadas). Exponga un tamaño suficiente o bien múltiples muestras para incluir todos los colores en la muestra.

32.15 Los marcos de las muestras deben estar hechos de acero inoxidable o acero con revestimiento adecuado para evitar contaminar las muestras con impurezas metálicas que podrían catalizar o inhibir la degradación. Cuando las muestras se fijan con grapas, éstas deben ser del tipo no ferroso recubiertas, para evitar que la muestra se contamine con productos corrosivos. Los marcos de metal deben tener un acabado mate y ser de un diseño que evite reflectancias que podrían influir en el resultado del material. Los marcos deben coincidir con la curvatura del bastidor para muestras. El tamaño del marco está determinado por las muestras tipo requeridas para los requerimientos de propiedades individuales.

32.16 El aparato de exposición de arco de xenón puede estar equipado con sistemas de medición y control de luz (ver los Anexos A y D) que permitan el control de las exposiciones en unidades de dosaje total de luz de kJ/m<sup>2</sup>/nm a 420 nm para aparatos enfriados por agua y desde 300-400 nm para aparatos enfriados por aire, que permiten expresar la exposición en Unidades de decoloración AATCC. En las unidades controladas manualmente, es posible que el vatiaje de la lámpara requiera un ajuste periódico para mantener el índice de 20 unidades de decoloración AATCC durante 20 ± 2 horas de operación con luz continua, según se determine mediante una calibración periódica con los Patrones de AATCC de estabilidad del color a la luz de lana azul.

Las siguientes referencias entregan información básica sobre las mediciones de radiación con Sistemas de control de luz:

(a) Handbook of Chemistry & Physics, Edición No. 61, 1980, editado por Robert C. Weast; The Chemical Rubber Co., Cleveland OH.

(b) Publicación No. 20 de la International Commission on Illumination (CIE), 1972.

(c) Atlas Sun Spots, Vol. 4, No 9, Primavera de 1975, Atlas Electric Devices Co., Chicago, IL.

32.17 El vidrio de ventana de la calidad deseada está disponible en los siguientes distribuidores: Libby-Owens-Ford Glass Co., Toledo OH, vidrio estirado plano de 2.0 mm, simple, calidad B; o Pittsburg Plate Glass Co., vidrio plano, Pennvernon de resistencia simple, calidad B o equivalente.

32.18 Una diferencia de color entre el material original y la parte cubierta de la muestra expuesta indica que el tejido se ha visto afectado por algún agente distinto a la luz, como el calor o un gas reactivo en la atmósfera. Aunque no se conozca la causa exacta de esta diferencia de color, la diferencia debe registrarse en el reporte cuando ocurra.

32.19 En algunos casos, se ha observado que una humedad alta junto con contaminantes atmosféricos produce cambios de color tan notorios como aquellos producidos por la luz. Cuando se le solicite, prepare un juego duplicado de muestras de prueba y patrones montados en cartulina, pero no crumascarados, y exponga este juego simultáneamente en otro gabinete del mismo tipo que se utiliza en las exposiciones a la luz, pero que tenga el vidrio cubierto con un material opaco, de modo que no penetre la luz. Puesto que existe un efecto combinado de luz, temperatura, humedad y contaminantes atmosféricos, no se puede suponer que una comparación entre las muestras expuestas en un gabinete cubierto y en el gabinete no cubierto bajo vidrio va a permitir se-

parar los efectos que se producen sólo por la luz. Sin embargo, una comparación de los juegos de muestras con una pieza del original que no ha estado expuesta en un gabinete de exposición, va a indicar si un material es sensible a la humedad y a los contaminantes atmosféricos. Es posible que esto también ayude a explicar el motivo de que en ocasiones se obtienen diferentes resultados con la misma cantidad de energía radiante en las posiciones a la luz natural realizadas a diferentes horas y en diferentes lugares.

32.20 Se ha determinado que el pirómetro blanco y negro PS-P Eppley es adecuado para medir la energía radiante total de la solar y que el Radiómetro de luz ultravioleta de banda ancha Eppley es adecuado para medir la energía radiante desde 295-385 nm de luz solar. Estos instrumentos están disponibles en Eppley Laboratory, 12 Sheffield Avenue, Newport RI 02840; tel: 401/847-1020. Se observó que el radiómetro de banda ancha LM-3A Atlas es adecuado para medir energía radiante en 340 ó 420 nm de luz solar y está disponible en Atlas Electric Devices, Chicago IL (ver 32.11). Se ha determinado que el radiómetro de banda ancha Radialux es adecuado para medir la energía radiante de 300-400 nm de luz solar y está disponible en Atlas Electric Devices, Chicago IL (ver 32.11). Se ha determinado que el radiómetro de banda ancha Radialux es adecuado para medir la energía radiante desde 300-400 nm de luz solar y está disponible en Atlas Electric Devices Co., 4114 N. Ravenswood Ave., Chicago IL 60613; tel: 773/327-4520; fax: 327-5787.

32.21 Resumen de pruebas entre laboratorios —El Comité RA50 realizó amplios estudios para evaluar el uso de dispositivos de monitoreo de radiación para terminar exposiciones en pruebas de estabilidad del color de la luz. Se han recopilado datos en estudios de laboratorios usando irradiación controlada de equipos de arco de xenón enfriados por agua y en exposiciones a la luz natural realizadas durante un período de dos años en Arizona y el Sur de Florida. En ambos estudios, el mismo laboratorio realizó mediciones instrumentales del cambio de color para todas las muestras expuestas.

Los estudios entre laboratorios se realizaron usando ocho diferentes tejidos estándar: estabilidad del color a la luz, para determinar la definición de 20 Unidades de decoloración AATCC en términos de una radiación dada. Estos estudios demostraron que se puede obtener un acuerdo aceptable entre laboratorios para las pruebas de estabilidad del color a la luz, a condición de que se controlen las siguientes variables: nivel de irradiación, temperatura medida con termómetro con panel negro, temperatura ambiente (termómetro de bola seca) y humedad relativa del aire. En términos globales, hubo menos de un 10% de variación en el cambio de color determinado por instrumentos en las muestras expuestas en diferentes laboratorios. Para todas las muestras probadas, la desviación estándar fue equivalente a menos de medio paso de la Escala de grises para cambio de color. Como resultado de estas pruebas, se establecieron 20 Unidades de decoloración AATCC a 85 kJ al metro cuadrado a 420 nm (aproximadamente 2 horas de operación con luz continua), pruebas en las condiciones especificadas por la Opción E.

Para los estudios con luz natural, se expusieron 16 tejidos diferentes, además de los tejidos con patrones AATCC e ISO de estabilidad del color a la luz de lana azul. Durante un período de dos años, se inició una serie de exposiciones cada trimestre en dos lugares. Las exposiciones fueron terminadas en base a la medición instrumental del dosage de energía radiante. Se encontró una gran variación en las condiciones climáticas durante el período de prueba. Los datos que se obtuvieron muestran claramente que el cambio de color de las muestras individuales se ve afectado en forma diferente por las variaciones de temperatura, humedad, contaminantes atmosféricos, etc. Sin embargo, la variable individual más significativa resultó ser la radiación. En promedio, la variación en el cambio de color como resultado de la exposición durante diferentes años, lugares y estaciones del año fue de  $\pm 30\%$ .

Un resumen más detallado de los resultados de estas pruebas fue presentado en la Reunión 14 de ISO, Comité Técnico 38, Subcomité 1, como Documento 38/1 N 993, USA Report on Monitoring of Radiation during Lightfastness Testing.

32.22 Disponible en ASTM, 100 Barr Harbor Dr., West Conshohocken PA 19428; tel: 610/832-9500; fax: 610/832-9555.

32.23 Disponible en American National Standards Institute, Inc., 11 W. 42nd St., 13th Fl., New York NY 10036; tel: 212/642-4900; fax: 212/302-1286.

32.24 Para medir la temperatura y la humedad relativa del aire en las mismas condiciones en que se exponen las muestras y materiales de referencia y en las proximidades de los gabinetes de prueba, se puede usar cualquier instrumento de medición o registro adecuado. Es preferible que se realice un registro continuo de la temperatura y humedad relativa del aire.

## Anexo A

### A. Aparato de decoloración con lámpara de arco de xenón refrigerada por agua

A.1 El aparato de prueba con arco de xenón refrigerado por agua utiliza una lámpara de arco largo de xenón refrigerada por agua como fuente de irradiación. Aunque todas las lámparas de arco de xenón son del mismo tipo general, se emplean lámparas de tamaño diferente que operan en distintos rangos de vatiaje, en varios tamaños y tipos de aparatos. En cada uno de los distintos modelos, el diámetro y la altura del bastidor para muestras varía de acuerdo con el tamaño de la lámpara y el vatiaje potencia con que ésta funciona, para entregar una irradiación de  $1.10 \pm 0.03 \text{ W/m}^2$  medida a 420 nm en el anverso de la muestra cuando éstas se exponen en los portamuestras.

A.1.1 La lámpara de xenón tiene filtros ópticos internos y externos para proporcionar un flujo de agua de refrigeración y una distribución específica de energía espectral. El aparato tiene los medios para aumentar progresiva-

mente el vatiaje de la lámpara de xenón, ya sea en forma automática o manual, para minimizar los cambios de intensidad de la radiación como resultado del uso continuo de la lámpara de xenón. El ciclo de exposición exacto es controlado por un mecanismo o leva. El bastidor para muestras gira en sentido de las manecillas del reloj a una revolución por minuto.

A.1.2 Algunos tamaños y posiciones de los bastidores para muestras con respecto a la fuente de luz que son adecuados para un aparato de prueba refrigerado por agua son:

(a) Fuente de energía radiante de 6000 ó 6500 watt, ubicada en el eje central de un bastidor para muestras inclinado de dos niveles de 96.0 cm (37.75 pulgadas) de diámetro.

(b) Fuente de energía radiante de 3500 watt, ubicada en el eje central de un bastidor para muestras inclinado de dos niveles de  $64.8 \pm 0.3 \text{ cm}$  ( $25.5 \pm 0.125$  pulgadas) de diámetro.

(c) Fuente de energía radiante de 2500 watt, ubicado en el eje central de un bastidor para muestras vertical de  $51 \pm 0.3 \text{ cm}$  ( $20 \pm 0.125$  pulgadas).

(d) Fuente de energía radiante de 3500, 6000 ó 6500 watt, ubicado en el eje central de un bastidor para muestras de tres niveles, con un diámetro según lo descrito anteriormente en (a) o (b).

NOTA: Es preferible usar bastidores para muestras inclinados de dos niveles o tres niveles; sin embargo, en caso de acuerdo, se pueden usar bastidores para muestras verticales.

## Anexo B

### B. Gabinete y ubicación de la exposición a la luz natural

B.1 El gabinete de exposición a la luz natural debe estar compuesto de una caja cubierta de vidrio de cualquier tamaño adecuado, construido de metal, madera u otro material satisfactorio que proteja las muestras contra la lluvia y las condiciones climáticas, y debe estar bien ventilado para permitir que el aire fluya libremente por encima de las muestras. La cubierta de vidrio debe ser una lámina de vidrio estirado plano de 2.0-2.5 mm de espesor de buena calidad y transparente. Debe ser de resistencia simple, sin burbujas u otras imperfecciones. Debe absorber la radiación bajo longitudes de onda de aproximadamente 310 nm y aumentar en su transmisión en aproximadamente 90% a 370-380 nm. Debe transmitir un mínimo de 77% de luz ultravioleta y un 90% de energía desde una fuente de luz que simule el patrón de luz C de y un 85% de la radiación total (ver 32.17).

B.2 La caja o gabinete debe estar equi-

pado con un bastidor que sostenga las muestras en un plano paralelo al de la cubierta de vidrio y con el anverso de la muestra a una distancia bajo ésta de no menos de 75.0 mm (3.0 pulgadas). El bastidor para soporte de muestras debe estar construido de un material que sea compatible con las muestras de prueba. Puede ser abierto para proporcionar una buena ventilación en la parte trasera de la muestra o ser de material sólido, según sea necesario. Para minimizar las sombras provenientes de la parte superior de los lados del gabinete, el área de exposición utilizable bajo el vidrio debe estar limitada a la de la cubierta de vidrio reducida en dos veces la distancia desde la cubierta hasta las muestras.

B.3 El gabinete debe estar ubicado donde reciba luz solar directa durante el día y donde no se formen sombras sobre los objetos que se encuentran alrededor del gabinete. Cuando el gabinete está instalado en el suelo, la distancia entre la parte inferior del gabinete y el plano del área despejada debe ser lo suficientemente grande como para evitar cualquier efecto no deseado producto del contacto con pasto u otras plantas que crezcan durante el período de exposición.

B.4 La cubierta de vidrio y la muestra de prueba deben estar inclinadas en relación al ecuador en un ángulo con respecto al plano horizontal que tenga aproximadamente los mismos grados que la latitud de la ubicación en que se realizan las pruebas. Se pueden usar otros ángulos de exposición, como 45°, pero el ángulo se debe reportar en los resultados de la prueba.

B.5 Los gabinetes de exposición deben estar ubicados en áreas despejadas, preferencia en un número adecuado de sitios climatológicamente distintos que representen las distintas condiciones climáticas en las cuales se va a usar el material. Las principales variaciones climáticas incluyen una atmósfera subtropical desértica, costera (aire marino) e interior y áreas que representen una amplitud porcentual de la luz solar disponible. El área debajo y en los alrededores de los gabinetes se debe caracterizar por una baja reflectancia y ser típica de la cubierta del suelo en esa área climática. En áreas desérticas, éste debe ser grava, en tanto que en las áreas de la mayoría de las temperaturas y subtropicales éste debe ser pasto cortado a baja altura. En el reporte se debe indicar el tipo de cubierta del suelo.

B.6 Los instrumentos para determinar los datos climatológicos durante el período de exposición deben ser operados en el área inmediata de los gabinetes de exposición. Cuando así se solicite, los datos obtenidos deben ser reportados como parte de los resultados de

prueba. Para caracterizar las condiciones en torno a la estructura de prueba, estos instrumentos deben ser capaces de registrar lo siguiente: temperatura ambiente (mínima y máxima diaria), humedad relativa del aire (mínima y máxima diaria), horas de precipitaciones (lluvia), total de horas de humedad (lluvia y rocío). Para caracterizar las condiciones dentro de la estructura de prueba, estos instrumentos deben ser capaces de registrar lo siguiente: temperatura ambiente bajo el vidrio (mínima y máxima diaria), termistor negro bajo vidrio, energía radiante total y energía radiante de luz ultravioleta (ya sea de banda ancha o estrecha) en el mismo ángulo de exposición que la muestra de pruebas y humedad relativa del aire (mínima y máxima diaria) (ver 32.16b, 32.20, y 32.24).

### Anexo C

#### C. Aparato de decoloración con lámpara de arco con electrodos de carbón

C.1 El aparato utiliza una lámpara de arco con electrodos de carbón como fuente de radiación. El suministro de alimentación al arco puede fluctuar entre 208-250 voltios. El aparato de prueba se opera a 14-17 amperios, 125-145 voltios de CA en todo el arco. Los electrodos de carbón deben ser neutros, tipo mecha o sólido, o ambos, de 12.7 mm (0.5 pulgadas) de diámetro. El electrodo de carbón superior debe tener 305.0 mm (12.0 pulgadas) de largo y los dos electrodos de carbón inferiores deben tener cada uno 102.0 mm (4.0 pulgadas) de largo. El arco está dentro de una esfera de vidrio

resistente al calor en forma de campana, con un nivel de interrupción inferior de la transmisión a 275 nm y un aumento de transmisión hasta 91% a 370 nm.

