

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ciencias

Escuela Profesional de Química



INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE

LICENCIADO EN QUIMICA

Control del Proceso de Teñido de las Fibras de Algodón

Presentado por:

PEREIRA BOITANO JUAN BRAULIO

Asesora:

M Sc. OTILIA ACHA DE LA CRUZ

LIMA PERÚ

2014

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto, haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

DEDICATORIA

Principalmente a Dios por permitir realizar este trabajo que es muy importante y especial para mi formación profesional. A mis padres, porque creyeron en mi y porque me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque en gran parte gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera. A mi esposa por su gran apoyo y motivación.

**CONTROL DEL PROCESO DE TEÑIDO
DE LAS
FIBRAS DE ALGODÓN**

RESUMEN

En este trabajo, se establecieron diferentes parámetros y variables que influyen en el proceso de teñido de la fibra de algodón. Para esto se tomaron valores de referencia estándares realizados por el laboratorio como la selección de tricromía, el pH, la temperatura, el tiempo de agotamiento, la relación de baño, la selección de curva de teñido, los cuales son llevados a nivel de planta para la reproducibilidad del color. Dentro del proceso de teñido también se involucraron algunas variables como el grado de blanco del previo, su hidrofiliidad y la calidad del agua. Los teñidos a nivel de planta se llevaron a cabo con telas de tejido de punto 100 % algodón en máquinas Multiflow MCS que cuenta con un sistema automatizado donde todo el proceso fue monitoreado verificando el envío de los insumos químicos por la cocina automática. Para obtener las condiciones óptimas, fue necesario saber cómo los resultados dependen de las propiedades de los colorantes reactivos con la fibra celulósica, donde la relación entre el tiempo de teñido, el equilibrio de tintura (agotamiento), el tipo de colorante y la adición de los auxiliares de teñido son importantes; haciendo posible predecir el control del pH de baño de teñido, la adición de auxiliares para obtener la curva de agotamiento y la fijación óptima del colorante reactivo con la fibra. Se realizaron teñidos para distintos colores donde las lecturas realizadas por el espectrofotómetro contra el estándar indicaron valores dentro del rango de aprobación con $DE^* < 0,5$ presentando variaciones de tonalidad poco apreciables por el ojo humano, los valores de Da^* , Db^* y DL^* indican la tendencia del color contra el estándar.

Palabras clave: Control del proceso de teñido, fibra de algodón, tratamiento previo, teñido, colorantes reactivos, tricromía, sustentividad, reactividad, migración.

ÍNDICE GENERAL

	Página
- PRESENTACIÓN	XVIII
- OBJETIVOS DEL TRABAJO	XIX
CAPÍTULO I	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.1.1. Presentación de la empresa	1
1.1.2. Diagnostico funcional	1
1.1.2.1. Organización	1
1.1.2.2. Productos y servicios	2
1.1.2.3. Clientes	3
1.1.2.4. Proveedores	4
1.1.2.5. Procesos	4
1.1.3. Funciones del químico dentro de la empresa	5
1.1.4. Industria textil	6
1.1.5. Subsectores textiles	7
CAPÍTULO II	8
2.1. FIBRAS TEXTILES	8
2.2. PROPIEDADES DE LAS FIBRAS TEXTILES	8
2.2.1. Propiedades geométricas	9
2.2.2. Propiedades químicas	9
2.2.3. Propiedades físicas	10
2.3. CLASIFICACIÓN DE LAS FIBRAS TEXTILES	11
2.3.1. Fibras naturales	11
a) El algodón	11
b) La lana	12
c) La seda	13
2.3.2. Fibras artificiales	14
a) Rayón	14
b) Acetato de celulosa	15
c) Modal	16
2.3.3. Fibras sintéticas	16
a) Nylon	16
b) Poliéster	17
2.4. EL ALGODÓN	18
2.4.1. Información botánica	18
2.4.2. Variedades y países productores	19
2.4.3. Formación del algodón	20

2.4.4. Tipos de algodón	21
2.4.5. Partes de la fibra de algodón	21
a) Cutícula	21
b) Pared primaria	22
c) Pared secundaria	22
d) Lumen	23
2.4.6. Propiedades físicas del algodón	24
a) Color y brillo	24
b) Madurez	25
c) Finura	25
d) Longitud	25
2.4.7. Composición del algodón	25
a) Residuos pigmentados	27
b) Sustancias nitrogenadas	27
c) Sustancias minerales	27
d) Ceras, aceites y grasas	27
e) Sustancias Pécicas	28
2.5. FUNDAMENTOS DE COLORIMETRÍA	29
2.5.1. La percepción del color	29
2.5.2. Descripción de la sensación visual del color	30
a) El tono o tonalidad cromática	30
b) La saturación o pureza	30
c) La claridad	31
2.5.3. Fuente de luz (iluminante)	32
2.5.4. Observador	34
2.5.5. Objeto	35
2.5.6. Escala de color	36
2.5.7. Medida del color	38
2.5.8. Proceso de medida	39
2.6. TEORÍA DEL COLOR	40
2.7. LOS COLORANTES Y SU CLASIFICACIÓN	43
2.7.1. Cromóforos	44
2.7.2. Auxócromos	46
2.8. CLASIFICACIÓN DE LOS COLORANTES	47
2.8.1. Colorantes naturales	47
2.8.1.1. Por sus características físicas	48
2.8.1.2. Por su composición química	48
2.8.1.2.1. Colorantes Flavonoides	49
2.8.1.2.2. Colorantes Carotenoides	54
2.8.1.2.3. Colorantes tipo Quinona	55
2.8.1.2.4. Colorantes Indólicos	59
2.8.1.2.5. Colorantes derivados de la Delfinidina	60
2.8.1.2.6. Colorantes derivados Dihidropilano	61
2.8.1.2.7. Grupo Betáleina	62

2.8.1.2.8. Grupos Xantonas	63
2.8.1.2.9. Grupo Tanino – Pirogallo y Catecol	64
2.8.1.2.10. Grupo Clorofila	65
2.8.2. Colorantes artificiales	66
2.8.2.1. Características que definen y clasifican a la mayoría de los colorantes artificiales.	66
a) Colorantes ácidos y básicos	66
b) Colorantes directos (sustantivos)	69
c) Colorantes a la tina	70
d) Colorantes dispersos	71
e) Colorantes sulfurosos	71
f) Colorantes de complejo metálico	72
g) Colorantes reactivos	74
2.9. COLORANTES PARA FIBRAS CELULÓSICAS	75
2.9.1. Colorantes reactivos	77
2.9.1.1. Propiedades de los colorantes reactivos	78
2.9.1.2. Estructura básica de un colorante reactivo	78
a) Cromóforo	78
b) Grupo puente	79
c) Grupo reactivo	79
2.9.1.3. Diferentes tipos de estructuras de colorantes reactivos	79
a) Colorantes monoreactivos	79
b) Colorantes bireactivos con un solo cromóforo	80
c) Colorantes bireactivos con dos cromóforos	80
2.9.1.4. Colorantes reactivos según la reactividad	80
I. Altamente reactivos	81
II. Muy poco reactivos	81
III. Aplicados en baños por agotamiento bifuncionales	81
IV. Tipo vinil sulfona	81
2.9.1.5. Clasificación de los grupos reactivos	81
a) Grupo reactivos aromáticos	81
b) Grupos reactivos alifáticos	81
2.9.1.6. Factores de la propiedad de teñido	83
2.9.1.6.1. Afinidad	83
2.9.1.6.2. Sustantividad	83
2.9.1.6.3. Reactividad	84
I. Ventajas al teñir con colorantes reactivos de baja reactividad	87
II. Ventajas al teñir con colorantes reactivos de alta reactividad	87
2.9.1.7. Concepto sobre el poder de difusión	87
2.9.1.8. Modo de fijación del colorante a la fibra	88
2.9.1.9. Factores que influyen en la absorción y en la reacción	92
2.10. PROCESO DE TEÑIDO DE LA FIBRA DE ALGODÓN	96
2.10.1. Tratamientos previos	96
2.10.1.1. Desmineralizado	96