C.1.1. Con este aparato de prueba se han utilizado con éxito electrodos de carbón sólidos No. 70 y electrodos de carbón de mecha No. 20 o equivalentes. En CA de 50 y 60 ciclos, se emplea una combinación de electrodos sólidos y de mecha. En CA de 25 y 40 ciclos, tanto los electrodos de carbón superiores como inferiores son de mecha y en CC, los electrodos de carbón superiores e inferiores son de tipo sólido.

C.1.2 El filtro de Esfera con 5% de óxido de boro No. 9200-PX o equivalente cumple con los requisitos de este método de prueba.

### Anexo D

#### D. Aparato de decoloración con lámpara de xenón refrigerada por aire

D.1 El Tipo C utilizado en la Opción H es un aparato de prueba con lámpara de arco de xenón refrigerada por aire que está compuesto por una lámpara de xenón refrigerada por aire (de arco largo) como fuente de energía radiante ubicada en el eje central de un bastidor para muestras vertical de  $157.0 \pm 3.0$  mm ( $6.2 \pm 0.125$  pulgadas) de diámetro para proporcionar una distribución específica de energía espectral. El ciclo exacto es controlado por una tarjeta de programa u otro mecanismo. El bastidor para muestras y los portamuestras giran en el sentido de las manecillas del reloj. Después de una revolución,

los portamuestras giran sobre su propio eje.

D.1.1 La lámpara de xenón tiene un tubo quemador de cristal de cuarzo, con un sistema de fibra óptica que está con formado por un farol con una combinación de siete cristales absorbentes de IR rodeados por un cilindro externo de vidrio con 5% de óxido de boro para simular la distribución de la energía espectral de la luz natural a través de un vidrio de ventana.

D.2 Las unidades utilizadas en las Opciones I y J son aparatos de prueba de arco de xenón refrigerados por aire, con puestos por tres lámparas de xenón refrigeradas por aire como fuente de energía radiante ubicadas dentro de un bastidor para muestras vertical para proporcionar la distribución especificada de energía espectral. El exceso de calor se elimina de las lámparas de xenón haciendo recircular agua destilada o desmineralizada entre los cilindros internos y externos del filtro, junto con un flujo de aire por toda la lámpara de xenón. Un microprocesador controla el ciclo exacto. El bastidor para muestras gira en el sentido de las manecillas del reloj. Los portamuestras no giran sobre su propio eje.

D.2.1 Las lámparas de xenón están con puestas de tubos quemadores de cristal de cuarzo con un sistema de fibra óptica que consta de cilindros internos y externos de cristal de cuarzo, en combinación con una cubierta de tres secciones de vidrio con 5% de óxido de boro o vidrio con cal sodada para simular la distribución de la energía espectral de la radiación global o luz natural a través de vidrio, respectivamente.



## Estabilidad del color al lavado en casa y comercial: Pruebas aceleradas

arrollado en 1950 por el Comité TCC RA60; revisado en 1952, 1957, 1960, 1961, 1970, 1972, (cambio de título), 1989, 1993, 1996; reconfirmado en 1956, 1965, 1968, 1969, 1975, 1980, 1985; revisado para publicación en 1974, 1975, 1976, 1981, 1983, 1991, 1995, 1998. Equivale par- mente a ISO 105-C06.

### 1.1 Objetivo y alcance

1.1 Estas pruebas aceleradas de lavado en para evaluar la estabilidad del co- a los lavados de aquellos textiles que resistir lavados frecuentes. La pér- de color del tejido y los cambios en cie que genera la solución deter- y la acción abrasiva de cinco típi- lavados a mano, en casa o comercia- con o sin cloro, se emulan ximadamente por medio de una ba de 45 minutos de duración (ver 9-9.6). Sin embargo, no siempre es po- e repetir el efecto de descolorimiento ucido por estos cinco típicos lavados vés de la prueba de 45 minutos. El lorimiento es una función de la rela- entre tejidos coloreados y sin teñir, ntenido de fibra de los tejidos en el eo por suspensión y otras condicio- en el empleo final que no siempre se predecir.

### Principio

1 Las muestras se prueban bajo con- ones adecuadas de temperatura, solu- detergente, acción de decoloración y iva, de modo que el cambio de color similar al que ocurre en cinco tipos de do a mano, en casa o comerciales. El bio de color se logra en un tiempo e muy conveniente. La acción abra- resulta de los efectos de rozamiento tejido contra el recipiente, el bajo por- taje de líquido y el impacto de las es- de acero contra el tejido.

### Terminología

1.1 Estabilidad del color, *s.*—la resis- a de un material a cambiar cuales- de sus características de color, a ferir su o sus colorantes a materiales centes, o a ambos, como resultado de posición del material a cualquier am- te que pueda existir durante el proce- ento, prueba, almacenamiento o uso material.

2.1 Lavado, *s.*—*de materiales textiles*, oceso diseñado para eliminar sucie- y/o manchas por medio de un trata-

miento (lavado) con una solución deter- gente acuosa y que normalmente incluye el posterior enjuague, extracción de agua y secado.

### 4. Medidas de seguridad

NOTA: Las siguientes medidas de se- guridad sólo se entregan a modo de infor- mación. Estas medidas son adicionales a los procedimientos de prueba y no pre- tenden abarcar todas las medidas de pre- caución. Es responsabilidad del usuario usar técnicas seguras y adecuadas durante la manipulación de los materiales en este método de prueba. Se DEBE consultar a los fabricantes sobre detalles específicos, solicitándoles las hojas de datos de se- guridad de materiales y otras recomendacio- nes del fabricante. También se deben consultar y seguir todas las normas y re- glas OSHA.

4.1 Se deben seguir procedimientos de laboratorio seguros. Use lentes de seguri- dad en todas las áreas de laboratorio.

4.2 Todos los productos químicos se deben manipular con cuidado.

4.3 El Detergente de referencia estándar WOB de AATCC, 1993 puede causar irritación. Se deben adoptar las medidas necesarias para evitar que el detergente entre en contacto con la piel y los ojos.

4.4 En las cercanías debe estar ubicada una ducha de seguridad para lavado de los ojos en casos de emergencia.

4.5 Se deben seguir las recomendacio- nes de seguridad del fabricante cuando se operan equipos de prueba de laboratorio.

### 5. Aparatos, reactivos y materiales

5.1 Máquina de lavar.

5.1.1 Una máquina de lavar para hacer girar recipientes cerrados en un baño de agua regulado termostáticamente a  $40 \pm 2$  rpm (ver 12.1).

5.1.2 Recipientes de acero inoxidable Tipo 1 con cierre de palanca (ver 12.1) de 500 mL (1 pt),  $7.5 \times 12.5$  cm ( $3.0 \times 5.0$  in.), para la Prueba N° 1A.

5.1.3 Recipientes de acero inoxidable Tipo 2 con cierre de palanca (ver 12.1) de 1200 mL,  $9.0 \times 20.0$  cm ( $3.5 \times 8.0$  in.) para las Pruebas N° 2A, 3A, 4A y 5A.

5.1.4 Placas adaptadoras para sujetar los recipientes (ver 5.1.3) en el eje de la máquina de lavar (ver 12.1).

5.1.5 Esferas de acero inoxidable, 0.6 cm (0.25") de diámetro (ver 12.1).

5.1.6 Empaquetaduras fluorocarbóni- cas con teflón (ver 7.4.2, 12.1 y 12.2).

5.1.7 Módulo de precalentamiento/al- macenamiento (ver 7.4, 12.1 y 12.3).

5.2 Escalas para evaluar los resultados.

5.2.1 Escala de transferencia cromática de AATCC (ver 12.4).

5.2.2 Escala de grises para cambio de color (ver 12.4).

5.2.3 Escala de grises para coloración (ver 12.4).

5.3 Reactivos y materiales.

5.3.1 Tejidos de prueba de múltiples fi- bras N° 1 y FB (bandas de 0.8 cm [0.33"]), con bandas de acetato, algodón, nilón, seda, viscosa, rayón y lana. Tejidos de prueba de múltiples fibras N° 10 y FA (bandas de 0.8 cm [0.33"]) y N° 10A y FAA (bandas de 1.5 cm [0.6"]), con ban- das de acetato, algodón, nilón, poliéster, acrílico y lana (ver 12.5).

5.3.2 Tejido de prueba de algodón blanqueado, construcción de  $32 \times 32$  hi- los de urdimbre por cm ( $80 \times 80$  hilos de urdimbre por pulgada),  $136 \pm 10$  g/m<sup>2</sup> ( $4.0 \pm 0.3$  oz/yd<sup>2</sup>), desaprestado, sin agente fluorescente de blanqueo (ver 12.5).

5.3.3 1993 Detergente de referencia es- tándar WOB de AATCC, 1993 (sin agente fluorescente de blanqueo y sin fosfato) (ver 10.5 y 12.6).

5.3.4 1993 Detergente de referencia es- tándar de AATCC, 1993 (con agente fluorescente de blanqueo) (ver 10.5 y 12.6).

5.3.5 Agua destilada o desmineralizada (ver 12.7).

5.3.6 Blanqueador de hipoclorito só- dico (NaOCl) (ver 12.8).

5.3.7 Carbonato de sodio (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>).

5.3.8 Tela para prueba en frictómetro cortada en cuadrados de 5 cm (2") (ver 12.9).

5.3.9 Tarjetas blancas (montajes de muestras), con un mínimo coeficiente tri- cromático de Y de 85%.

### 6. Muestras de prueba

6.1 Se requieren los siguientes tamaños de muestra para las distintas pruebas:

5.0 × 10.0 cm (2.0 × 4.0 in.) para la Prueba N° 1A,

5.0 × 15.0 cm (2.0 × 6.0 in.) para las Pruebas N° 2A, 3A, 4A y 5A.

6.2 Pruebe sólo una muestra en cada recipiente.

6.2.1 Pruebe una muestra por cada muestra de laboratorio. Para una mayor precisión, puede ser aconsejable realizar réplicas.

6.3 Para determinar la decoloración en las Pruebas N° 1A y 2A, use tejido de múltiples fibras. Para determinar la deco- loración en la Prueba N° 3A, use tejido de múltiples fibras o tejido de prueba de al-

godón blanqueado. En el caso de la Prueba N° 3A, el uso de un tejido de múltiples fibras es opcional, pero se descarta la decoloración de acetato, nilón, poliéster y acrílico, a menos que alguna de estas fibras esté presente en el tejido que se está examinando o se sabe que está en la prenda final. Para la Prueba 3A, se recomienda un tejido de múltiples fibras con cantos sellados por calor. En las Pruebas N° 4A y 5A no se determina la decoloración (ver 12.10 y 12.11).

#### 6.4 Preparación de las muestras.

6.4.1 Preparación con tejido de múltiples fibras, con bandas de componentes individuales de 0.8 cm (0.33") de ancho o con tejido de prueba de algodón blanqueado. Prepare piezas con un cuadrado de 5.0 cm (2.0") de tejido de múltiples fibras o tejido de prueba de algodón blanqueado (según sea necesario) cocido, engrapado o unido de manera adecuada a lo largo de un canto de 5.0 cm (2.0") de la muestra de prueba y en contacto con el anverso del material. Si se usa tejido de múltiples fibras, únalo de manera tal que cada una de las seis bandas de fibra queden a lo largo del canto de 5.0 cm (2.0") de la muestra, con la lana en el lado derecho. Las bandas de fibra en el tejido de múltiples fibras estarán en sentido paralelo a la dirección longitudinal de la muestra de prueba.

6.4.2 Preparación con tejido de múltiples fibras, con bandas de componentes individuales de 1.5 cm (0.6") de ancho. Prepare piezas con un rectángulo de 5.0 x 10.0 cm (2.0 x 4.0 in.) de tejido de múltiples fibras cocido, engrapado o unido de manera adecuada, centrado a lo largo de un canto de 10.0 cm (4.0") o 15.0 cm (6.0") de la muestra de prueba y en contacto con el anverso del material. Únalo de manera tal que cada una de las seis bandas de fibra queden en sentido paralelo al ancho de la muestra. Una y fije la banda de lana a la parte superior de la muestra, para evitar la pérdida de fibras.

6.4.3 Se recomienda que los tejidos de punto se cosan o engrapen en los cuatro cantos a piezas de tejido de prueba de algodón blanqueado de tamaño equivalente, para evitar cantos enrollados y ayudar a obtener un resultado de prueba uniforme en toda la superficie. Una el tejido de múltiples fibras al anverso del tejido de punto.

6.4.4 Para muestras de tejido de pelo en que los pelos están en un sentido de trama determinado, una el tejido de múltiples fibras en la parte superior de la muestra, con el sentido de la trama apuntando en dirección contraria a la parte superior de la muestra.

6.5 Cuando el textil que se probará es un hilado, las muestras se pueden probar con la Opción 1 o la Opción 2.

6.5.1 Opción 1. Teja el hilado en una máquina para muestras de tejidos de

Tabla I—Condiciones de la prueba\*

| Prueba No. | Temp |     | Volumen total de solución | Porcentaje de detergente del volumen total | Cloro utilizable del volumen total | N° de bolas de acero | Tiempo |
|------------|------|-----|---------------------------|--|------------------------------------|----------------------|--------|
|            | C    | F   |                           |  |                                    |                      |        |
| 1A         | 40   | 105 | 200 mL                    | 0.37%                                      | None                               | 10                   | 45 Min |
| 2A         | 49   | 120 | 150                       | 0.15                                       | None                               | 50                   | 45     |
| 3A         | 71   | 160 | 50                        | 0.15                                       | None                               | 100                  | 45     |
| 4A         | 71   | 160 | 50                        | 0.15                                       | 0.015%                             | 100                  | 45     |
| 5A         | 49   | 120 | 150                       | 0.15                                       | 0.027                              | 50                   | 45     |

\*En la Sección 9 se indican los objetivos de cada método de prueba

punto adecuado. Prepare las muestras y los tejidos de múltiples fibras de acuerdo a lo indicado en 6.1-6.4.3. Conserve una muestra de tejido de punto de cada muestra como un original sin lavar.

6.5.2 Prepare dos madejas de 110-m (120-yd) de cada hilado. Doble la madeja de modo que en los 5.0 cm (2") de ancho el hilado quede repartido de manera uniforme, con una longitud adecuada para el procedimiento que se usará. Conserve una madeja de cada muestra como un original sin lavar. Cosa o engrape cuadrados de tela para prueba en frictómetro (ver 12.9) o cuadrados de tejido de prueba de algodón blanqueado, de aproximadamente el mismo peso, doblados sobre cada extremo de la muestra de hilado en capas. Adhiera un tejido de múltiples fibras de acuerdo al punto 6.4.1 o 6.4.2.

#### 7. Procedimiento

7.1 En la Tabla I se resumen las condiciones de las pruebas.

7.2 Ajuste la máquina de lavar para que mantenga la temperatura de baño deseada. Prepare el volumen de solución de lavar requerido. Precaliente esta solución hasta la temperatura indicada.