2.10.1.2. Descrudado	98
2.10.1.3. Blanqueo químico	100
2.10.1.4. Antipilling	103
2.10.1.5. Productos auxiliares usados en el tratamiento previo	107
a) Productos tensoactivos	107
b) Secuestrantes	109
c) Antiespumantes	112
d) Antiquiebre	113
e) Estabilizador de peróxido	113
2.10.2. Teñido	115
2.10.2.1. Fase de tintura neutra: Absorción	115
a) Influencia de la naturaleza del colorante	115
b) Influencia de la relación de baño	116
c) Influencia de la concentración del electrolito	117
d) Influencia del pH	117
e) Influencia de la temperatura	117
f) Influencia del tipo de fibra	118
2.10.2.2. Fase intermedia alcalina: Absorción y reacción	118
2.10.2.3. Fase final: Eliminación del colorante hidrolizado	119
2.10.2.4. Curva de agotamiento y fijado	120
2.10.4. Acabado	122
2.10.4.1. Suavizado	122
2.10.4.2. Siliconado	123
2.10.4.3. Resinado	123
 CAPÍTULO III	
3.1. PROCESO EXPERIMENTAL DE TINTURA CON COLORANTES REACTIVOS	125
3.1.1. Descripción de la parte experimental	125
3.1.2. Diagrama de flujo	129
3.1.3. Formulación del tratamiento previo y teñido	135
3.1.4. Curvas de los procesos	138
3.1.5. Tricromías estandarizadas	143
3.1.6. Principales controles a considerar en la planta de tintorería	144
3.1.6.1. Controles del previo	145
3.1.6.2. Controles de tintura	146
3.1.7. Reacciones involucradas en el proceso de teñido	153
 CAPÍTULO IV	
4.1. ACTIVIDADES Y MEJORAS REALIZADAS	157
 CAPÍTULO V	
5.1. CONCLUSIONES	166
5.2. RECOMENDACIONES	168

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	169
ANEXOS	176

ÍNDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1.1.	Participación de clientes de Venta de Servicio 2011.	3
Figura 1.2.	Mapa de Procesos Unidad Tintorería.	5
Figura 1.3.	Principales procesos de la cadena de producción textil.	6
Figura 2.1.	Fibra natural del algodón.	12
Figura 2.2.	Fibra natural de la lana.	12
Figura 2.3.a.	Fibra natural de la seda.	13
Figura 2.3.b.	Estructura química del monómero aminoácido.	13
Figura 2.3.c.	Estructura química de la seda.	13
Figura 2.4.	La celulosa se trata con un álcali y disulfuro de carbono para producir el Xantano de celulosa.	15
Figura 2.5.	Estructura química del acetato de celulosa	16
Figura 2.6.	Nylon 6 (arriba) y nylon 6,6 (abajo), mostrando la dirección de los enlaces peptídicos, única diferencia estructural entre ellos	17
Figura 2.7.	Estructura química del Poliéster.	17
Figura 2.8.	Componentes formados por la pared celular de la fibra de algodón.	22
Figura 2.9.	Vista microscópica de la pared primaria.	22
Figura 2.10.	Vista microscópica de la pared secundaria.	23
Figura 2.11.	La Celulosa.	23
Figura 2.12.	Diagrama de las capas de la pared celular de una fibra de algodón.	24
Figura 2.13.	Estructura química de la celulosa.	25
Figura 2.14.	Reacción de saponificación de un ácido graso.	27
Figura 2.15.	Estructura del alcohol glicerol trihídrico.	27
Figura 2.16.	Estructura de los esteres: Donde R puede ser $C_{15}H_{31}$, $C_{17}H_{35}$, $C_{17}H_{33}$.	28
Figura 2.17.	Reacción de la pectosa en medio alcalino.	28
Figura 2.18.	Los tres elementos del trinomio: Fuente – Objeto – Observador.	30
Figura 2.19.	Los tres factores de clasificación natural de los colores.	30
Figura 2.20.	Los tres factores de percepción visual: Tono / Tonalidad cromática (Rojo) – saturación / pureza (vivo) – claridad (claro).	32
Figura 2.21.	Luz diurna descompuesta en los colores espectrales (arco iris).	32
Figura 2.22.	Distribución de potencia espectral de iluminantes estándar D65, C, A y de iluminantes fluorescentes recomendados por la CIE (F2, F7 y F11).	34
Figura 2.23.	Al observar un objeto, el ojo se integra sobre una superficie amplia, lo cual se correlaciona mejor con el observador de 10° .	35
Figura 2.24.	Curvas espectrales para los colores Rojo, Azul y Verde.	36
Figura 2.25.	Escala de color CIELab.	36
Figura 2.26.	Ecuación de la diferencia de color total.	37

Figura 2.27.	Diferencia visual de 2 muestras con igual valor de ΔE^* .	37
Figura 2.28.	Cambio de las componentes colorimétricas individuales.	38
Figura 2.29.	Espectrofotómetro de reflectancia.	39
Figura 2.30.	Transiciones electrónicas inducidas por la absorción de energía.	41
Figura 2.31.	Transiciones electrónicas permitidas por la mecánica cuántica.	42
Figura 2.32.	Grupos auxóchromos mas importantes.	46
Figura 2.33.	Formación de la calcona.	51
Figura 2.34.	Estructura química del ión flavilio, formando en este caso una sal con el anión cloruro.	52
Figura 2.35.	Estructura de la antocianidina con diferentes sustituyentes.	53
Figura 2.36.	Estructura molecular del β caroteno.	54
Figura 2.37.	Estructura molecular del licopeno.	54
Figura 2.38.	Estructura de la Xantofila.	55
Figura 2.39.	Enumeración de los carbonos en el núcleo de las antraquinonas.	56
Figura 2.40.	Estructura de la antraquinona con diferentes sustituyentes.	57
Figura 2.41.	Estructura de la 1,4-naftoquinona.	58
Figura 2.42.	Formación de los colorantes indólicos.	59
Figura 2.43.	Reacciones para la formación de colorante índigo.	60
Figura 2.44.	Estructura química de la delfinidina.	60
Figura 2.45.	Estructura molecular del colorante de Palo de Campeche.	61
Figura 2.46.	Estructura química de los colorantes del grupo Betáleina.	62
Figura 2.47.	Estructura química del núcleo Central de la xantonas.	63
Figura 2.48.	Estructura química del gamma-mangostin.	63
Figura 2.49.	Estructura química del tanino condensado.	64
Figura 2.50.	Estructura química del Galotanino.	65
Figura 2.51.	Estructura química de la clorofila a y b.	66
Figura 2.52.a.	Ejemplos de colorantes ácido y básico y modo de fijación en la fibra.	67
Figura 2.52.b.	Modo de fijación de los colorantes ácidos y básicos.	67
Figura 2.53.	Estructura química de algunos colorantes ácidos y básicos.	67
Figura 2.54.	Estructura de los colorantes azoicos.	69
Figura 2.55.	Estructuras químicas tiazólicas.	70
Figura 2.56.	Proceso de reducción del colorante a la tina.	70
Figura 2.57.	Proceso de reducción de los colorantes sulfurosos.	72
Figura 2.58.	Coloración al mordiente con colorantes azoicos.	73
Figura 2.59.	Estructura de colorantes pre-metalizados.	73
Figura 2.60.	Coloración al mordiente con antraquinonas.	74
Figura 2.61.	Modo de acción de los colorantes reactivos.	74
Figura 2.62.	Ejemplos estructurales de colorantes textiles.	75
Figura 2.63.	Estructura básica de un colorante reactivo.	78
Figura 2.64.	Estructura de un colorante monoreactivo.	79
Figura 2.65.	Estructura de un colorante bireactivo con 1 solo grupo	80