7.3 Realice la Prueba N° 1A en los recipientes de acero inoxidable con cierre de palanca de 7.5 x 12.5 cm (3.0 x 5.0 in.). Realice las pruebas N° 2A, 3A, 4A y 5A en recipientes de acero inoxidable con cierre de palanca de 9.0 x 20.0 cm (3.5 x 8.0 in.).

7.3.1 Para las Pruebas N° 1A, 2A y 3A, agregue la cantidad de solución de detergente indicada en la Tabla I al recipiente.

7.3.2 Para la Prueba N° 4A, prepare una solución de cloro utilizable de 1500 ppm. Para 1 L, determine de la siguiente forma la cantidad de solución blanqueadora concentrada de hipoclorito sódico (ver 12.8) a diluir:

$$159.4\% \text{ NaOCl} = g \text{ por añadir}$$

Pese la cantidad correcta de blanqueador en un matraz volumétrico y diluya hasta completar 1 L. Agregue a cada recipiente 5 mL de solución de cloro utilizable de 1500 ppm y 45 mL de solución detergente, lo que hace un volumen total de 50 mL.

7.3.3 Para la Prueba N° 5A, determine

de la siguiente forma la cantidad de solución blanqueadora concentrada de hipoclorito sódico (ver 12.8) a diluir:

$$4.54\% \text{ NaOCl} = g \text{ por añadir}$$

Pese la cantidad correcta de blanqueador en una probeta graduada y añada solución detergente hasta completar un volumen total de 150 mL. Prepare esta solución en forma separada para cada recipiente.

7.3.4 Para todas las pruebas, agregue a cada recipiente el número indicado de esferas de acero inoxidable.

7.4 En las dos opciones para precalentar los recipientes a la temperatura de prueba se usa la máquina de lavar o la unidad precalentadora/de almacenamiento. Si los recipientes van a ser precalentados en la máquina de lavar, vaya al punto 7.4.2.

7.4.1 Ubique los recipientes en el módulo precalentador a la temperatura de prueba indicada. Deben permanecer en el módulo por lo menos durante 2 min. En cada recipiente, introduzca una muestra de prueba bien arrugada.

7.4.2 Engrape las cubiertas en los recipientes. Se puede intercalar una empaquetadura fluorocarbónica con teflón (ver 5.1.6) entre la empaquetadura de neopren y la parte superior de cada recipiente, para evitar que la solución de lavado se contamine con neopren. Sujete los recipientes con cierre de palanca de 7.5 x 12.5 cm (3.0 x 5.0 in.) en forma vertical y los recipientes con cierre de palanca de 9.0 x 20.0 cm (3.5 x 8.0 in.) en forma horizontal en los adaptadores sobre el rotor de la máquina de lavar, de manera tal que cuando los recipientes giren, las cubiertas golpeen primero el agua. Ponga un número igual de recipientes en cada lado del eje. Para recipientes precalentados en el módulo, vaya al punto 7.7.

7.5 Eche a andar rotor y hágalo funcionar durante al menos 2 min para precalentar los recipientes.

7.6 Detenga el rotor y con una fila de recipientes en posición de pie, suelte la cubierta de un recipiente, introduzca una muestra de prueba bien arrugada en la solución y vuelva a colocar la cubierta en su lugar, pero no la engrape. Repita esta operación hasta que termine de cargar todos los recipientes en la fila. Luego en-

las cubiertas en el mismo orden en que se cargaron los recipientes (demore el engrapado de las cubiertas, para permitir la igualación de la presión). Repita esta operación hasta terminar de cargar todas las filas de recipientes.

7.7 Eche a andar la máquina de lavar y hágala funcionar a  $40 \pm 2$  rpm durante 45 min.

7.8 Los procedimientos de enjuague, extracción y secado son iguales para todas las pruebas. Detenga la máquina, saque los recipientes y vacíe su contenido en vasos para análisis, manteniendo cada muestra de prueba en un vaso separado. Enjuague cada muestra de prueba tres veces en vasos para análisis, en agua destilada o desmineralizada a  $40 \pm 3$  C ( $105 \pm 5$  F) por períodos de 1 min, agitando y estrujando ocasionalmente con la mano. Para eliminar el exceso de agua, centrifugue, seque con papel secante o pase las muestras de prueba a través de rodillos escurridores. Seque las muestras en una estufa con circulación de aire en que la temperatura no exceda los 71 C (160 F) o séquelas, dentro de una bolsa de malla de nilón, en una secadora de tambor automática en ciclo normal que tenga una temperatura de aspiración de 60-71 C (140-160 F) o deje secar al aire.

7.9 Deje que las muestras se acondicionen a una humedad relativa de  $65 \pm 2\%$  y  $21 \pm 1$  C ( $70 \pm 2$  F) durante 1 hora antes de evaluarlas.

7.10 Prepare muestras de tejidos probados y tejidos adyacentes para su evaluación, cortando las hebras deshilachadas y cepillando levemente para eliminar cualquier fibra y hebra suelta de las superficies de los tejidos. Cepille las muestras de tejido de pelo en la dirección requerida, para restablecerlas en forma tan parecida como sea posible al ángulo de la trama que tienen las muestras no tratadas. Las muestras se deben alisar o aplanar si están arrugadas y desordenadas debido al lavado y/o secado. Las muestras se pueden montar sobre tarjetas para facilitar la identificación y manipulación durante su evaluación. Para consistencia en el material de respaldo, use tarjetas de montaje blanca con un valor tricromático Y de al menos 85%. El material de montaje no debe ser visible en el área que será observada y no debe interferir con la clasificación, según se especifica en el punto 5.1 de los Procedimientos de Evaluación 1 y 2 para la Escala de grises para cambio de color y Escala de grises para coloración o evaluación instrumental del color de acuerdo con el Procedimiento de evaluación 7 de AATCC; Evaluación instrumental del cambio de color de una muestra de prueba.

7.10.1 Antes de compararlas con el original sin lavar, las muestras de madejas de hilado se deben peinar y cepillar para una mejor alineación de las hebras. Es

posible que las muestras originales también necesiten un peinado y cepillado adicional para que su aspecto sea más uniforme.

## 8. Evaluación

### 8.1 Evaluación del cambio de color.

8.1.1 Evalúe el cambio de color de las muestras de prueba de la forma que se indica en el Procedimiento de evaluación 1 usando la Escala de grises para cambio de color. Para una mayor precisión y exactitud, las muestras deben ser clasificadas por más de un clasificador.

Clase 5—cambio insignificante o ningún cambio, como se indica en el Paso 5 en la Escala de grises.

Clase 4.5—cambio de color equivalente al Paso 4.5 de la Escala de grises.

Clase 4—cambio de color equivalente al Paso 4 de la Escala de grises.

Clase 3.5—cambio de color equivalente al Paso 3.5 de la Escala de grises.

Clase 3—cambio de color equivalente al Paso 3 de la Escala de grises.

Clase 2.5—cambio de color equivalente al Paso 2.5 de la Escala de grises.

Clase 2—cambio de color equivalente al Paso 2 de la Escala de grises.

Clase 1.5—cambio de color equivalente al Paso 1.5 de la Escala de grises.

Clase 1—cambio de color equivalente al Paso 1 de la Escala de grises.

8.1.2 El cambio de color se puede determinar cuantitativamente midiendo la diferencia de color entre la muestra sin lavar y una muestra de prueba, usando un colorímetro o espectrofotómetro idóneo con el software adecuado (ver Procedimiento de evaluación 7 de AATCC, Evaluación instrumental del cambio de color de una muestra de prueba).

### 8.2 Evaluación de la coloración.

8.2.1 Evalúe la coloración (ver 12.10) como se indica en el Procedimiento de evaluación 2 usando la Escala de grises para coloración o como se indica en el Procedimiento de evaluación 3 usando la Escala de transferencia cromática. Se debe indicar la escala usada al reportar los resultados de las pruebas.

Clase 5—transferencia de color insignificante o ninguna transferencia.

Clase 4.5—transferencia de color equivalente al Paso 4-5 de la Escala de grises para coloración.

Clase 4—transferencia de color equivalente al Paso 4 de la Escala de grises para coloración o la Fila 4 de la Escala de transferencia cromática.

Clase 3.5—transferencia de color equivalente al Paso 3-4 de la Escala de grises para coloración.

Clase 3—transferencia de color equivalente al Paso 3 de la Escala de grises para coloración o la Fila 3 de la Escala de transferencia cromática.

Clase 2.5—transferencia de color equivalente al Paso 2-3 de la Escala de grises

para coloración.

Clase 2—transferencia de color equivalente al Paso 2 de la Escala de grises para coloración o la Fila 2 de la Escala de transferencia cromática.

Clase 1.5—transferencia de color equivalente al Paso 1-2 de la Escala de grises para coloración.

Clase 1—transferencia de color equivalente al Paso 1 de la Escala de grises para coloración o la Fila 1 de la Escala de transferencia cromática.

8.2.2 El color transferido al tejido de múltiples fibras o al cuadrado del tejido de prueba de algodón blanqueado del punto 6.4.1 se puede determinar cuantitativamente midiendo la diferencia de color entre un trozo del material original y el material coloreado. Los tejidos de múltiples fibras N° 10A o FAA tienen bandas de un ancho suficiente para estar dentro del diámetro de apertura de muchos colorímetros y espectrofotómetros (ver Procedimiento de evaluación 6, Medición instrumental del color, y el punto 12.14).

## 9. Interpretación de los resultados

9.1 Los resultados de estas pruebas buscan emular los efectos del cambio de color (ver 1.1) de cinco lavados corrientes en casa o comerciales. Se trata de pruebas aceleradas y para obtener el nivel de aceleración requerido, algunas de las condiciones sobre la temperatura fueron exageradas deliberadamente. Estas pruebas se han mantenido mayormente inalteradas durante muchos años, mientras que los detergentes, las lavadoras y las secadoras, los procedimientos de lavado y los tejidos han cambiado (ver el artículo "Estandarización de las condiciones de prueba del lavado casero," en este MANUAL TÉCNICO). En consecuencia, es recomendable interpretar los resultados de las pruebas con cierta cautela.

9.2 Prueba N° 1A—Esta prueba sirve para evaluar la estabilidad del color de textiles que en teoría deben resistir frecuentes lavados a mano a baja temperatura. Las muestras sometidas a esta prueba deben mostrar un cambio de color similar a aquel producido por cinco cuidadosos lavados típicos a mano a una temperatura de  $40 \pm 3$  C ( $105 \pm 5$  F).

9.3 Prueba N° 2A—Esta prueba sirve para evaluar la estabilidad del color al lavado de textiles que en teoría deben resistir frecuentes lavados a máquina a baja temperatura, tanto en casa como en lavanderías comerciales. Las muestras sometidas a esta prueba debe mostrar un cambio de color similar a aquel producido por cinco lavados en lavandería a  $38 \pm 3$  C ( $100 \pm 5$  F) o por cinco lavados a máquina en casa a un nivel de temperatura media o caliente a  $38 \pm 3$  C ( $100 \pm 5$  F).

9.4 Prueba N° 3A—Esta prueba sirve

para evaluar la estabilidad del color al lavado de textiles considerados lavables bajo condiciones intensas. Las muestras sometidas a esta prueba deben mostrar un cambio de color similar a aquel producido por cinco lavados en lavandería a  $49 \pm 3C$  ( $120 \pm 5F$ ) o por cinco lavados a máquina en casa a  $60 \pm 3C$  ( $140 \pm 5F$ ), en ambos casos sin cloro.

9.5 Prueba N° 4A—Esta prueba sirve para evaluar la estabilidad del color al lavado de textiles lavados cuando hay cloro utilizable. Las muestras sometidas a esta prueba deben mostrar un cambio de color similar a aquel producido por cinco lavados en lavandería a  $71 \pm 3C$  ( $160 \pm 5F$ ) con 1.9 L (2.0 cuartos de galón) de 1% de cloro utilizable por cada 45.4 kg (100.0 libras) de carga (fórmula de lavado de ropa blanca) o por cinco lavados a máquina en casa a  $63 \pm 3C$  ( $145 \pm 5F$ ), con 3.74 g por L (0.50 onzas/gal) de cloro utilizable al 5% por cada 3.6 kg (8.0 libras) de carga.

9.6 Prueba N° 5A—Esta prueba sirve para evaluar la estabilidad del color al lavado de textiles que se pueden lavar con cloro utilizable. Las muestras sometidas a esta prueba deben mostrar un cambio de color similar a aquel producido por cinco lavados a máquina en casa a  $49 \pm 3C$  ( $120 \pm 5F$ ) con 200  $\pm$  1 ppm de cloro utilizable.

## 10. Reporte

10.1 Reporte el número de la prueba.

10.2 Reporte el número de clase determinado para el cambio de color en 8.1 y los números de clase de coloración para las fibras evaluadas en el tejido de múltiples fibras y/o tejido de prueba de algodón blanqueado determinados en 8.2.

10.3 Indique la escala (Escala de grises para coloración o Escala de transferencia cromática de AATCC) que se usó para evaluar la coloración (ver 12.12).

10.4 Reporte el tejido de múltiples fibras usado y si se usó el tejido de prueba de algodón blanqueado para evitar que se enrolle el tejido de punto.

10.5 Reporte el detergente usado con los resultados de cambio de color y coloración (ver 12.6).

10.6 Reporte la máquina de lavar que se usó.

## 11. Precisión y sesgo

11.1 Se han desarrollado informes de precisión y sesgo para las Pruebas N° 2A y 5A. Aunque se ha realizado un trabajo de correlación, no se han elaborado informes de precisión y sesgo para las Pruebas N° 1A, 3A y 4A.

11.1.1 Debido a cambios en los detergentes usados en este método, es posible que estos informes de precisión y sesgo no sean aplicables a los datos o información obtenidos con los detergentes disponibles actualmente.

## 11.2 Prueba N° 2A.

11.2.1 *Resumen.* En mayo de 1985 se realizó una prueba entre laboratorios para determinar la precisión de la Prueba N° 2A. Una parte de la prueba fue para determinar si el tejido de múltiples fibras N° 10A más ancho de 1.5 cm (0.6") se podía substituir por el tejido N° 10 de 0.80 cm (0.33") de ancho. La prueba completa consistió en la evaluación realizada por seis laboratorios, donde un operador evaluó 10 materiales en duplicado usando la Prueba N° 2A.

11.2.2 *Cambio del color.* Tres clasificadores de seis laboratorios evaluaron en forma independiente nueve materiales en duplicado usando la Escala de grises para cambio de color. Los componentes de la varianza, como desviaciones estándar de las clases de estabilidad del color (promedios de las varianzas para tejidos de múltiples fibras N° 10 y N° 10A) se calcularon de la siguiente manera:

|                          |      |
|--------------------------|------|
| Operador individual      |      |
| Componente               | 0.29 |
| Dentro de un laboratorio |      |
| Componente               | 0.29 |
| Entre laboratorios       |      |
| Componente               | 0.29 |

11.2.3 *Diferencias críticas.* Para los componentes de la varianza reportados en el punto 11.2.2, dos promedios de los valores observados se deben considerar como significativamente diferentes al nivel de probabilidad de 95% si la diferencia es igual o mayor que las diferencias críticas que se muestran en la Tabla II.