	cromóforo.	
Figura 2.66.	Estructura de un colorante bireactivo con 2 grupos cromóforos.	80
Figura 2.67.	Sustantividad de los colorantes reactivos.	84
Figura 2.68.	Reactividad de los colorantes reactivos.	85
Figura 2.69.	Temperatura de fijación de los diferentes grupos reactivos comerciales.	86
Figura 2.70.	Estructura química del D-Glucopiranososa.	88
Figura 2.71.	Estructura de la Celulosa. Los enlaces de puente de H entre unidades de glucosa ayudan a hacer rígida la estructura.	90
Figura 2.72.	Estructura del colorante reactivo Azul Brillante Proción M-R.	91
Figura 2.73.	Reacción del colorante con la celulosa.	91
Figura 2.74.	Base conjugada de la celulosa.	92
Figura 2.75.	Fracción de la especie reactiva de la celulosa.	92
Figura 2.76.	Cálculo de la fracción de disociación.	92
Figura 2.77.	Mecanismo de sustitución nucleofílica.	94
Figura 2.78.	Mecanismo de eliminación y adición.	94
Figura 2.79.	Reacción de saponificación de un triglicérido.	99
Figura 2.80.	Oxidación de los grupos hidroxilo terminal y medio.	102
Figura 2.81.	Reacción del peróxido con iones metálicos.	102
Figura 2.82.	Mecanismo de hidrólisis enzimática de la celulosa.	104
Figura 2.83.	Tejido antes del tratamiento antipilling (izquierda) y después (derecha).	105
Figura 2.84.	Características de pH y temperaturas de actividad enzimática de las celulasas.	106
Figura 2.85.	Estructura química de diferentes polifosfatos.	109
Figura 2.86.	Reacción de un polifosfato con el calcio.	110
Figura 2.87.	Descomposición del peróxido.	114
Figura 2.88.	Esquema del mecanismo de tintura de fibras celulósicas con colorantes reactivos.	120
Figura 2.89.	Esquema de fijación de un colorante birreactivo.	122
Figura 3.0.	Preparado de tela cruda.	125
Figura 3.1.	Ingreso de la tela cruda a la máquina de teñido.	126
Figura 3.2.	Máquina MCS Multiflow, esquema del recorrido de la tela.	126
Figura 3.3.	Procesos principales en el mapa de procesos unidad de tintorería.	128
Figura 3.4.	Curva de proceso del descruce RD local.	138
Figura 3.5.	Curva de proceso del descruce RD local más antipilling.	139
Figura 3.6.	Curva de proceso del descruce RD exportación.	139
Figura 3.7.	Curva de proceso del descruce RD exportación más antipilling.	140
Figura 3.8.	Curva de proceso del descruce RD exportación con soda más antipilling.	140
Figura 3.9.	Curva de proceso del blanqueo químico.	141
Figura 3.10.	Curva de proceso del blanqueo químico con antipilling.	141
Figura 3.11.	Curva del proceso de teñido.	142

Figura 3.12.	Curva del proceso de Jabonado.	142
Figura 3.13.	Diagrama de diferencia de color indicando el punto de distribución para cada partida evaluada contra el Navy estándar.	149
Figura 3.14.	Diagrama de diferencia de color indicando el punto de distribución para cada partida evaluada contra el Yellow estándar.	152
Figura 3.15.	Reacción de un cromóforo con el oxígeno activo	154
Figura 3.16.	Mecanismo de la hidrólisis de la celulosa.	155
Figura 4.0.	Gráfica de curvas regresivas y progresivas.	157
Figura 4.1.	Curva de teñido con bicarbonato de sodio.	158
Figura 4.2.	Diagrama y diferencia de color CIE L*a*b* para el color Navy.	159
Figura 4.3.	Diagrama y diferencia de color CIE L*a*b* para el color Raspberry.	160
Figura 4.4.	Diagrama y diferencia de color CIE L*a*b* para el color Lime.	161
Figura 4.5.	Diagrama y diferencia de color CIE L*a*b* para el color Black.	162
Figura 4.6.	Diagrama y diferencia de color CIE L*a*b* para el color Forest.	163
Figura 4.7.	Diagrama y diferencia de color CIE L*a*b* para el color Red.	164

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.0.	Propiedades geométricas de las fibras textiles.	9
Tabla 2.1.	Propiedades químicas de las fibras textiles.	10
Tabla 2.2.	Propiedades físicas de las fibras de algodón.	10
Tabla 2.3.	Clasificación de las fibras textiles.	11
Tabla 2.4.	Composición de la fibra de algodón.	26
Tabla 2.5.	Descripción de iluminantes normalizados más usado.	33
Tabla 2.6.	Diferentes tipos de radiaciones electromagnéticas.	40
Tabla 2.7.	Radiación absorbida y color observado.	41
Tabla 2.8.	Principales grupos cromóforos.	44
Tabla 2.9.	Coloración de los difenilpolienos para diferentes valores de "n".	45
Tabla 2.10.	Coloración del anillo bencénico con distintos grupos cromóforos.	45
Tabla 2.11.	Cambio de coloración de la estructura con diferentes sustituyentes auxóchromos.	46
Tabla 2.12.	Características físicas de los colorantes naturales.	48
Tabla 2.13.	Grupos principales de los colorantes flavonoides.	48
Tabla 2.14.	Grupos principales de los colorantes carotenoides.	48
Tabla 2.15.	Grupos principales de los colorantes tipo quinonas.	49
Tabla 2.16.	Estructura molecular de algunos flavonoles.	50
Tabla 2.17.	Estructura molecular de algunas flavononas.	51
Tabla 2.18.	Estructura de la antocianina y la antocianidina.	52
Tabla 2.19.	Antocianidinas con diferentes sustituyentes.	53
Tabla 2.20.	Longitud de onda y coloración de algunas antocianidinas.	54
Tabla 2.21.a.	Estructura y nombres de algunas antraquinonas.	56
Tabla 2.21.b.	Estructura y nombres de algunas antraquinonas.	57
Tabla 2.22.	Longitud de onda y coloración de algunas antraquinonas.	57
Tabla 2.23.	Longitud de onda y coloración de algunas naftoquinonas.	58
Tabla 2.24.	Nombres de algunas delfinidinas.	61
Tabla 2.25.	Características de los derivados dihidropilano.	61
Tabla 2.26.	Posibles estructuras azoicas.	69
Tabla 2.27.	Principales características de las diferentes familias de colorantes de aplicación a las fibras celulósicas.	77
Tabla 2.28.	Matices de los colorantes reactivos con diferentes grupos cromóforos.	79
Tabla 2.29.	Ejemplos significativos de cada uno de los grupos reactivos de los colorantes para fibras celulósicas.	82
Tabla 2.30.	Contante de disociación de algunos alcoholes.	89
Tabla 2.31.	Velocidad relativa de reacción de alcoholes.	89
Tabla 2.32.	Distribución del colorante. (Col-Cl), representa un colorante monoclorotriazínico.	93
Tabla 2.33.	Contenido de minerales de diferentes tipos de algodón.	97
Tabla 2.34.	Reacciones durante el blanqueo químico.	101
Tabla 2.35.	Características de los productos tensoactivos.	108
Tabla 2.36.	Diferentes tipos de secuestrantes aminopolicarboxilados.	111

Tabla 2.37.	Diferentes tipos de antiespumantes siliconados y no siliconados.	112
Tabla 3.0.	Controles que se debe cumplir durante el proceso de teñido.	127
Tabla 3.1.	Rutas de acabado de tela de tejido de punto.	127
Tabla 3.2.	Concentraciones de reactivos utilizados para el descruce RD (local).	135
Tabla 3.3.	Concentraciones de reactivos utilizados para el descruce RD (exportación).	135
Tabla 3.4.	Concentraciones de reactivos utilizados para el descruce RD mas antipilling. El uso del Sequion M-500 es solo para descruce exportación.	135
Tabla 3.5.	Concentraciones de reactivos utilizados para el descruce RD con soda más antipilling.	136
Tabla 3.6.	Concentraciones de reactivos utilizados para el blanqueo químico.	136
Tabla 3.7.	Concentraciones de reactivos utilizados para el blanqueo químico mas antipilling.	137
Tabla 3.8.	Formulación de la receta de teñido.	137
Tabla 3.9.	Concentraciones de reactivos utilizados en el jabonado.	138
Tabla 3.10.	Tricromías estandarizadas para diferentes tipos de matices.	143
Tabla 3.11.	Objetivos y procedimientos de los controles del previo	145
Tabla 3.12.	Objetivos y procedimientos de los controles del teñido.	146
Tabla 3.13.	Formulación y control de procesos color Navy.	147
Tabla 3.14.	Corrección de volumen y sal en el teñido color Navy.	148
Tabla 3.15.	Diferencia de color de diferentes partidas evaluados contra el Navy estándar.	149
Tabla 3.16.	Formulación y control de procesos color Yellow.	150
Tabla 3.17.	Corrección de volumen y sal en el teñido color Yellow.	151
Tabla 3.18.	Diferencia de color de diferentes partidas evaluados contra el Yellow estándar.	152
Tabla 4.0.	Curva y tiempo en lisos (1liso = 90 s) para la dosificaciones de los álcalis.	158
Tabla 4.1.	Valores de pH para diferentes lotes de teñido color Navy.	159
Tabla 4.2.	Valores de pH para diferentes lotes de teñido color Raspberry.	160
Tabla 4.3.	Valores de pH para diferentes lotes de teñido color Lime.	161
Tabla 4.4.	Valores de pH para diferentes lotes de teñido color Black.	162
Tabla 4.5.	Valores de pH para diferentes lotes de teñido color Forest.	163
Tabla 4.6.	Valores de pH para diferentes lotes de teñido color Red.	164
Tabla 4.7.	Valores de DE* y tendencia de los colores obtenidos.	165
Tabla 5.0.	Rango de valores de pH de agotamiento para diferentes porcentajes de colorante.	166

ANEXOS

		Página
Tabla 1	Propiedades de insumos químicos 1.	176
Tabla 2	Propiedades de insumos químicos 2.	177
Figura 1	Máquina de teñido MCS MULTIFLOW y sus partes.	178
Figura 2	Maquinaria para el ennoblecimiento textil 1.	179
Figura 3	Maquinaria para el ennoblecimiento textil 2.	178
Figura 4	Influencia del peróxido residual sobre un teñido reactivo.	181
Figura 5	Tiras reactivas para determinar el peróxido residual en el blanqueo químico.	181
Figura 6	Kit de reactivos para determinar la dureza del agua.	182
Figura 7	Manual de instrucciones para determinar la dureza del agua.	182
Figura 8	Prueba del grado de hidrofiliidad de un tejido, además del tiempo de absorción, se observa la uniformidad del esparcido.	183
Figura 9	Daños de la fibra por influencia de ácidos y agentes oxidante.	184
Figura 10	Daño de la fibra por formación de hidrocélulosa.	184
Figura 11	Daño de la fibra por formación de oxicélulosa.	185
Figura 12	Daño catalítico por presencia de metales pesados.	186
Figura 13	Test Rojo-Verde, análisis del algodón maduro y no maduro	186
Figura 14	Medidas de la dureza del agua.	187
Figura 15	Equipo Datacolor SPECTRUM para la lectura de muestras.	188
Figura 16	Esfera integradora del espectrofotómetro.	188
Figura 17	Equipo para teñido de muestras.	189
Figura 18	Dispensador automático.	190
Figura 19	Analizador de tinte VDA.	191
Figura 20	Comparación de las curvas de agotamiento realizadas por el VDA de un proceso regular y un proceso óptimo.	192

LISTA DE ABREVIATURAS

cm	centímetro
m	metro
mm	milímetro
nm	nanómetro
µm	micrómetro
pm	picómetro
ha	hectárea
g	gramo
mg	miligramo
kg	kilogramo
L	litro
mL	mililitro
min	minutos
s	segundos
°C	grados celsius
dtex	decitex (masa en gramos por cada 10000 metros de fibra)
Pad-batch	teñido a la continua
RB	relación de baño
PES	poliéster
PA	poliamida
CEL	celulosa
DL*	diferencia de luminosidad
Da*	diferencia de color rojo - verde
Db*	diferencia de color amarillo - azul
DC	diferencia de saturación o intensidad del color
DH	diferencia del ángulo
DE*	diferencia de color total

PRESENTACIÓN

La fibra de algodón debido a la facilidad para formarla en hilos, por su resistencia, absorbencia, facilidad para lavarla y teñirla; la planta textil emplea una amplia gama de colorantes y otros compuestos químicos, incluidos ácidos, bases, sales, agentes humedecedores, dispersantes, secuestrantes y productos para su acabado; de todos estos químicos, los únicos que se retienen en la fibra de algodón en un alto porcentaje son los colorantes reactivos; que se han caracterizado especialmente por un variado rango de tonos y brillos, excelente humectación y métodos simples para el teñido.

El proceso de teñido no solo consiste en aplicar color sobre una fibra, sino en distribuirlo uniformemente a través de la misma y fijarlo lo más permanente posible; el cual se basa en la propiedad de algunas moléculas orgánicas de retener la luz en una determinada longitud de onda dentro del espectro visible. El principio de tintura utilizado en la industria textil es el de agotamiento que consiste en un baño acuoso con colorantes que tienen afinidad por la fibra. En la tintura de agotamiento, el colorante es transportado a la superficie de la fibra por el movimiento del baño con colorante o el textil, es entonces adsorbido en la superficie de la fibra y se difunde en la misma. Por último, dependiendo de la interacción del colorante con la fibra, hará que se fije química o físicamente. Para teñir por agotamiento, las fórmulas están constituidas en relación al peso de los productos textiles.