Tabla II—Diferencias críticas, clases, para la condición observada<sup>a</sup>

| N° de observaciones | Precisión del operador individual | Precisión dentro de un laboratorio | Precisión entre laboratorios |
|---------------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| 1                   | 0.80                              | 1.12                               | 1.37                         |
| 3                   | 0.46                              | 0.92                               | 1.21                         |
| 5                   | 0.36                              | 0.87                               | 1.18                         |

<sup>a</sup>Las diferencias críticas fueron calculadas usando  $t = 1.950$  lo que se basa en grados infinitos de libertad.

11.2.4 *Coloración.* Tres clasificadores clasificaron en forma independiente las seis fibras del tejido de múltiples fibras (N° 10 y N° 10A) para 10 materiales en seis laboratorios usando la Escala de grises para coloración. De las 60 combinaciones de fibra/tejido posibles, sólo se podían usar 51. Los componentes de la varianza fueron promediados para los tejidos de múltiples fibras N° 10 y N° 10A y aparecen a continuación como desviaciones estándar de las clasificaciones de coloración:

|                          |      |
|--------------------------|------|
| Operador individual      |      |
| Componente               | 0.27 |
| Dentro de un laboratorio |      |
| Componente               | 0.34 |
| Entre laboratorios       |      |
| Componente               | 0.25 |

11.2.5 *Diferencias críticas.* Diferencias críticas. Para los componentes de la varianza reportados en el punto 11.2.4, dos promedios de los valores observados se deben considerar como significativamente diferentes al nivel de probabilidad de 95% si la diferencia es igual o mayor que las diferencias críticas que se muestran en la Tabla III.

Tabla III—Diferencias críticas, clases, para la condición observada<sup>a</sup>

| N° de observaciones | Precisión del operador individual | Precisión dentro de un laboratorio | Precisión entre laboratorios |
|---------------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| 1                   | 0.75                              | 1.20                               | 1.39                         |
| 3                   | 0.43                              | 1.03                               | 1.25                         |
| 5                   | 0.33                              | 1.00                               | 1.22                         |

<sup>a</sup>Las diferencias críticas fueron calculadas usando  $t = 1.950$  lo que se basa en grados infinitos de libertad.

11.2.6 *Sesgo.* Las pruebas que comparan cinco lavados en casa a 40C (105F) con una Prueba N° 2A en Launder-Ometer indican que no hay sesgo entre los dos métodos con relación a los niveles de estabilidad del color y coloración evaluados.

11.3 Prueba N° 5A, Blanqueador de cloro.

11.3.1 *Resumen.* En 1984 se realizó una prueba entre laboratorios para establecer la precisión de la Prueba N° 5A para determinar el efecto del blanqueador de cloro en la estabilidad del color de los tejidos. Todas las muestras fueron lavadas por un operador en una Launder-Ometer. En la Prueba N° 5<sup>a</sup>, el cambio de color fue determinado tanto visualmente como por medio de instrumentos. En el reporte Third Interlaboratory Study of Proposed Launder-Ometer Test for Colorfastness of Fabrics to Chlorine and Non-Chlorine Bleaches (Tercer estudio entre laboratorios de la prueba de Launder-Ometer propuesta para evaluar la estabilidad del color de tejidos a blanqueadores con y sin cloro), 21 de octubre de 1985, por J. W. Whitworth, Milliken Research Corp., Spartanburg, SC., se pueden encontrar detalles acerca de los análisis estadísticos de los datos.

11.3.2 *Evaluación visual.* En cada uno de los cinco laboratorios se probaron cuatro materiales. Tres clasificadores evaluaron visualmente el cambio de color de las cuatro muestras. Los componentes de la

varianza como desviaciones estándar de las clases de estabilidad del color se calcularon de la siguiente forma:

|                          |      |
|--------------------------|------|
| Operador individual      |      |
| Componente               | 0.38 |
| Dentro de un laboratorio |      |
| Componente               | 0.28 |
| Entre laboratorios       |      |
| Componente               | 0.27 |

11.3.3 *Diferencias críticas.* Para los componentes de la varianza en 11.3.2, dos promedios de los valores observados se deben considerar como significativamente diferentes en el nivel de probabilidad de 95% si la diferencia es igual o mayor que las diferencias críticas que se muestran en la IV.

Tabla IV—Diferencias críticas, clases, para la condición observada<sup>a</sup>

| N° de observaciones | Precisión del operador individual | Precisión dentro del laboratorio | Precisión entre laboratorios |
|---------------------|-----------------------------------|----------------------------------|------------------------------|
| 1                   | 1.03                              | 1.29                             | 1.49                         |
| 3                   | 0.59                              | 0.98                             | 1.23                         |
| 5                   | 0.46                              | 0.91                             | 1.17                         |

<sup>a</sup>Las diferencias críticas fueron calculadas usando  $t = 1.950$  lo que se basa en grados infinitos de libertad.

11.3.4 *Evaluación instrumental.* El cambio de color como diferencia total de color (CIELAB) se midió en un espectrofotómetro o colorímetro usando aberturas cuyo tamaño oscila entre 1.3 y 5.1 cm (0.5-2.0 in.) en diámetro, observador del patrón de luz  $D_{65}/10^\circ$  u observador del patrón de luz  $C/2^\circ$ . Se probaron seis materiales en cada uno de los seis laboratorios. Un operador en cada laboratorio probó cuatro muestras de cada tejido. Los componentes de la varianza para  $\Delta E^*$  expresados como coeficientes de variación se calcularon de la siguiente manera:

|                     |       |
|---------------------|-------|
| Operador individual |       |
| Componente          | 6.8%  |
| Entre laboratorios  |       |
| Componente          | 11.2% |

11.3.5 *Diferencias críticas.* Para los componentes de la varianza reportados en 11.3.4, dos promedios de los valores observados se deben considerar como significativamente diferentes al nivel de probabilidad de 95% si la diferencia es igual o mayor que las diferencias críticas que se muestran en la Tabla V.

11.3.6 *Sesgo.* Las pruebas que comparan cinco lavados en casa a 49C (120F) con una Prueba N° 5A en Launder-Ometer, indican que no hay sesgo entre los dos métodos con relación a los niveles de estabilidad del color evaluados (ver 12.13).

Tabla V—Diferencias críticas, clases, para la condición observada<sup>a,b</sup>

| N° de observaciones en cada promedio | Precisión del operador individual | Precisión entre laboratorios |
|--------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| 1                                    | 18.7                              | 36.2                         |
| 3                                    | 10.8                              | 32.8                         |
| 5                                    | 8.4                               | 32.1                         |

<sup>a</sup>Las diferencias críticas fueron calculadas usando  $t = 1.950$  lo que se basa en grados infinitos de libertad. <sup>b</sup>Para convertir los valores de las diferencias críticas en unidades de medición, multiplique las diferencias críticas por el promedio de los dos conjuntos específicos de datos que se están comparando y luego divida por 100.

## 12. Notas

12.1 Una máquina de lavar, la Launder-Ometer (una marca registrada de Atlas Electric Devices), está disponible con accesorios en Atlas Electric Devices Co., 4114 N. Ravenswood Ave., Chicago IL 60613; tel: 773/327-4520; fax: 773/327-5787.

12.2 Teflón es una marca registrada de Dupont Co., Wilmington DE 19898.

12.3 La unidad precalentadora/de almacenamiento puede ser una unidad adyacente a la máquina de lavar o un módulo separado con su calentador eléctrico individual y su termostato para controlar las temperaturas del baño de María para calentar los contenedores y soluciones antes de cargas la máquina de lavar.

12.4 Disponible en AATCC, P.O. Box 12215, Research Triangle Park NC 27709; tel: 919/549-8141; fax: 919/549-8933; e-mail: orders@aatcc.org.

12.5 Los tejidos de múltiples fibras N° 1, N° 10 y N° 10A están disponibles en Testfabrics Inc., P.O. Box 26, 415 Delaware St., W. Pittston PA 18643; tel.: 717/603-0432; fax: 717/603-0433. Los tejidos de múltiples fibras FA, FB y FAA están disponibles en Textile Innovators Corp., P.O. Box 8, Windsor NC 27983; tel: 252/794-9703; fax: 252/794-9704. El tejido de prueba de algodón blanqueado en construcción de 32 x 32 de urdimbre por cm (80 x 80 hilos de urdimbre por pulgada), 136 ± 10 g/m<sup>2</sup> (4.0 ± 0.3 oz/yd<sup>2</sup>) y sin agente fluorescente de blanqueo está disponible en ambos proveedores.

12.6 El Detergente de referencia estándar WOB (sin agente fluorescente de blanqueo) de AATCC, 1993, una formulación compacta, es el detergente básico que se debe usar en este método de prueba. Cuando se va a evaluar el efecto de un agente fluorescente de blanqueo, se debe usar el detergente de referencia estándar (con agente fluorescente de blanqueo) de AATCC, 1993. Ambos detergentes están disponibles en AATCC, P.O. Box 12215, Research Triangle Park NC 27709; tel: 919/549-8141; fax: 919/549-8933; e-mail: orders@aatcc.org.

12.7 Use agua destilada o desmineralizada de no más de 15 ppm de dureza para disolver el detergente y para las soluciones de prueba.

12.8 Use un blanqueador de hipoclorito sódico adquirido dentro de los últimos seis meses para la solución concentrada.

12.8.1 Para confirmar la actividad de la so-

lución de hipoclorito concentrada, pese 2.00 g de hipoclorito sódico líquido en una probeta Erlenmeyer y dilúyalo con 50 mL de agua desmineralizada. Agregue 10 mL de ácido sulfúrico al 10% y 10 mL de yoduro de potasio al 10%. Titule con 0.1N de tiosulfato de sodio hasta que quede incoloro.

Cálculo:

% de hipoclorito sódico

$$= \frac{(\text{mL Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)(0.1N)(0.03722)}{(2.00 \text{ g NaOCl})} \times 100$$

El factor 0.03722 se deriva multiplicando el peso molecular del NaOCl (74.45 g/mol) por 0.001 (conversión mL a L) y dividiendo luego por 2 (mols de tiosulfato por hipoclorito).

12.8.2 El poder oxidante del hipoclorito sódico se expresa habitualmente en términos de cloro utilizable, la cantidad equivalente de cloro diatómico presente. Una solución de NaOCl al 5.25% contiene 50,000 ppm de cloro utilizable.

12.9 La tela para prueba en frictómetro, algodón peinado de 32 x 33 hilos de urdimbre por cm (80 x 84 hilos de urdimbre por pulgada) desaprestado, blanqueado (sin blanqueador fluorescente ni material de acabado presente) está disponible en los siguientes proveedores: Testfabrics Inc., P.O. Box 26, 415 Delaware St., W. Pittston PA 18643; tel: 717/603-0432; fax: 717/603-0433; Atlas Electric Devices Co., 4114 N. Ravenswood Ave., Chicago IL 60613; tel: 773/327-4520; fax: 773/327-5787; y Textile Innovators Corp., P.O. Box 8, Windsor NC 27983; tel: 252/794-9703; fax: 252/794-9704.

12.10 Si para las Pruebas N° 4A y 5A se necesitan evaluaciones de coloración, se pueden llevar a cabo usando las correspondientes Pruebas N° 2A o 3A, las que no usan blanqueador. La Prueba N° 2A es la alternativa sin blanqueador para la Prueba N° 5A y la Prueba N° 3A es la alternativa sin blanqueador para la Prueba N° 4A.

12.11 Si se usa tejido de múltiples fibras en conjunto con las Pruebas 4A o 5A, la lana puede absorber el cloro dejando muy poco para la acción blanqueadora. La lana se puede sacar del tejido de múltiples fibras antes de las pruebas para eliminar este efecto.

12.12 Para evaluaciones muy críticas y en casos de arbitraje, las clases se deben basar en la Escala geométrica de grises para coloración.

12.13 Para información adicional sobre el sesgo entre la Prueba N° 5A y cinco lavados caseros, vea la Fig. 1 en Interlaboratory Study of Proposed Launder-Ometer Test for Colorfastness of Fabrics to Chlorine and Non-Chlorine Bleaches, Reporte al Comité AATCC RA60, Estabilidad del color a los métodos de prueba de lavado, noviembre de 1984, New York NY, por L. B. Farmer y J. W. Whitworth de Milliken Research Corp., Spartanburg SC, y J. G. Tew, Centro Técnico de AATCC, Research Triangle Park NC.

12.14 El Procedimiento de evaluación 7 de AATCC entrega un método para calcular las clases de la Escala de Grises a partir de los datos de medición del color.

## Solidez del color al agua

desarrollado en 1962 por el Comité TCC RA23; revisado en 1967, 1968, 1972, 1981; reconfirmado en 1975, 1978, 1989; revisado para publicación en 1983, 1985, 1994; revisado y reconfirmado para publicación en 1986, 1991, 1997. Técnicamente equivalente a ISO 105-E01.

### 1. Objetivo y alcance

1.1 Este método de prueba está diseñado para determinar la resistencia al agua de todo tipo de hilos textiles y tejidos teñidos, estampados o coloreados de otra manera.

1.2 En este método de prueba se usa agua destilada o agua desionizada, porque el agua natural (de grifo) es de composición variable.

### 2. Principios

2.1 La muestra, apoyada en una base de tela de prueba de multifibras, se sumerge en agua bajo condiciones específicas de temperatura y tiempo y luego se coloca entre placas de vidrio o de plástico bajo condiciones específicas de presión, temperatura y tiempo. Se observa el cambio en el color de la muestra y la colocación de la tela de prueba de multifibras.

### 3. Terminología

3.1 solidez del color, s.—resistencia del material al cambio de cualesquiera de las características de color, a transferir sus colorantes a materiales adyacentes, ambos, como resultado de la exposición del material a cualquier entorno que pueda existir durante el procesamiento, almacenamiento o uso del material.

### 4. Medidas de seguridad

NOTA: Las siguientes medidas de seguridad sólo se entregan a modo de información. Estas medidas son adicionales a los procedimientos de prueba y no pretenden abarcar todas las medidas de precaución. Es responsabilidad del usuario seguir técnicas seguras y adecuadas durante la manipulación de los materiales en este método de prueba. Se DEBE consultar a los fabricantes sobre detalles específicos, solicitándoles las hojas de datos de seguridad de materiales y otras recomendaciones del fabricante. También se deben consultar y seguir todas las normas y

reglas OSHA.

4.1 Se deben seguir procedimientos de laboratorio seguros. Use lentes de seguridad en todas las áreas de laboratorio.

4.2 Se deben seguir las recomendaciones de seguridad del fabricante al operar los equipos de prueba de laboratorio.

4.3 Respete las medidas de seguridad del fulard. Asegúrese de poner una protección adecuada en el punto de sujeción. No se deben retirar las protecciones normales del fulard.

### 5. Aparatos y materiales

5.1 Medidor de transpiración AATCC, transpirómetro AATCC o dispositivo equivalente (vea 12.1 y 12.2).

5.2 Placas, vidrio o plástico (vea 12.1).

5.3 Estufa de secado, por convección.

5.4 Tela de prueba de múltiples fibras No. 1 o No. 10 (vea 12.1).

5.5 Escala de transferencia cromática AATCC (vea 12.1).

5.6 Escala de grises para cambio de color y Escala de grises para coloración AATCC (vea 12.1).

5.7 Exprimidor (vea 12.3).

### 6. Solución de prueba

6.1 Agua destilada recién hervida o agua desionizada de un dispositivo para intercambio iónico.

### 7. Muestras

7.1 Muestras coloreadas de 5,7 X 5,7 cm (2,25 X 2,25 pulgadas) apoyadas en una base de tela de prueba de multifibras.

### 8. Procedimiento

8.1 Sumerja la muestra de prueba en la solución de prueba a temperatura ambiente y agítela en forma ocasional para asegurarse de que quede completamente empapada (por lo general, se demora aproximadamente 15 min. para telas corrientes) (vea 12.4).

8.2 Retire la muestra de prueba de la solución de prueba y sólo pásela a través de cilindros exprimidores (rodillo escurridor) para sacar el exceso de líquido cuando el peso húmedo de la muestra de prueba es más de 3 veces su peso en seco. Dentro de lo posible, el peso húmedo debe ser 2.5-3.0 veces el peso en seco.

8.3 Coloque la muestra de prueba entre las placas de vidrio o de plástico de 7,6 X 6,4 X 0,6 cm (3,0 X 2,5 X 0,25 pulgadas)

e insértela en el portamuestras del medidor de transpiración. Ajuste el medidor hasta generar una presión de 4,5 Kg (10,0 lb) en la muestra de prueba (vea 12.2).

8.4 Caliente el portamuestras cargado en una estufa a  $38 \pm 1$  °C ( $100 \pm 2$  °F) durante 18 horas. Saque la muestra del portamuestras y complete el procedimiento de secado dejándola secar al aire a temperatura ambiente. No estruje la muestra.

### 9. Método de evaluación para cambio de color

9.1 Con la Escala de grises para cambio de color, clasifique el efecto en el color de las muestras de prueba (vea 12.1).

Clase 5—cambio insignificante o ningún cambio, como se indica en el Paso 5 en la Escala de grises.

Clase 4.5—cambio en el color equivalente al Paso 4-5 en la Escala de grises.

Clase 4—cambio en el color equivalente al Paso 4 en la Escala de grises.

Clase 3.5—cambio en el color equivalente al Paso 3-4 en la Escala de grises.

Clase 3—cambio en el color equivalente al Paso 3 en la Escala de grises.

Clase 2.5—cambio en el color equivalente al Paso 2-3 en la Escala de grises.

Grade 2—cambio en el color equivalente al Paso 2 en la Escala de grises.

Clase 1.5—cambio en el color equivalente al Paso 1-2 en la Escala de grises.

Clase 1—cambio en el color equivalente al Paso 1 en la Escala de grises.

### 10. Método de evaluación para coloración

10.1 Con la Escala de transferencia cromática o la Escala de grises para coloración AATCC, clasifique la coloración de la tela de prueba de múltiples fibras (vea 12.5). Reporte qué escala de clasificación se usa (vea 12.6).

Clase 5—coloración insignificante o ninguna coloración.

Clase 4—coloración equivalente a la Fila 4 en la Escala AATCC o al Paso 4 en la Escala de coloración.

Clase 3—coloración equivalente a la Fila 3 en la Escala AATCC o al Paso 3 en la Escala de coloración.

Clase 2—coloración equivalente a la Fila 2 en la Escala AATCC o al Paso 2 en la Escala de coloración.

Clase 1—coloración equivalente a la Fila 1 en la Escala AATCC o al Paso 1 en la Escala de coloración.

## 11. Precisión y sesgo

11.1 *Precisión.* En 1997 se inició un estudio para establecer la precisión de este método. Mientras no se elabore un informe de precisión para este método, use técnicas estadísticas estándares para comparar los resultados de pruebas para promedios *dentro del laboratorio o entre laboratorios.*

11.2 *Sesgo.* La solidez del color al agua sólo se puede definir en términos de un método de prueba. No existe ningún método independiente para determinar el valor real. Como medio para estimar esta propiedad, el método no tiene ningún sesgo conocido.

## 12. Notas

12.1 Para pedidos, vea los listados bajo Equipos especiales y materiales utilizados en

los Métodos de prueba AATCC en el Manual técnico AATCC.

12.2 Medidor de transpiración AATCC: Coloque las 21 placas de vidrio o de plástico en el portamuestras, sin importar la cantidad de muestras que sean. Después de colocar la última placa de vidrio o de plástico en su posición en la parte superior, fije en su posición las placas duales con resortes de compensación. Coloque el peso de 3,6 Kg (8,0 lb) en la parte superior, completando un total de 4,5 Kg (10,0 lb) bajo la placa de presión. Fije la placa de presión en su posición girando los tornillos de mariposa. Saque el peso. Coloque el portamuestras en la estufa sobre un costado, de modo que las placas y las muestras queden en posición vertical.

Transpirómetro: Las placas se mantienen en posición vertical entre una escala indicadora con una placa de metal fija en un extremo y una placa de metal ajustable en el otro extremo. Al ajustar los tornillos, es posible hacer que la placa móvil ejerza una presión creciente sobre las muestras de prueba. Cuando en la

escala se indica la presión deseada de 4,5 Kg (10,0 lb), asegure la muestra en esta presión con un tornillo de fijación. Ahora se puede retirar el portamuestras de la sección aplicando presión. Se puede agregar otro portamuestras a la sección de presión y se puede repetir el procedimiento de carga.

12.3 El Rodillo escurridor motorizado de laboratorio marca Atlas (vea 12.1) es adecuado.

12.4 O bien sumerja la muestra de prueba en la solución de prueba a temperatura ambiente, pásela a través de los cilindros exprimidores (rodillo escurridor) y vuelva a sumergirla. Si es necesario, repita el procedimiento hasta eliminar el exceso de agua.

12.5 Clasifique la muestra tomando como referencia la fibra que muestra la mayor coloración.

12.6 Para evaluaciones muy críticas y en casos de arbitraje, las clasificaciones se deben basar en la Escala de grises para coloración.

## Solidez del color al desprendimiento del color: Método de frictómetro AATCC

arrollado en 1936 por el Comité TCC RA38; revisado en 1937, 1952, 1957, 1961, 1969, 1972, 1985, 1988, 1996; reconfirmado en 1945; 1989; revisado y reconfirmado para publicación en 1968, 1974, 1977, 1981, 1995; revisado para publicación en 1986. Equivale parcialmente a ISO 105-X12.

### 1. Objetivo y alcance

1.1 Este método de prueba está diseñado para determinar la cantidad de color que se transfiere desde la superficie de materiales textiles coloreados a otras superficies por medio de frotación. Se puede aplicar a textiles elaborados de todas las fibras en la forma de hilado o tejido, ya sean que éstos están teñidos, estampados o coloreados de otra manera (vea 13.1 y 13.13).

1.2 Se entregan procedimientos de prueba que emplean cuadrados de tela de prueba blanca, tanto secos como mojados con agua.

1.3 Puesto que el lavado, lavado en seco, encogimiento, planchado, apresto, etc., pueden afectar el grado de transferencia de color desde un material, la prueba se puede realizar antes, después o antes y después de cualquier tratamiento ese tipo.

### 2. Principios

2.1 Se frota una muestra con una tela de prueba blanca para medir la solidez del color al desprendimiento en condiciones controladas.

2.2 El color transferido a la tela de prueba blanca se evalúa mediante una comparación con la Escala de grises para coloración o con la Escala de transferencia cromática y se le asigna una calidad.

### Terminología

3.1 solidez del color, s.—resistencia del material a cambiar cualesquiera de sus características de color, a transferir su o sus colorantes a materiales adyacentes, o ambos, como resultado de la exposición del material a cualquier entorno que pueda existir durante el procesamiento, prueba, almacenamiento o uso del material.

3.2 desprendimiento del colorante, s.—transferencia de colorante desde la superficie de un hilado o tejido coloreados a otra superficie o a un área adyacente de la misma tela, principalmente por frotación.

### 4. Medidas de seguridad

NOTA: Las siguientes medidas de seguridad sólo se entregan a modo de información. Estas medidas son adicionales a los procedimientos de prueba y no pretenden abarcar todas las medidas de precaución. Es responsabilidad del usuario usar técnicas seguras y adecuadas durante la manipulación de los materiales en este método de prueba. Se DEBE consultar a los fabricantes sobre detalles específicos, solicitándoles las hojas de datos de seguridad de materiales y otras recomendaciones del fabricante. También se deben consultar y seguir todas las normas y reglas OSHA.

4.1 Se deben seguir procedimientos de laboratorio seguros. Use lentes de seguridad en todas las áreas de laboratorio.

### 5. Aparatos y materiales

5.1 Frictómetro AATCC (vea 13.2, 13.3 y la Figura 1).

5.2 Tela de prueba, cortada en cuadrados de 5 cm (2 pulgadas) (vea 13.4).

5.3 Escala de transferencia cromática AATCC (vea 13.5).

5.4 Escala de grises para coloración (vea 13.5).

5.5 Papel secante textil blanco AATCC (vea 13.5).

5.6 Portamuestras para frictómetro (vea 13.3).

### 6. Verificación

6.1 Las verificaciones del funcionamiento de la prueba y de los aparatos se deben efectuar en forma rutinaria y se debe mantener un registro de los resulta-

dos. Las siguientes observaciones y acciones correctivas son muy importantes para evitar que se produzcan resultados de prueba incorrectos en los casos en que exista la posibilidad de imágenes de desprendimiento del color anormales que puedan influir en el proceso de calificación.

6.2 Use un tejido propio con poco desprendimiento de color como muestra de graduación y efectúe tres pruebas de solidez del color en seco.

6.2.1 Una imagen circular difusa con un porcentaje de absorción de tinte desaparejo puede indicar que es necesario rectificar el dedo de desprendimiento (vea 13.6).

6.2.2 Una imagen doble y alargada puede indicar que hay un clip suelto (vea 13.6).

6.2.3 Una imagen de desprendimiento del color estriada y rayada puede ser debido a una instalación diagonal del cuadrado para prueba de solidez del color.

6.2.4 Marcas de desgaste a los lados de la muestra indican que las presillas a los clips metálicos están colocadas hacia abajo y no son lo suficientemente altas como para evitar la frotación de la superficie de la muestra.

6.2.5 Una raya en el centro de la imagen de la tela para prueba de solidez del color y en el sentido de la frotación puede significar que la base de metal está deformada y no es plana. Esto requerirá que se inserte un refuerzo para cuadrar la base del probador.

6.2.6 Si se utiliza un portamuestras, colóquelo sobre la muestra en la base del probador. Mueva el dedo del brazo de desprendimiento lo más adelante posible y observe si golpea el borde interior del portamuestras. Si esto ocurre, mueva el portamuestras levemente hacia adelante al efectuar todas las pruebas. Si no se corrige, este problema generará un área oscura en la imagen de desprendimiento del color.

6.2.7 Confirme las técnicas de absorción en mojado (vea 9.2).

6.2.8 Reemplace la tela de esmeril en la base del probador si está suave al tacto en el área de desprendimiento del color con respecto al área adyacente o si se nota que la muestra se desliza (vea 13.7).

6.2.9 En pruebas de rutina, observe si hay múltiples estrías en la imagen de desprendimiento del color. Coloque la muestra en forma normal con el lado más largo en posición oblicua a la urdimbre y a la trama. Si el sentido del frotamiento queda a lo largo de una línea de tejido cruzado o

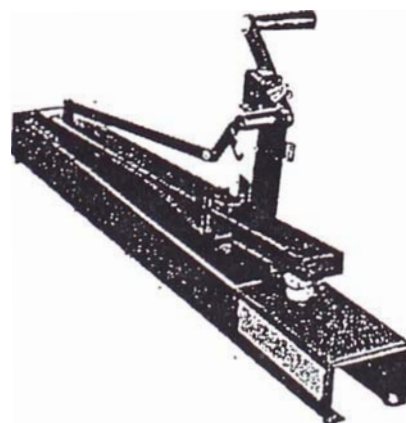


Figura 1—Frictómetro.



un dibujo de la superficie, etc., entonces se pueden producir estrías. Si esto ocurre, ajuste levemente el ángulo para la prueba.

## 7. Muestras

7.1 Se usan dos muestras, una para una prueba en seco y otra para una prueba en mojado.

7.1.1 Se pueden usar muestras adicionales para aumentar la precisión de la media (vea 12.1).

7.2 Todos los materiales textiles, excepto aquellos en el Método 165 AATCC, Solidez del color al desprendimiento del color: Alfombras-Método de Frictómetro AATCC. Se cortan piezas de mínimo 5 x 13 cm (2 x 5 pulgadas) y para realizar la prueba, se colocan preferentemente con el lado más largo en forma oblicua a la urdimbre y a la trama o columnas y pasadas.

7.2.1 Se pueden usar muestras más grandes o a todo lo ancho sin cortar muestras individuales cuando es necesario efectuar múltiples pruebas y cuando se usan para pruebas de producción.

7.3 Hilados. Teja una pieza de tejido de mínimo 5 x 13 cm (2 x 5 pulgadas) o enrolle muy apretado el hilado en una forma adecuada de mínimo 5 x 13 cm (2 x 5 pulgadas), con el hilado en la dirección larga; o bien estirado (vea 13.8).

## 8. Acondicionamiento

8.1 Antes de la prueba, acondicione previamente las muestras de prueba y los cuadrados para prueba de solidez del color para las pruebas de solidez del color como se indica en ASTM D 1776, Acondicionamiento de textiles para prueba. Acondicione cada muestra durante 4 horas como mínimo, en una atmósfera de  $21 \pm 1$  °C ( $70 \pm 2$  °F) y de  $65 \pm 2\%$  de humedad relativa del aire, dejando cada muestra o cuadrado para prueba de solidez del color en forma separada sobre una malla o una repisa perforada de un soporte de acondicionamiento.

## 9. Procedimientos

9.1 Prueba de solidez del color en seco.

9.1.1 Coloque una muestra en la base de frictómetro, dejándola estirada sobre la tela de esmeril con el lado largo en el sentido de la frotación (vea 13.6 y 13.7).

9.1.2 Coloque un portamuestras sobre la muestra, como un medio adicional para evitar el desplazamiento de la muestra.

9.1.3 Coloque un cuadrado de tela de prueba blanca, con el dibujo paralelo a la dirección de frotación, sobre el extremo del dedo que se proyecta hacia abajo desde el brazo frotador cargado. Use el clip metálico espiral especial para mantener en su lugar el cuadrado de prueba. Coloque el clip con las presillas hacia arriba. Si las presillas apuntan hacia abajo,

pueden dañar la muestra.

9.1.4 Baje el dedo cubierto sobre la muestra. Con el dedo colocado en el extremo frontal, haga girar la manivela 10 vueltas completas a la velocidad de una vuelta por segundo para deslizar el dedo cubierto hacia adelante y hacia atrás 20 veces. Fije y haga funcionar el probador motorizado para 10 vueltas completas. Para cualquier número distinto de vueltas, consulte las especificaciones individuales.