Este informe presenta una visión general del tratamiento de la fibra de algodón y su tintura con colorantes reactivos, orientado principalmente al control de diversos parámetros que implica un mejor desarrollo del color, logrando como producto final el cumplimiento de los estándares de calidad buscando satisfacer las necesidades del cliente.

OBJETIVOS DEL TRABAJO

Objetivo general:

- Establecer los parámetros y variables que influyen en el proceso de teñido de la fibra de algodón.

Objetivos específicos:

- Analizar el proceso de teñido mediante la recopilación de información para dar un mejor soporte científico.
- Determinar los valores de pH durante el proceso de teñido.
- Identificar las variables más importantes del proceso de teñido de las fibras de algodón con colorantes reactivos.
- Analizar la curva de teñido para la mejora del proceso.

Evaluar las características y propiedades de los productos que serán utilizados durante el proceso.

CAPÍTULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

1.1.1. Presentación de la empresa

La empresa Filasur S.A. inició sus actividades por los años 70, fabricando hilados acrílicos, tejidos planos y tejidos de punto. La empresa se constituye en 1997 por la fusión de 2 empresas: la primera, dedicada a la hilatura de fibras acrílicas y la segunda, dedicada a la hilatura de fibras de algodón, tejidos planos y tejidos de punto. El objetivo de la fusión fue el mejoramiento en la utilización de los recursos y la consecuente disminución de costos.

Desde que se inició en los negocios textiles, la reinversión ha sido continua debido a que el mercado nacional e internacional está incrementando siempre sus exigencias de calidad y la inversión se hace necesaria para mantener satisfechos a sus clientes. La empresa cuenta con una sólida participación en el abastecimiento a los principales productores de prendas de vestir para exportación. Además de su presencia en el mercado peruano, la empresa exporta directamente a varios países latinoamericanos y europeos consolidándose como un confiable productor debido a su constante renovación e innovación tecnológica, tanto en sus procesos productivos como en los administrativos y de ventas.

1.1.1. Diagnóstico funcional

1.1.1.1. Organización

La empresa tiene una estructura organizacional de tipo funcional, a pesar de ser una empresa de origen familiar, se ha desarrollado de manera adecuada y cuenta cada vez con más personal capacitado para un mayor y mejor desenvolvimiento como empresa. La empresa se conforma de tres unidades de negocio:

- Unidad Hilandería
- Unidad Tintorería
- Unidad Confecciones

Las dos primeras cuentan con instalaciones y maquinarias, a diferencia de la unidad Confecciones, que terceriza los servicios que requiere, encargándose solo de la logística y las gestiones comerciales. Las tres unidades trabajan interrelacionados: Hilandería abastece a la tintorería, y esta a su vez abastece a confecciones.

La unidad de negocio tintorería es liderada por el Gerente de Línea, que tiene a su cargo tres jefaturas: Planta, Mantenimiento y Laboratorio. Las áreas de PCP y Control de Calidad están a cargo de Responsables que reportan directamente a la Gerencia de línea.

El área comercial de tintorería, reporta a la Gerencia de línea, y trabaja en coordinación con el área comercial de la empresa (que es un proceso corporativo, pues maneja todos los asuntos comerciales de las tres unidades de negocio).

1.1.1.2. Productos y servicios

La unidad de negocio, cuenta con dos líneas: venta de tejido punto y servicio de lavado y tintorería.

- Línea de Venta de Tejido Punto: Cuando la tela a procesar pertenece a la empresa, es decir ha sido tejida o comprada para atender un pedido de un cliente final. En el caso que la tela provenga de un servicio externo de tejido, el hilo utilizado ha sido enviado desde la unidad de negocio hilandería. Se le realiza los procesos necesarios a esta tela tejida o comprada, para atender los requerimientos del cliente final. En estos casos se factura la tela en su totalidad.
- Línea de Servicio de Lavado y Tintorería: Cuando la tela a procesar pertenece al cliente que solicita el servicio. Para estos casos solo se factura el servicio de Lavado y Tintorería.

Desde el inicio de actividades se ha tenido un incremento en la participación de cada una de las líneas que se trabajan, como se muestra en la figura 1.1. En el año 2011 la venta de tela tuvo un incremento del 52 % respecto al año 2010, como consecuencia el servicio de Lavado y Tintorería tuvo una disminución del 6 %,

siendo uno de los objetivos de la empresa ser proveedor de tela acabada a las principales empresas exportadoras en el mercado nacional y extranjero, los datos muestran que se ha venido desarrollando las actividades necesarias para cumplir con este objetivo.

1.1.1.3. Clientes

La empresa tiene clientes de cada línea: venta de tejido punto y servicio de teñido y acabado, aunque en algunos casos se trabaje con un mismo cliente ambas líneas.

En figura 1.1 se muestra la participación por semestre de los principales clientes de servicio de Teñido y Lavandería:

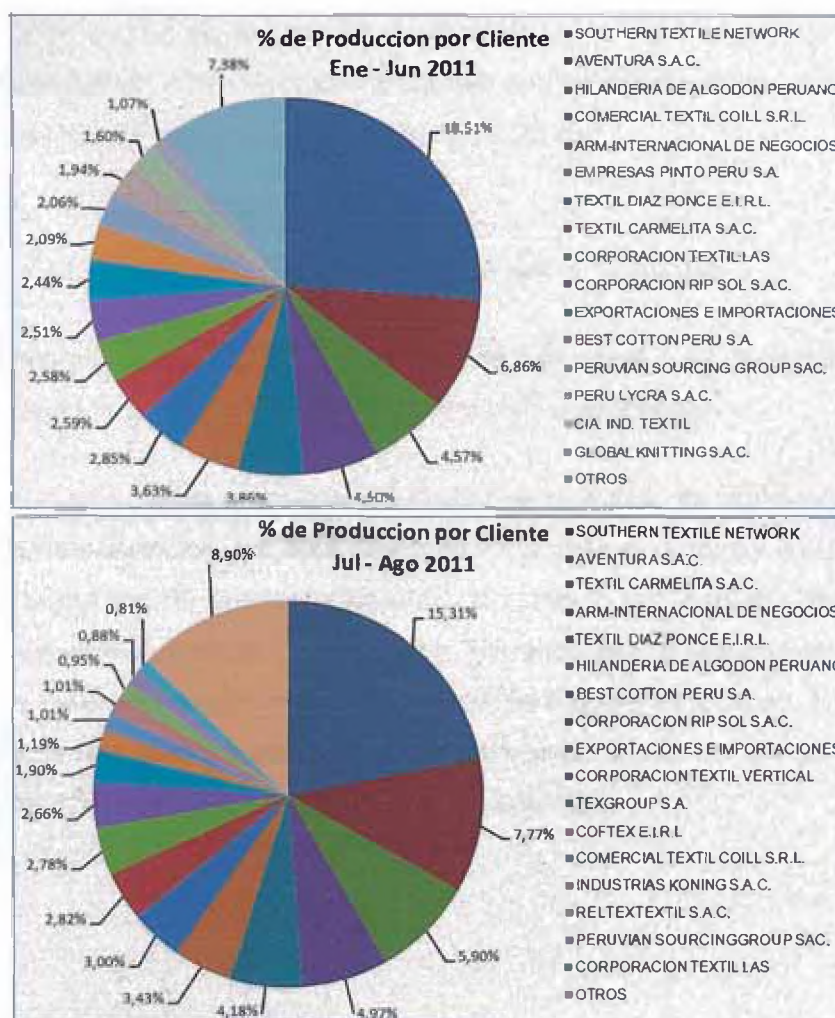


Figura 1.1. Participación de clientes de Venta de Servicio 2011.