9.1.5 Retire el cuadrado de tela blanca de prueba, acondicione (vea 8.1) y evalúe como se indica en la Sección 10. En el caso de materiales peludos, cepillados o lijados, cuando hay fibras sueltas que podrían interferir con la calificación, retire el material fibroso extraño presionando suavemente el círculo de desprendimiento del color con el lado adhesivo de la cinta de celofán antes de efectuar la evaluación.

9.2 Prueba de solidez del color en mojado.

9.2.1 Establezca una técnica (vea 13.10) para preparar cuadrados de tela mojada para la prueba de solidez del color: prepare un cuadrado acondicionado y luego empape completamente el cuadrado de prueba blanco en agua destilada. Prepare sólo un cuadrado a la vez.

9.2.2 Haga llegar el porcentaje de absorción a  $65 \pm 5\%$  haciendo pasar el cuadrado de prueba mojado entre papel secante (vea 5.5) a través de un exprimidor manual o un medio similar adecuado.

9.2.3 Evite que el contenido de humedad se evapore llegando a un nivel debajo del especificado antes de que se efectúe la prueba real de solidez del

color.

9.2.4 Continúe como se indica en 9.1.

9.2.5 Seque al aire el cuadrado de prueba blanco, luego acondiciónelo (vea 8.1) antes de efectuar la evaluación. En el caso de materiales peludos, cepillados o lijados, cuando hay fibras sueltas que podrían interferir con la calificación, retire el material fibroso extraño presionando suavemente el círculo de desprendimiento del color con el lado adhesivo de la cinta de celofán antes de efectuar la evaluación.

## 10. Evaluación

10.1 Evalúe la cantidad de color transferido desde la muestra al cuadrado de prueba blanco que se está examinando mediante la Escala de grises de coloración o la Escala de transferencia cromática (vea 13.11).

10.2 Ponga tres capas de tela de prueba blanca atrás del cuadrado de prueba durante la evaluación.

10.3 Clasifique la solidez del color en seco y en húmedo como sigue:

Clase 5—transferencia de color insignificante o ninguna transferencia de color.

Clase 4.5—transferencia de color equivalente a los Pasos 4-5 en la Escala de grises para coloración.

Clase 4—transferencia de color equivalente a la Fila 4 en la Escala de transferencia cromática o al Paso 4 en la Escala de grises para coloración.

Clase 3.5—transferencia de color equivalente al Paso 3-4 en la Escala de grises para color.

Clase 3—transferencia de color equivalente a la Fila 3 en la Escala de transfer

Tabla I—Componentes de variación

| Escala de prueba         | En seco   |        | En mojado |        |
|--------------------------|-----------|--------|-----------|--------|
|                          | Cromática | Grises | Cromática | Grises |
| Operador/Evaluador único | 0.20      | 0.20   | 0.24      | 0.25   |
| Dentro del laboratorio   | 0.20      | 0.19   | 0.31      | 0.34   |
| Entre laboratorios       | 0.10      | 0.17   | 0.38      | 0.54   |

Tabla II—Diferencias críticas

Para los componentes de variación en la Tabla I, dos promedios de valores observado deben ser considerados como significativamente diferentes en el nivel de probabilidad del 95% si la diferencia es igual o superior a la siguiente diferencia crítica.

| Escala de prueba         | No. de observaciones | En seco   |        | En mojado |        |
|--------------------------|----------------------|-----------|--------|-----------|--------|
|                          |                      | Cromática | Grises | Cromática | Grises |
| Operador/Evaluador único | 1                    | 0.55      | 0.54   | 0.68      | 0.70   |
|                          | 3                    | 0.32      | 0.31   | 0.39      | 0.40   |
|                          | 5                    | 0.24      | 0.24   | 0.30      | 0.31   |
| Dentro del laboratorio   | 1                    | 0.77      | 0.75   | 1.08      | 1.17   |
|                          | 3                    | 0.60      | 0.61   | 0.93      | 1.02   |
|                          | 5                    | 0.60      | 0.57   | 0.90      | 1.00   |
| Entre laboratorios       | 1                    | 0.82      | 0.89   | 1.53      | 1.90   |
|                          | 3                    | 0.69      | 0.77   | 1.43      | 1.81   |
|                          | 5                    | 0.66      | 0.74   | 1.41      | 1.79   |

Las diferencias críticas se calcularon usando  $t = 1.96$ , lo que se basa en grados infinito de libertad.

encia cromática o al Paso 3 en la Escala de grises para coloración.

Clase 2.5—transferencia de color equivalente al Paso 2-3 en la Escala de grises para coloración.

Clase 2—transferencia de color equivalente a la Fila 2 en la Escala de transferencia cromática o al Paso 2 en la Escala de grises para coloración.

Clase 1.5—transferencia de color equivalente al Paso 1-2 en la Escala de grises para coloración.

Clase 1—transferencia de color equivalente a la Fila 1 en la Escala de transferencia cromática o al Paso 1 en la Escala de grises para coloración.

10.4 Promedie los resultados individuales a la calificación 0.1 más cercana cuando se prueban múltiples muestras o cuando un grupo de evaluadores clasifica la transferencia de color.

## 11. Reporte

11.1 Establezca si es una prueba de solidez del color en seco o en mojado.

11.2 Reporte la clase determinada en 10.3.

11.3 Reporte la clase determinada en 10.4 a la clase 0.1 más cercana.

11.4 Indique si para evaluar la discoloración se utilizó la Escala de grises para coloración o la Escala de transferencia cromática (vea 13.4, 13.9).

11.5 En caso de haber sometido algunas de las muestras a pretratamiento o postratamiento (vea 1.3), indique el método del tratamiento.

## 12. Precisión y Sesgo

12.1 *Precisión.* En 1986 se realizó una prueba interlaboratorial para determinar la precisión del método de prueba. La prueba fue realizada bajo las condiciones atmosféricas normales de cada laboratorio y no necesariamente bajo las condiciones de la norma ASTM. Dos operadores en cada uno de los 12 laboratorios evaluaron 5 tejidos en 3 repeticiones mediante los métodos de prueba en seco y en mojado. Cada uno de los 3 evaluadores clasificó independientemente los cuadrados para prueba de solidez del color coloreados usando la Escala de grises para coloración y la Escala de transferencia cromática. Los datos originales están en archivo en el Centro Técnico AATCCr.

12.1.1 Los componentes de la variación como desviaciones estándar de las unidades de clasificación de la Escala de grises para coloración o la Escala de transferencia cromática se entregan en la Tabla I.

12.1.2 Las diferencias críticas se proporcionan en la Tabla II.

12.1.3 En la Tabla III se proporciona un ejemplo para determinar entre diferencias de laboratorio usando un observador

y la escala cromática.

Tabla III—Resultados de las pruebas de solidez del color

|            | En seco | En mojado |
|------------|---------|-----------|
| Lab A      | 4.5     | 3.5       |
| Lab B      | 4.0     | 1.5       |
| Diferencia | 0.5     | 2.0       |

Interpretación: Para la prueba de solidez del color en seco, ya que la diferencia entre los laboratorios es menos que las diferencias críticas en 12.1.2 (0.82), la diferencia en los resultados es no significativa. Para la prueba de solidez del color en mojado, ya que la diferencia entre los laboratorios es mayor que la diferencia crítica (1.53), la diferencia en los resultados es significativa.

12.2 *Sesgo.* El valor real de la solidez del color al desprendimiento del color sólo se puede definir en términos de un método de prueba. Dentro de esta limitación, este método de prueba no tiene ningún sesgo conocido.

## 13. Notas

13.1 Para alfombras, se debe usar el Método 165 AATCC, Solidez del color: al desprendimiento del color: Alfombras-Método de frictómetro AATCC, bajo la jurisdicción del Comité RA57, y los Métodos de prueba de revestimientos del piso.

13.2 El Frictómetro AATCC proporciona un movimiento de fricción recíproco que simula la acción de un dedo y un antebrazo humanos.

13.3 El Frictómetro AATCC está diseñado de tal forma que el dedo de un diámetro de 1.6 cm (0.625 pulgadas) se mueve hacia adelante y hacia atrás con cada vuelta completa de la manivela, en línea recta a lo largo de una guía de deslizamiento de  $10.4 \pm 0.3$  cm ( $4.1 \pm 0.1$  pulgadas) sobre la muestra, con una fuerza descendente de  $9 \text{ N} \pm 10\%$  ( $2 \text{ lb} \pm 10\%$ ). Hay dos modelos de Frictómetro, uno manual y uno motorizado, en Atlas Electric Devices Co., 4114 N. Ravenswood Ave., Chicago IL 60613; tel: 773/327-4520; fax: 773/327-5787.

13.4 La Tela de prueba para frictómetro está disponible en Testfabrics Inc., P.O. Box 26, 415 Delaware St., W. Pittston PA 18643; tel: 717/603-0432; fax: 717/603-0433; Atlas Electric Devices Co., 4114 N. Ravenswood Ave., Chicago IL 60613; tel: 773/327-4520; fax: 773/327-5787; y Textile Innovators Corp., P.O. Box 8, Windsor NC 27983; tel: 252/794-9703; fax: 252/794-9704.

13.4.1 La Tela de prueba para frictómetro debe cumplir con las siguientes especificaciones:

|                     |   |
|---------------------|---|
| Fibral              | 00% fibra de algodón peinado de 10.3-16.8 mm, descolado, blanqueado, sin rastros aparentes de material abrillantador o de apresto |
| Hilado              | 15 tex (40/1 número de hilos de algodón), 5.9 vueltas/cm "z"  |
| Número de hilos     | $32 \pm 3$ extremos de urdimbre / $33 \pm 3$ hilos de trama/cm  |
| Dibujo              | 1/1 liso  |
| pH                  | $7 \pm 0.5$   |
| Masa/metro cuadrado | $113 \pm 5$ g en crudo: $100 \pm 3$ g acabado   |
| Blancura            | $W = 80 \pm 2$ (Método 110)   |

13.5 La Escala de transferencia cromática, las Escalas de grises para coloración y el Papel secante blanco para textil AATCC están disponibles en AATCC, P.O. Box 12215, Research Triangle Park NC 27709; tel: 919/549-8141; fax: 919/549-8933; e-mail: orders@aatcc.org.

13.6 Los daños accidentales al dedo de fricción, al clip espiral o a la tela de esmeril se deben reparar de la siguiente forma: renueve cuidadosamente la tela de esmeril; doble el clip ya se abriendo o cerrándolo alrededor de una varilla levemente más pequeña en diámetro que el dedo de desprendimiento; rehaga el dedo moviéndolo sobre un pedazo adicional de tela de esmeril fina en una forma que simule su uso normal.

13.7 El material abrasivo que se suministra con el Frictómetro es "Carburo de silicio a prueba de agua TriMite en seco o en mojado, W-320-A Soft Back", fabricado por 3M Co. Las piezas de repuesto están disponibles en Atlas Electric Devices Co., 4114 N. Ravenswood Ave., Chicago IL 60613; tel: 773/327-4520; fax: 773/327-5787.

13.8 Para pruebas de solidez del color más convenientes de múltiples hebras de hilado o hilo, resulta útil un dispositivo espigador. Este dispositivo fue desarrollado para evitar la tendencia del dedo estándar a hundirse en el tejido y empujar las fibras hacia un lado o a deslizarse en ellos y posiblemente dar resultados incorrectos. Este dispositivo tiene 2.5 cm (1.0 pulgadas) de diámetro por 5.1 cm (2.0 pulgadas) de longitud. Colocado al lado del dedo estándar y mantenido en su lugar por él, proporciona un área de prueba más amplia y sostiene el cuadrado de prueba blanco con dos clips de apriete por resorte. Para obtener información adicional sobre este avance, vea el artículo de C. R. Trommer, "Modification of the AATCC Crockmeter for Yam Testing" (Modificación del frictómetro AATCC para prueba de hilados), *American Dyestuff Reporter*, Vol. 45, No. 12, p357, 4 de junio de 1956; también vea el artículo de S. Korpanty y C. R. Trommer, "An Improved Crockmeter for Yam Testing" (Un frictómetro más moderno para prueba de hilados), *American Dyestuff Reporter*, Vol. 48, No. 6, p40, 23 de marzo de 1959. Un juego de dedos de prueba de hilados para su instalación en el Frictómetro está disponible en Atlas Electric Devices Co., 4114 N. Ravenswood Ave., Chicago IL 60613; tel: 773/327-4520; fax: 773/327-5787.

13.9 Se ha señalado que el uso de la Escala de grises para coloración o la Escala de transferencia cromática para la evaluación puede arrojar diferentes clases. Por lo tanto, es importante reportar qué escala se utilizó.

13.10 Los operadores con experiencia no tienen que repetir este procedimiento de evaluación durante una sesión de prueba una vez establecida la técnica.

13.11 Para evaluaciones muy críticas y en casos de arbitraje, las clases se deben basar en la Escala de grises para coloración.

13.12 Para un análisis de las pruebas de solidez del color, vea el artículo de J. Patton, "Crock Test Problems can be Prevented" (Los problemas de las pruebas de solidez del color se pueden prevenir), *Textile Chemist and Colorist*, Vol. 21, No. 3, p13, marzo de 1989.

13.13 Para estampados en que es necesario escoger áreas demasiado pequeñas para ser probadas con el Frictómetro AATCC estándar, vea el Método 116 AATCC, Método de frictómetro vertical giratorio. Las muestras probadas por ambos métodos pueden arrojar resultados disímiles. No existe ninguna correlación conocida entre los dos métodos.

## ANEXO II.1

### A. INDUSTRIA TEXTIL - MEDIO AMBIENTE

La tecnología del teñido está estrechamente vinculada al problema ambiental (agua residual, metal pesado, material azoico, etc.). Los colorantes nuevos que sean ser importados por los Estados Unidos, Europa Occidental, Japón, Canadá o Australia o que sean fabricados en dichos países deben cumplir con los reglamentos referentes a su posible toxicidad, incluyendo su toxicidad a las especies marinas. Un colorante que no cumple con estos requerimientos no puede importarse ni venderse libremente.<sup>1</sup>

Los desechos generados en la industria textil varían en calidad y cantidad a medida que la investigación tecnológica genera y lanza al mercado nuevos reactivos, procesos, maquinarias y técnicas, así como la demanda constante del consumidor por nuevos tipos de tejidos y combinaciones de color. Las fuentes contaminantes son las impurezas naturales extraídas de la fibra y los productos adicionados durante el proceso. Estos se caracterizan por ser altamente coloreados, de temperaturas elevadas, pH básico o alcalino y de DBO (originado por los colorantes, auxiliares y productos de acabado). Contienen además residuos peligrosos, corrosivos y tóxicos. Los procesos con mayor volumen de efluentes son el lavado, teñido y blanqueo, en contraposición, los procesos de engomado y desengomado aportan aproximadamente el 50% de DBO total del proceso.<sup>2</sup>

El tratamiento de residuos de una tintorería y la minimización de los mismos constituyen una creciente preocupación a la luz de las regulaciones de cada país.

Acorde con los requerimientos internacionales de preservación del medio ambiente, la industria textil nacional deberá adecuarse a la normatividad conservacionista del ecosistema, la cual contempla, entre otros aspectos, un estricto manejo de los efluentes contaminantes que, en muchos casos, todavía son vertidos al sistema del alcantarillado con el consiguiente daño a la naturaleza.

El sector textil, no se encuentra obligado a presentar los Programas de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMAs) y los Estudios de Impacto Ambiental (EIAs) serán presentados obligatoriamente por las empresas nuevas que desean iniciar sus actividades en el sector textil y de confecciones. El sustento de estas exigencias, tiene como norma base al Reglamento Ambiental para la Industria Manufacturera, D.S.019-97-MITINCI, organismo que tiene a su cargo la aprobación de los mencionados PAMAs y EIAs, así como de la Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA), entre otros. La gestión ambiental del Ministerio de Industria y del Ministerio de la Producción, con el apoyo de la Comisión Ambiental de la Sociedad Nacional de Industrias está orientada a la prevención, ahorro de materias primas y minimización de residuos, para lo cual ha publicado las guías de elaboración de los EIAs, PAMAs, DIAs y los Protocolos de Monitoreo.

Todos los estudios ambientales de nuestro sector, son realizados por empresas consultoras especializadas en este tipo de estudios y que se encuentran debidamente registradas.<sup>3,4</sup>

## **B. SEGURIDAD DE LOS TEXTILES <sup>5</sup>**

En la actualidad, todos planteamos grandes exigencias a los textiles que llevamos cerca de nuestra piel, se demanda una gran variedad de colores, compramos ropa interior que transpira el sudor hacia el exterior y que mantiene la piel cálida y seca. Cuanto más estrecho sea el contacto con la piel, más estrecho es el marco para la aplicación de determinadas sustancias, especialmente en los artículos textiles para todo el espectro de bebé y niños pequeños.

Los consumidores valoran las propiedades mejoradas del producto a través de procesos de ennoblecimiento y la variedad de colores de los textiles; sin embargo, la salud no debe verse perjudicada por ello.

Para los consumidores resulta muy difícil obtener informaciones que son muy importantes sobre los materiales, los productos químicos y los procesos de elaboración en la producción textil mundial y comprenderla suficientemente. La comunidad internacional reclama investigación y verificación en el campo de la ecología textil, productos inocuos para la salud y optimizados desde el punto de vista de la ecología humana. Como ejemplo de las sustancias nocivas para la salud se encuentran los colorantes dispersos y formaldehídos que son alérgicos y con sospecha cancerígena, los metales pesados cadmio, mercurio, plomo o níquel que se extraen con el sudor durante el uso de la prenda.

El símbolo "confianza textil, textiles verificados respecto a sustancias nocivas" es actualmente la etiqueta ecológica textil más difundida, las completas pruebas realizadas avalan su seguridad.

La producción textil mundial ha desarrollado actualmente una estructura altamente compleja. Dentro de la cadena textil se ha constituido una forma de colaboración que se caracteriza porque en el camino desde la materia prima hasta el producto textil acabado, es frecuente que cada paso de producción individual se lleve a cabo en un mundo diferente. A ello hay que añadir que en cada estado existen normas medioambientales extraordinariamente diferentes para la producción y una sensibilización diferentemente marcada respecto a la estimación de las sustancias nocivas en los textiles. Esta situación heterogénea, caracterizada por la división del trabajo y una estrecha implicación en la cadena textil, necesita una norma de seguridad unificada a nivel mundial para los productos textiles.

Ahora todas las empresas prestan atención a la selección de sus materiales, al origen y a la composición y cada vez más, certifican sus productos haciéndose distinguir de forma visible en el comercio, poniéndose de manifiesto la importancia que han alcanzado las pruebas de sustancias nocivas.

### C. COLORANTES REACTIVOS : PATOLOGÍA ALÉRGICA LIGADOS A SU MANIPULACIÓN <sup>6,7</sup>

|             |   |
|-------------|---|
| Oficio      | Industria de colorantes, industria textil, curtiembre, tintorería.  |
| Sustancias  | Acrylamina, Heterociclo azo halógenos, Pyrazolone, Vinilsulfon  |
| Incidencia  | Incidencia de 5 a 15% del personal expuesto.<br>El asma aparece en un lapso de 2 a 6 años.<br>La sensibilización se produce durante la manipulación de la mezcla de los colorantes en polvo.        |
| Condiciones | Los grupos reactivos mas implicados en las reacciones alérgicas son: el bromo acrylamida, diclorotriazina, monoclorotriazina, monoclorodifluoropyrimidina, vinilsulfon, fluorotriazina, pyrazolone. |
| Síntomas    | Tos espasmódica, frecuentemente asociado con irritación.<br>El asma es precedida de una rinitis.  |

En el mundo, millares de empleados del sector del ennoblecimiento de la industria textil (tintura o estampado) están expuestos a materias colorantes. Entre estos, los colorantes reactivos, que tiene un importante desarrollo se caracterizan por la presencia de una o varias funciones reactivas en la molécula. Los grupos reactivos fijados a los cromóforos pueden reaccionar con las proteínas del organismo que poseen numerosos sitios nucleofílicos.

En el marco de la evaluación de riesgos de sustancias nuevas, la INRS\* de Francia ha desarrollado estudios con los colorantes reactivos. Frente a un número importante de colorantes textiles reactivos señalados por su potencial sensibilidad cutánea, es asombroso las pocas publicaciones concernientes a eventuales patologías alérgicas ligadas a la exposición profesional de estos productos, sí como un reducido número de casos de alergia profesional ligados a estos colorantes.

La alergia respiratoria de los colorantes reactivos fue reportado por primera vez en 1978, cuatro empleados de pesado y mezcla de estos colorantes en polvo al cabo de dos años presentaron asma y/o rinitis de origen laboral.

- 
1. Catálogo Kisko, Tefidos y Colorantes Synozol, Ver. 1.0, pág 16
  2. Revista Mundo Textil, Vol. 49, Lima, pág. 29, (1998)
  3. Revista Mundo Textil, Vol 59, Lima, pág 9, (2001)
  4. Revista Mundo Textil, Vol 71, pág 35-37, (2003)
  5. [www.oeko-tex.com](http://www.oeko-tex.com) (Sociedad Internacional para la investigación y verificación en el campo de la ecología textil)
  6. [www.remcomp.com/asmanet/asmapro](http://www.remcomp.com/asmanet/asmapro)
  7. [www.inrs.fr/htm/colorants réactifs](http://www.inrs.fr/htm/colorants_reactifs)
- \* Institut National de Recherche et de Sécurité

# ÖKO-TEX STANDARD 100

## PROPÓSITO

Öko-Tex standard 100 es un documento normativo, publicado por la Asociación Internacional para la Investigación y Pruebas en el campo de la Ecología Textil a los cuales pertenecen los institutos listados en las siguientes páginas.

Este estándar especifica las condiciones especiales y generales para otorgar a los textiles la autorización del Öko-Tex standard 100.

## APLICABILIDAD

Este estándar se aplica a textiles, productos en cuero y artículos de todos los niveles de producción, incluyendo accesorios textiles y no textiles.

Este estándar no es aplicable a productos químicos, auxiliares ni a colorantes.

## TÉRMINOS Y DEFINICIONES

### **3.1 Sustancias peligrosas**

Sustancias peligrosas dentro del contexto de este estándar refieren a sustancias que pudieran estar presentes en productos textiles o accesorios y exceden una cantidad máxima, o aquellos que evolucionan durante el uso normal y exceden una cantidad máxima; y los que pudieran tener algún tipo de efecto en las personas que utilizan las prendas y que, según conocimiento científico actualizado, pudieran ser nocivos a la salud humana.

### **3.2 Öko-Tex Standard 100**

La marca Öko-Tex Standard 100 "Garantía en Textiles evaluados contra sustancias peligrosas de acuerdo al Öko-Tex standard 100" define lo que puede ser aplicado a productos textiles o a algún accesorio, si las condiciones generales y especiales para otorgar autorización se cumplen y si la autorización para usar esta marca en un producto ha sido expedida

por un instituto (listado en página aparte) o una agencia de certificación autorizada (listado en página a parte) que pertenezca a la Asociación Internacional para la Investigación y Evaluación en el campo de la Ecología Textil (Öko-Tex).

La marca "Garantía en Textiles evaluados contra sustancias peligrosas de acuerdo al Öko-Tex standard 100" establece que el producto señalado reúne las condiciones especificadas por este standard y que el producto y su evaluación de conformidad, según lo especifica el estándar, están bajo la supervisión de un instituto que pertenece a la Asociación Internacional para la Investigación y Evaluación en el campo de la Ecología Textil (Öko-Tex).

La marca Öko-Tex Standard 100 "Garantía en Textiles evaluados contra sustancias peligrosas de acuerdo al Öko-Tex standard 100" no es una etiqueta de calidad. La marca se refiere solamente al estado original del producto textil y no se refiere a otras propiedades del producto, tales como idoneidad para su uso, reacción a procesos de lavado, comportamiento fisiológico de prendas, propiedades físicas y comportamiento al fuego.

La marca no declara nada acerca de sustancias dañinas que afecten especímenes sueltos del textil marcado, como resultado de daño durante su transporte o almacenamiento (y procedimientos de lavado inapropiados), contaminación originada por manipulación para promoción de ventas (e.g. perfumes) o inadecuada exposición para ventas (e.g. exposición al aire libre)

**Colorantes Clariant de acuerdo a Öko-Tex 100**

| Colorantes Reactivos   | Contenido de Metal Pesado | Clase I<br>Bebé | Clase II<br>En contacto<br>con la piel | Clase III sin<br>contacto<br>directo con la<br>piel | Clase IV<br>Decoración |
|--|---------------------------|-----------------|--|---|------------------------|
| <p>+ = apropiado      (+) = menos apropiado dependiendo de la intensidad de la tintura.</p> <p>Procesos Agotamiento y Continuo, parcialmente para estampación.</p> |                           |                 |  |   |                        |
| <b>Drimaren K</b>  |                           |                 |  |   |                        |
| Amarillo K-3GL   | 0                         | +               | +                                      | +   | +                      |
| Amarillo K-4G  | 0                         | +               | +                                      | +   | +                      |
| Amarillo K-R   | 0                         | +               | +                                      | +   | +                      |
| Amarillo K-2R  | 0                         | +               | +                                      | +   | +                      |
| Amarillo K-3R  | 0                         | +               | +                                      | +   | +                      |
| Anaranjado K-3R  | 0                         | +               | +                                      | +   | +                      |
| Anaranjado K-GL  | 0                         | +               | +                                      | +   | +                      |
| Escarlata K-2G   | 0                         | +               | +                                      | +   | +                      |
| Rojo K-4BL   | 0                         | +               | +                                      | +   | +                      |
| Rojo K-8B  | 0                         | +               | +                                      | +   | +                      |
| Rojo K-7B  | 0                         | +               | +                                      | +   | +                      |
| Rubín K-5BL  | si (Cu)                   | (+)             | +                                      | +   | +                      |
| Violeta K-2RL  | si (Cu)                   | (+)             | +                                      | +   | +                      |
| Azul K-BL  | 0                         | +               | +                                      | +   | +                      |
| Azul K-2BL   | 0                         | +               | +                                      | +   | +                      |
| Azul K-2RL   | si (Cu)                   | (+)             | +                                      | +   | +                      |
| Azul Marino K-BNN  | 0                         | +               | +                                      | +   | +                      |
| Azul Marino K-GRL  | si (Cu)                   | (+)             | +                                      | +   | +                      |
| Turquesa K-2B  | si (Cu)                   | (+)             | +                                      | +   | +                      |
| Verde K-5BL  | si (Ni)                   | (+)             | +                                      | +   | +                      |
| Verde K-4GN  | si (Ni)                   | (+)             | +                                      | +   | +                      |
| Negro S-BR 150   | 0                         | +               | +                                      | +   | +                      |
| <b>Drimaren HF</b>   |                           |                 |  |   |                        |
| Procesos Agotamiento y Continuo  |                           |                 |  |   |                        |
| Amarillo HF-R  | 0                         | +               | +                                      | +   | +                      |
| Amarillo HF-3GL  | 0                         | +               | +                                      | +   | +                      |
| Anaranjado HF-2GL  | 0                         | +               | +                                      | +   | +                      |
| Escarlata HF-3G  | 0                         | +               | +                                      | +   | +                      |
| Rojo HF-2B   | 0                         | +               | +                                      | +   | +                      |
| Rojo HF-G  | 0                         | +               | +                                      | +   | +                      |
| Azul HF-RL   | si (Cu)                   | (+)             | +                                      | +   | +                      |
| Azul Marino HF-B   | 0                         | +               | +                                      | +   | +                      |
| Azul Marino HF-G   | 0                         | +               | +                                      | +   | +                      |
| Pardo HF-2RL   | 0                         | +               | +                                      | +   | +                      |



| Colorantes Reactivos  | Contenido de Metal Pesado | Class I<br>Bebé | Clase II<br>En contacto<br>con la piel | Clase III sin<br>contacto<br>directo con la<br>piel | Clase IV<br>Decoración |
|---|---------------------------|-----------------|--|---|------------------------|
| <p>+ = apropiado    (+) = menos apropiado dependiendo de la intensidad de la tintura.</p> |                           |                 |  |   |                        |
| <b>Drimaren CL</b>  |                           |                 |  |   |                        |
| Procesos Agotamiento y Continuo, parcialmente para estampación.                           |                           |                 |  |   |                        |
| Amarillo CL-3GL   | 0                         | +               | +                                      | +   | +                      |
| Amarillo CL-2R  | 0                         | +               | +                                      | +   | +                      |
| Anaranjado CL-3R  | 0                         | +               | +                                      | +   | +                      |
| Rojo CL-5B  | 0                         | +               | +                                      | +   | +                      |
| Rubínol CL-3BL  | si (Cu)                   | (+)             | +                                      | +   | +                      |
| Azul CL-BR  | 0                         | +               | +                                      | +   | +                      |
| Azul CL-2RL   | si (Cu)                   | (+)             | +                                      | +   | +                      |
| Azul Marino CL-R  | 0                         | +               | +                                      | +   | +                      |
| Azul Marino CL-G  | 0                         | +               | +                                      | +   | +                      |
| Azul Marino CL-B 120 <sup>1</sup>   | 0                         | +               | +                                      | +   | +                      |
| Pardo CL-2RL  | 0                         | +               | +                                      | +   | +                      |
| Negro CL-GN   | 0                         | +               | +                                      | +   | +                      |
| Turquesa CL-B   | si (Cu)                   | (+)             | +                                      | +   | +                      |
| .. <sup>1</sup> libras para venta solo en Japón y en países que no requieren registros    |                           |                 |  |   |                        |
| <b>Drimaren X/XN</b>  |                           |                 |  |   |                        |
| Agotamiento   |                           |                 |  |   |                        |
| Amarillo X-8GN  | 0                         | +               | +                                      | +   | +                      |
| Amarillo X-RN   | 0                         | +               | +                                      | +   | +                      |
| Amarillo X-4RN  | 0                         | +               | +                                      | +   | +                      |
| Anaranjado X-2RN  | 0                         | +               | +                                      | +   | +                      |
| Anaranjado X-3LG  | 0                         | +               | +                                      | +   | +                      |
| Rojo X-2B   | 0                         | +               | +                                      | +   | +                      |
| Rojo X-6BN  | 0                         | +               | +                                      | +   | +                      |
| Rubínol X-3LR   | si (Cu)                   | (+)             | +                                      | +   | +                      |
| Violeta X-2RL   | si (Cu)                   | (+)             | +                                      | +   | +                      |
| Azul X-BLN  | 0                         | +               | +                                      | +   | +                      |
| Azul X-SGN  | si (Cu)                   | (+)             | +                                      | +   | +                      |
| Azul X-3LR  | si (Cu)                   | (+)             | +                                      | +   | +                      |
| Azul Marino X-GN  | 0                         | +               | +                                      | +   | +                      |
| Azul Marino X-RBL   | si (Cu)                   | (+)             | +                                      | +   | +                      |
| Turquesa X-B  | si (Cu)                   | (+)             | +                                      | +   | +                      |
| Verde X-3GL   | si (Ni)                   | (+)             | +                                      | +   | +                      |