1.1.1.4. Proveedores

- **Proveedores de hilado y algodón:**
Importadores y distribuidores de hilados.
- **Proveedores de productos químicos y colorantes:**
Fabricantes nacionales y fabricantes extranjeros (productos importados).
- **Proveedores de Tejido punto:**
Empresas locales de servicio de tejeduría de tela punto.
Empresas locales venta de tela cruda.
Proveedores de servicio de mantenimiento de maquinas e instalaciones.

1.1.1.5. Procesos

La empresa tiene clientes de cada línea: venta de tejido punto y servicio de teñido y acabado, aunque en algunos casos se trabaje con un mismo cliente ambas líneas. Como se ha mencionado, existen dos líneas de trabajo:

- Línea de venta de Tejido Punto.
- Línea de venta de servicio de Lavado y Tintorería.

Ambas tienen diferencia sólo en el ingreso de la tela cruda, y en el despacho de tela acabada, para los demás procesos, el tratamiento es el mismo.

Se identifican seis macro procesos, los cuales se muestran en la figura 1.2, siendo una empresa de servicios, las actividades se inician con el contacto de clientes, que solicitan información de precios, capacidad de producción y plazos de entrega, a través de Gestión Comercial y Laboratorio. Pasando por el proceso productivo de Tintorería y Acabado, según las aprobaciones de Control de Calidad. Recibiendo y entregando la tela cruda y acabada respectivamente a través de los almacenes de Logística de entrada y salida según lo definido por PCP.

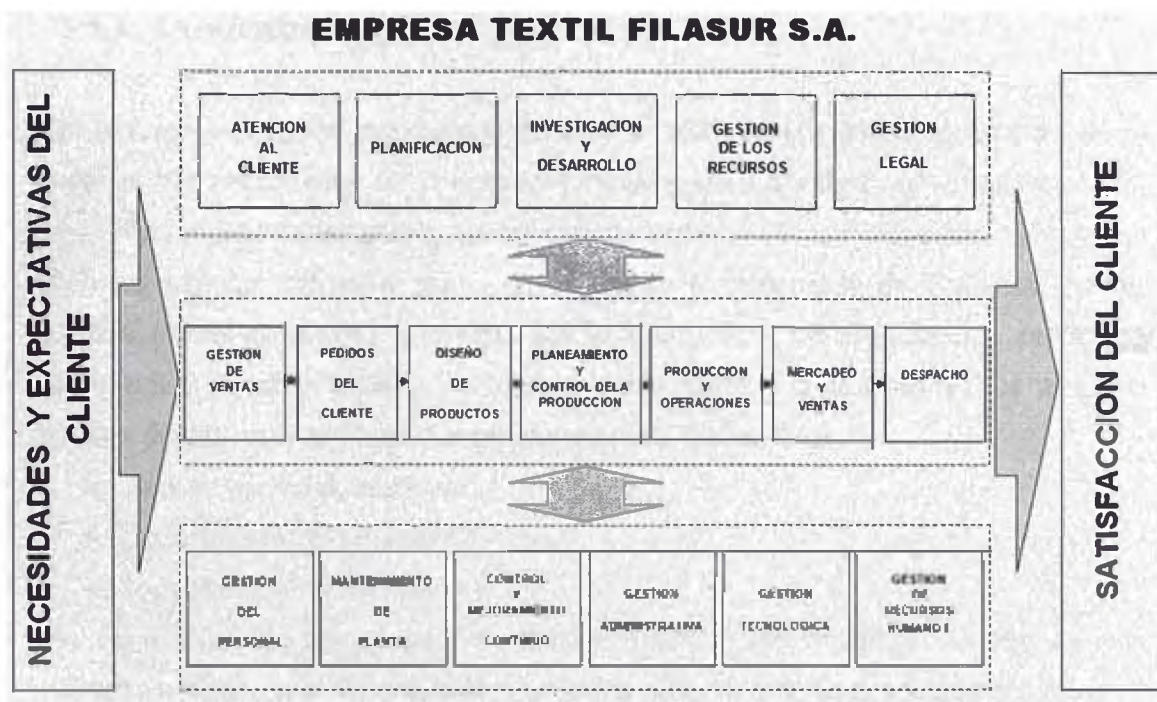


Figura 1.2. Mapa de Procesos.

En el Mapa de procesos se observa las interrelaciones entre los procesos, así como los procesos estratégicos y de apoyo. Debe considerarse que se tienen procesos corporativos, es decir son procesos que se relacionan con las diferentes unidades de negocio, sin estar incluidas en la estructura organizacional de cada una de ellas.

1.1.2. Funciones del químico dentro de la empresa

Entre las principales funciones podemos enumerar las siguientes:

- Control del proceso de teñido.
- Analizar los diferentes parámetros involucrados en el proceso.
- Descubrir nuevas aplicaciones para la mejora continua.
- Ver la productividad y calidad del producto terminado.
- Estandarización de las tricromías de los colorantes reactivos.
- Contribuir en soluciones que favorezcan al proceso.
- Investigar y realizar pruebas sobre nuevos productos que permitan identificar mejoras en el proceso de teñido.

1.1.4. La industria textil

Es uno de los sectores industriales clásicos de mayor complejidad, debido a que se trata de un sector muy fragmentado y heterogéneo, formado principalmente por pequeñas y medianas empresas. La industria textil y de la confección abarca una extensa cadena industrial que incluye desde la obtención de materias primas textiles (fibras químicas), pasando por la producción de los diversos productos intermedios (hilados, tejidos, no tejidos, etc.), hasta la obtención de los artículos textiles finales, con aplicaciones en campos tan diversos como:

- Textiles para indumentaria.
- Textiles para hogar y decoración.
- Textiles para uso técnico.