| Colorantes Reactivos        | Contenido de Metal Pesado | Clase I<br>Bebé  | Clase II<br>En contacto<br>con la piel | Clase III Sin<br>contacto<br>directo con la<br>piel | Clase IV<br>Decoración |
|-----------------------------|---------------------------|--|--|---|------------------------|
|                             | + = apropiado             | (-) = menos apropiado, dependiendo de la intensidad de la tintura. |  |   |                        |
| <b>Drimaren P</b>           | Estampación               |  |  |   |                        |
| Amarillo P-5GL              | 0                         | +  | +                                      | +   | +                      |
| Amarillo P-3RL              | 0                         | +  | +                                      | +   | +                      |
| Anaranjado P-R              | 0                         | +  | +                                      | +   | +                      |
| Escarlata P-RA              | 0                         | +  | +                                      | +   | +                      |
| Rojo P-BN                   | 0                         | -  | +                                      | +   | +                      |
| Rojo P-2B                   | 0                         | -  | +                                      | -   | +                      |
| Violeta P-3RL               | si (Cu)                   | (-)  | +                                      | +   | +                      |
| Azul P-3RLN                 | 0                         | -  | +                                      | +   | +                      |
| Azul Marino P-2RLN          | si (Cu)                   | (+)  | -                                      | -   | +                      |
| Negro P-G                   | si (Cu)                   | (-)  | -                                      | +   | +                      |
| Negro P-BLN                 | si (Cr/Co)                | (-)  | -                                      | -   | +                      |
| Turquesa P-CN               | si (Cu)                   | (-)  | +                                      | -   | +                      |
| <b>Colorantes Reactivos</b> |                           |  |  |   |                        |
| <b>Drimalan</b>             |                           |  |  |   |                        |
| Drimalan Amarillo Oro F-3RL | 0                         | -  | +                                      | +   | +                      |
| Drimalan Rojo Brillante F-B | 0                         | -  | +                                      | +   | -                      |
| Drimalan Azul F-GRL         | si (Cu)                   | (+)  | +                                      | +   | +                      |
| Drimalan Azul F-B           | 0                         | -  | +                                      | +   | +                      |

**NOTA:**

Con respecto a los valores límites en metal pesado, los colorantes con metales complejos no son generalmente excluidos del teñido de telas que deben certificar el Eko-Tex standard 100.

Esto requiere teñido y tratamiento posterior de acuerdo a las recomendaciones de Clariant.

Para tonos profundos, se recomienda el análisis de la tela para confirmar si hay metales pesados y verificar especialmente los valores límites de la clase I (productos baby) o incluso para utilizar colorantes libres de metales.

## ANEXO II.2

### MAQUINAS DE TEÑIR PARA LABORATORIO (DE TUBOS ROTATORIOS)

| SUPLIDOR            | MODELO          | MEDIO CALENTAMIENTO            | PAIS  |
|---------------------|-----------------|--------------------------------|-------|
| Ahiba               | POLYMAT         | Agua o solvente                | Suiza |
| Goodbrand-jeffrey's | Rotadyer MK III | Agua o solvente                | UK    |
| Roahes              | Rotadyer S Type | Agua o solvente o medio fluido | UK    |
| Roaches             | Pyrotec         | IR                             | UK    |
| Werner Mathis       | Labomat         | IR                             | Suiza |
| Zeitex              | Polycolor       | Agua o solvente                | Suiza |

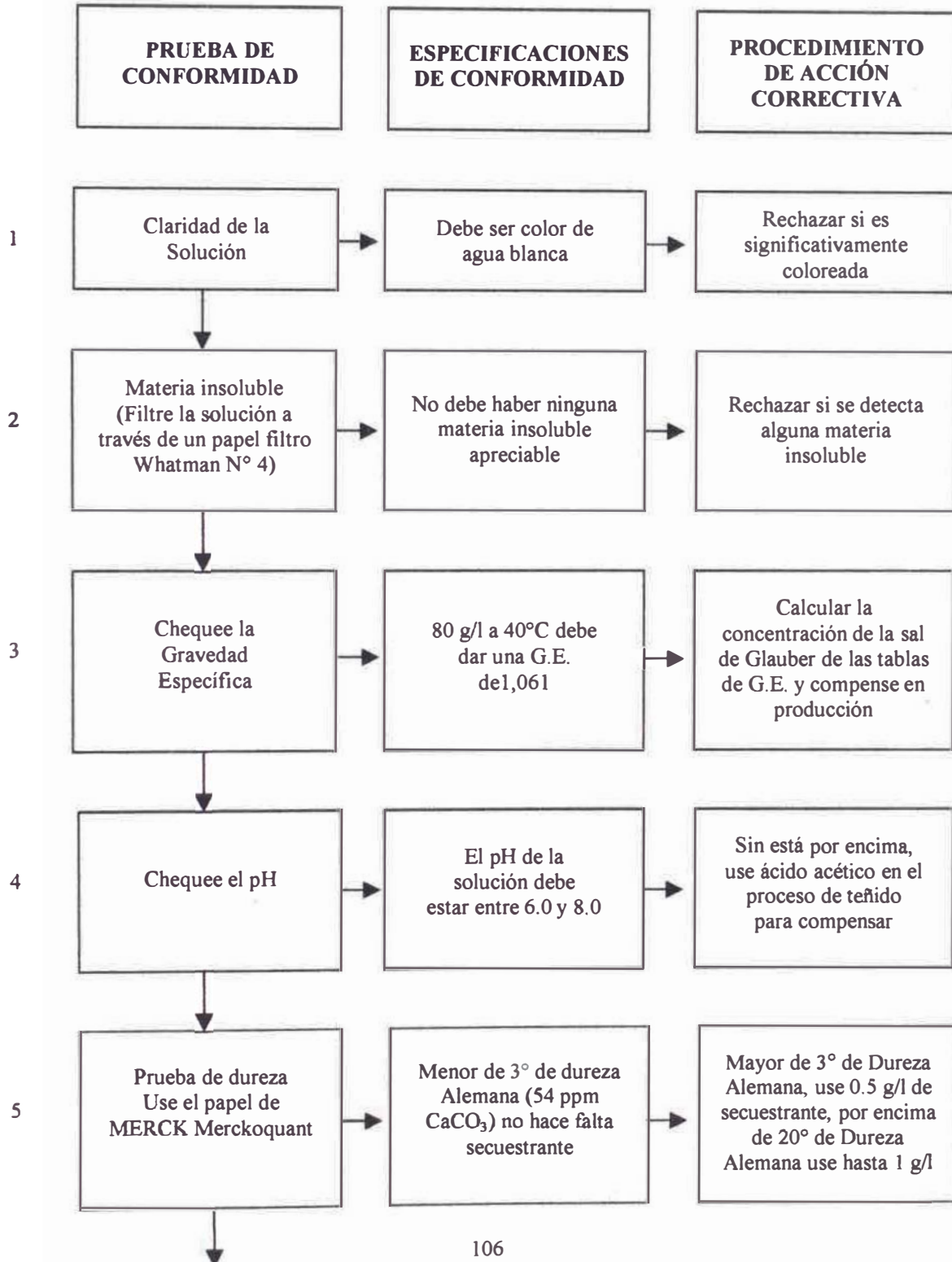


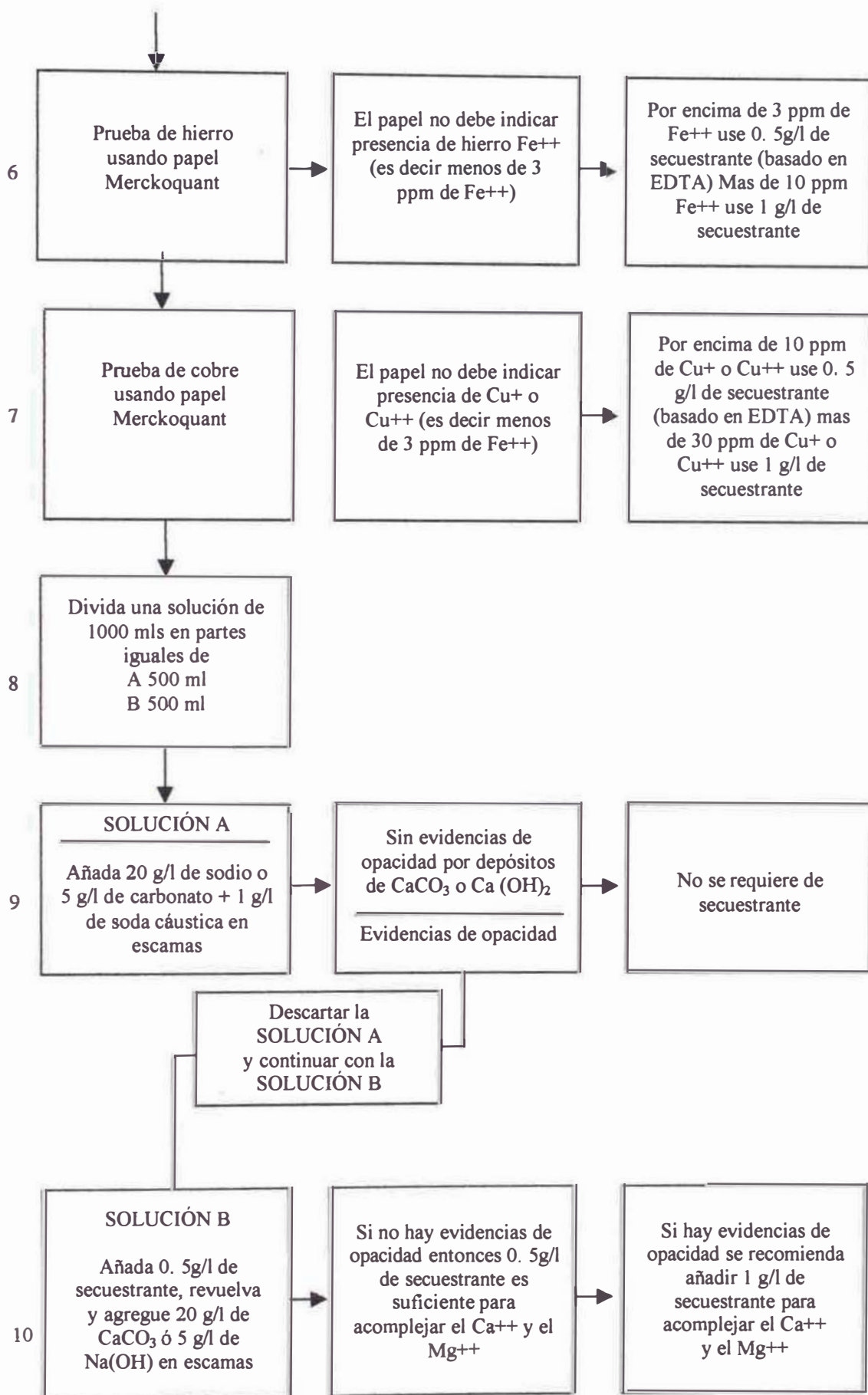
*Máquina de teñir Ahiba, con sistema de calentamiento infrarrojo*

## ANEXO II.3

### CONTROL DE CALIDAD DE LA SAL DE GLAUBER

La Prueba de conformidad se lleva a cabo con: 1000 ml de solución que contiene 80g. de sal de Glauber a 40°C (se debe usar agua de ionizada).





## VI. GLOSARIO

**Absorción:** Proporción del líquido absorbido por los géneros, o fibras, expresada en porcentaje del peso de éstas.

**Acabado:** Esta palabra se usa como sustantivo refiriéndose al agente o materia para el apresto de los tejidos, a las operaciones para acabarlos, o el aspecto, tacto y superficie final del artículo.

**Afinidad:** Tendencia de diferentes materiales a unirse; dicese especialmente de fibras y colorantes.

**Agotamiento:** Término que indica que la materia colorante de un baño de tintura es absorbida por el material que se tiñe.

**Agregados:** Conjunto de moléculas de colorante que se consideran formando un cuerpo.

**C.I. :** Número de color index o denominación de un colorante.

**Curva de Teñido:** Representación gráfica, temperatura versus tiempo, donde se muestran las diferentes etapas de un proceso de teñido.

**Desencolado:** Procedimiento de eliminar la cola de los géneros crudos por medio de ácidos o enzimas que solubilizan el almidón.

**Difusión:** Proceso de transporte al azar de las moléculas de colorante hacia la fibra en la etapa inicial en un proceso de teñido.

**Igualación:** También se llama facultad igualadora; propiedad de un colorante de distribuirse uniformemente en el material teñido, dando así matices uniformes y lisos.

**Jigger:** Máquina con dos rodillos plegadores entre los cuales esta la tina del tinte. La tela pasa a lo ancho, según se rearrolla de rodillo a rodillo hasta quedar del matiz deseado.

**Migración:** Propiedad de los colorantes de revertir de las zonas más teñidas, al baño de tintura y luego depositarse en las zonas menos teñidas.

**Productos Auxiliares:** Productos que ayudan a obtener teñidos perfectos (desairantes, dispersantes, penetrantes, igualantes, humectantes, antiespumantes).

**Relación de Baño (RB):** Término de tintura que indica la relación o proporción entre el peso del material que se tiñe y el líquido colorante.

**Solidez:** Resistencia que presenta al variar o perder su color un material teñido a la acción de un determinado agente externo.

**Sustantividad:** Afinidad de los colorantes hacia determinadas fibras.

**Tintura a la continua:** Teñido a lo ancho de piezas de telas unidas para permitir la operación en forma continua.



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DEL INFORME DE SUFICIENCIA  
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO  
EN QUÍMICA**

Nombre: ALICIA CEFERINA LUQUE SANCA

Título:

"TINTURA DEL ALGODÓN CON COLORANTES REACTIVOS  
POR EL PROCESO DE AGOTAMIENTO"

**Miembros del Jurado:**

Decano o su representante:

D<sup>o</sup> JORGE ANGULO CORNEJO

(firma)

Profesor Asesor:

M.Sc. OTILIA ACHA DE LA CRUZ

(firma)

Profesor Especialista:

Lic. PATRICIA LOPEZ PINO

(firma)

Luego de sustentado el Informe de Suficiencia y absueltas las preguntas, el Jurado otorgó el calificativo de:

APROBADO CON DISTINCION

tal como consta en el Libro de Actas N° 208-408, Folio N° 349

Dado en la ciudad de Lima en la fecha: 03 OCTUBRE 2003 a horas: \_\_\_\_\_

Decano



Director de la Escuela Profesional