En cada una de las etapas de transformación, las materias textiles se ven sometidas a una serie de tratamientos en los que intervienen productos químicos, el medio habitual de aplicación de estos a las materias textiles es el agua, en la que se disuelven o dispersan los reactivos a utilizar en cada caso. El agua es el vehículo de transporte del producto químico a la materia. Por esta razón los procesos químico-textiles o de ennoblecimiento textil, se denominan habitualmente procesos en húmedo (wet processes). En la figura 1.3 , se indican de forma simplificada y esquemática, los principales procesos que se realizan en la cadena de producción de la industria textil, los cuales nos definen los diferentes subsectores en que se divide el sector textil.^[1]

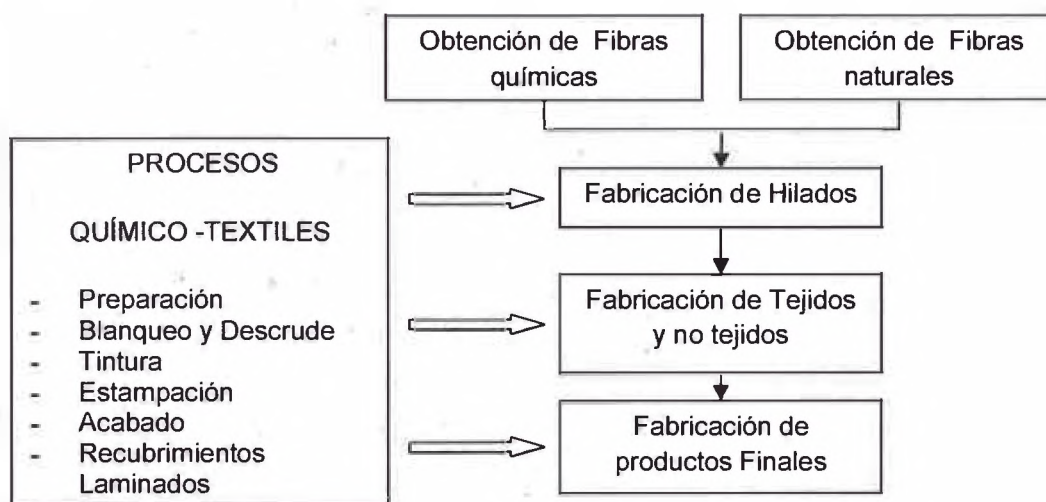


Figura 1.3. Principales procesos de la cadena de producción textil.

1.1.5. Subsectores textiles

- **Producción de fibras:** Las fibras son las materias primas básicas de toda producción textil, dependiendo de su origen, las fibras son generadas por la agricultura, la ganadería, la química o la petroquímica.
- **Hilandería:** Es el proceso de convertir las fibras en hilos.
- **Tejeduría:** Es el proceso de convertir hilos en telas.
- **Tintorería y acabados:** Son los procesos de teñir y mejorar las características de hilos y telas mediante procesos físicos y químicos.
- **Confección:** Es la fabricación de ropa y otros productos textiles a partir de telas, hilos y accesorios.
- **Alta costura:** El sector dedicado a la confección de artículos de lujo. Aunque produce cantidades menores de artículos, estos son de gran valor y crean las modas que determinan la dirección del mercado.
- **No tejidos:** Producción de telas directamente desde fibras sin pasar procesos de hilatura y tejeduría.

CAPÍTULO II

2.1. FIBRAS TEXTILES

Se denomina fibra textil a los materiales compuestos de filamentos y susceptibles de ser usados para formar hilos o telas, bien sea mediante tejido o mediante otros procesos físicos o químicos.^[2]

La fibra textil es la unidad de la que está compuesto todo textil. Pueden ser naturales o artificiales. La Palabra textil proviene del latín texere, que significa tejer. En el pasado solamente se le daba este nombre a las telas tejidas pero hoy también son textiles las fibras naturales y sintéticas que se utilizan para la fabricación de prendas de vestir, todos los materiales que utilizan estas fibras y también las telas no tejidas fabricadas en el laboratorio. Se diferencian unas de otras:

- Por su origen: naturales y artificiales
- Por sus propiedades: geométricas, físicas y química.

Las Micro fibras: son fibras ultra finas a las que se les confieren una serie de propiedades superiores a los tejidos. Comparativamente la micro fibra es 2 veces más fina que la seda, 3 veces más fina que el algodón y 100 más fina que el cabello humano. Generalmente están compuestas de polyester 80 % y poliamida 20 %. Para darle las propiedades a las fibras éstas son sometidas a diferentes pruebas durante un determinado tiempo.

2.2. PROPIEDADES DE LAS FIBRAS TEXTILES

Las propiedades básicas deseables en el campo textil en una fibra son:^[3]

- Percepción: El tacto, aspecto visual, etc.
- Capacidad de protección: Frente al calor, al frío o al agua.
- Fácil cuidado: De la prenda.
- Confort.
- Durabilidad y mantenimiento.

2.2.1. Propiedades geométricas

Tabla 2.0. Propiedades geométricas de las fibras textiles^[4]

Longitud	La única fibra continua natural es la seda. Las otras son llamadas fibras discontinuas porque tienen una longitud limitada. Químicamente se pueden fabricar fibras continuas de longitud indefinida que resultan similares a la seda, a las que llamamos filamentos. Estos filamentos pueden también ser cortados para trabajarlos en forma similar a las otras fibras naturales. Cuando son cortados se les llama fibra cortada. La fibra de mayor consumo a nivel mundial es la fibra de algodón. Su longitud varía entre 20 y 35 mm de longitud.
Finura	Es la medida de su grosor y está relacionado con el diámetro de la fibra aparentemente, ya que no es constante ni regular, se expresa en Micras: 1 micra = 0,001 mm La finura determina la calidad y el precio de la fibra. La finura determina el comportamiento y la sensación al tacto de los textiles: Fibras gruesas: Rígidas y ásperas, mayor firmeza, resistencia al arrugado. Fibras finas: Suavidad y flexibilidad, buena caída. La finura influye en aspectos tecnológicos durante el proceso textil tan importantes como: comportamiento en el proceso de hilatura, regularidad de los hilos, distribución de fibras en la mezcla, brillo de hilos y tejidos, absorción del colorante, dependiendo de la finura da intensidades diferentes.
Rizado	Frecuencia, forma y amplitud. Son las ondas o dobleces que se suceden a lo largo de la longitud de la fibra. Los parámetros que la determinan son: - La forma: bidimensional (diente de sierra) o tridimensional (muelle) - La frecuencia: Nº de ondulaciones por unidad de longitud. - La amplitud: distancia entre los picos de una onda completa. El rizado influye en la voluminosidad y en el tacto del tejido. La lana y el algodón poseen el rizado por naturaleza. El rizado aumenta la cohesión, la elasticidad de volumen, la resistencia a la abrasión y la conservación del calor en los hilados; en cambio reduce el brillo.
Forma de la sección transversal	Es una propiedad geométrica que influye en otras propiedades como el brillo, volumen, tacto, rigidez de la torsión, etc. Se distinguen 3 zonas en la Sección Transversal de una fibra natural: -piel o cutícula, cuerpo principal, núcleo (hueco o no). Al examinar estas secciones, es importante la presencia de pequeñas cavidades y las características de la superficie lateral de la fibra (estriada, lisa).

2.2.2. Propiedades químicas

Resistencia a tratamientos ácidos, álcalis, acción de la intemperie: luz solar, agua. Acción de insectos y microorganismos. Protegidos de las polillas e insectos que atacan a los tejidos. Con la nanotecnología se han desarrollado en los tejidos nuevas propiedades. Algunos los llaman "smart textiles" que en español es lo mismo que textiles inteligentes. Algunas propiedades nuevas de los textiles son:

Tabla 2.1. Propiedades químicas de las fibras textiles^[5]

Antimicrobianos	No permiten desarrollar olor a la transpiración.
Antialérgicos	Especial para personas con problemas de alergias.
Anti- UV	Protectores solares
Luminiscencia	Para seguridad. Brillan en la oscuridad.
Reflectancia	Permiten mimetizarse en el medio exterior. Una especie de camuflaje.
Auto limpiante	Impiden que penetren las manchas.
Micro encapsulado	Mantienen la temperatura corporal.
Materiales que respiran	Impermeables al agua pero que permiten eliminar la transpiración.

2.2.3. Propiedades físicas

Tabla 2.2. Propiedades físicas de las fibras de algodón^[6]

Brillo y color	El algodón es una fibra mate por naturaleza, pero cuando es sometida a mercerizado obtiene brillo.
Térmicas	Acción al calor, tratamientos térmicos, comportamiento al fuego. El grado en que un material textil abriga, esto es resguarda del frío, depende de la conductividad calorífica, capacidad calorífica, aspereza de la superficie y capacidad para encerrar aire y otros gases. La lana, seda, fibras de proteínas y orlón son en este aspecto superiores a todas las demás fibras naturales y sintéticas. Otras propiedades térmicas importantes de los materiales fibrosos son el punto de adherencia, el punto de reblandecimiento o de fusión y la fragilidad en frío. Los puntos de adherencia de algodón, rayón viscosa, lana, seda, nylon y orlón están bastante por encima de 200 °C y no provocan muchas dificultades en el planchado. El punto de fusión de un buen polímero para la formación de fibras debe ser bastante superior a 300 °C. La mayoría de las fibras, con la posible excepción del vinyon y el acetato de celulosa, son lo suficientemente flexibles a menos de 50 °C.
Eléctricas	Diferencia de polaridad entre la propia fibra que forma dipolos que se atraen entre sí.
Superficiales	Comportamiento a la fricción (pilling y abrasión) Hay textiles que con el uso diario desprenden una pequeñas motas a esto se le llama pilling.
Mecánicas	Comportamiento a tracción, a torsión y a flexión En el caso del algodón, la calidad se valora por sus propiedades físicas, tales como capacidad de hilado, resistencia a la rotura, elasticidad y la capacidad de torsión.
Propiedades de absorción	Una propiedad importante de las fibras textiles es la absorción de agua, ya sea en equilibrio con la humedad relativa de la atmósfera a una temperatura dada. Algunos materiales como el nylon y el orlón tienen una afinidad bastante baja para el agua.

2.3. CLASIFICACIÓN DE LAS FIBRAS TEXTILES

La clasificación concreta de las fibras textiles se divide en tres áreas:^[7]

- Las de origen natural: Entre estas la vegetal, animal y mineral.
- Las artificiales: Por ejemplo la viscosa.
- Las sintéticas: Poliésteres (PES), Poliamidas (PA).

Tabla 2.3. Clasificación de las fibras textiles^[7]

Origen Natural	Origen Animal (Proteicas)	Lana	Merino, Corriedale, Lincoln, Romey Marsh
		Pelos	Cabra, Camélidos, Angora.
		Seda	Bombix Mori, Tussah
	Origen Vegetal (Celulósicas)	Fruto	Algodón, Coco, Kapoc.
		Tallo	Lino, Yute, Cáñamo, Ramio.
		Hoja	Sisal, Formio, Abacá, Esparto.
Origen Mineral (Inorgánicas)	Amianto, Asbesto, fibra de vidrio, fibra cerámica		
Artificiales	Proteicas	Caseína, Lanital.	
	Celulósicas	Rayón Viscosa y Tencel, Rayón acetato, Rayón Cuproamonio, Rayón Nitrocelulosa, Rayón Triacetato.	
	Minerales (inorgánicas)	Asbesto, Fibra de Hilo metálico.	
Sintéticas	Monocomponentes	Poliamida, Fibras Poliéster, Poliacrílico, Fibras Modacrílicas, Fibras Olefinicas, Fibras Spandex, Fibras Aramídicas.	
	Bicomponentes	Fibras Poliéster, Fibras Acrílicas, Fibras Olefinicas, Fibras Poliamídica.	
	Microfibras	Fibras Poliamídicas, Fibras Poliéster, Fibras Acrílicas	

2.3.1. Fibras naturales^[8]

a) **El Algodón:** es una fibra vegetal que crece en forma de borras blancas y suaves que van adheridas a las semillas de la planta de algodón. Las prendas fabricadas con fibra de algodón son muy frescas, suaves y cómodas. Por esta razón, se utilizan mucho en tiempos de calor. El Algodón es usado para hacer blusas, shorts, bermudas, chaquetas, pantalones, etc. Se utiliza también en la fabricación de cubrecamas, almohadas, cortinas y tapetes. Propiedades:

- Es suave y confortable

- Se arruga con facilidad
- Absorbe la transpiración rápidamente
- Retiene muy bien el color y es muy bueno para pintar en él.
- El algodón además es fuerte y durable.



Figura 2.1. Fibra natural del algodón.

b) La Lana: La mayor parte de la lana que utiliza la industria textil proviene de las ovejas. Países como Australia, Nueva Zelanda, África y Argentina son grandes productores de lana. La lana es una fibra muy útil, ya que abriga, se estira y es capaz de absorber agua si dar la sensación de humedad. Es especialmente usado para chompas, vestidos, sacos, pantalones y el revestimiento interior de las botas; además se puede usar para tapetes y frazadas, etc. Propiedades:

- Absorbe la humedad
- No se quema al estar expuesto a una flama pero si arde
- Es ligero y versátil
- La lana no se arruga fácilmente
- Resiste la suciedad, no se desgasta ni desgarrar con facilidad.



Figura 2.2. Fibra natural de la lana.

- c) **La seda:** El gusano de seda se envuelve con un hilo resistente y brillante que llamamos seda. La seda es usada para hacer blusas, vestidos, chalinas, pantalones, corbatas; también en cortinas, cobertores de sofá, etc.



Figura 2.3.a. Fibra natural de la seda.

La seda es una proteína. Su molécula está constituida por monómeros aminoácidos, que a su vez contiene grupos amino y carboxilo. Los dos grupos se hallan unidos entre sí mediante un carbono:



Figura 2.3.b. Estructura química del monómero aminoácido.

Estos aminoácidos se polimerizan de tal modo que el grupo amino de uno se condensa con el grupo carboxilo del siguiente, de este modo la estructura de la seda es la siguiente:



Figura 2.3.c. Estructura química de la seda.

Podemos observar que el biopolímero de la seda tiene como grupo funcional una amida, por tanto tendremos una poliamida. Propiedades:

- Es versátil y confortable
- Absorbe la humedad
- Es fresco para el verano y también cálido para el invierno.
- Seca con facilidad
- Mantiene su forma y es relativamente liso
- Tiene una pobre resistencia a la exposición al sol

- Es la fibra natural más fuerte y brillante.

2.3.2. Fibras artificiales^{[8],[9]}

Las fibras artificiales más importantes son las manufacturadas a base de polímeros celulósicos y, de entre ellas, destacan el rayón, el acetato de celulosa, el triacetato de celulosa, la cuprocelulosa, la viscosa y la fibra modal. Entre las procedencias de los polímeros proteicos cabe citar la caseína, la del cacahuete y la del maíz. De otros polímeros, únicamente el alginato tiene producción considerable. Entre la más importante tenemos:

- a) **Rayón:** Es una fibra manufacturada a partir de la celulosa regenerada, en la cual se ha substituido no más de un 15 % del que contiene. Para fabricar el rayón, la celulosa purificada, se convierte a través de un proceso químico, en un compuesto soluble. Esta solución se transforma en filamentos suaves, que luego se regenera como celulosa casi pura. Debido a esta conversión, al rayón se le denomina: Fibra de celulosa regenerada.

La celulosa purificada para producir rayón, proviene de la pulpa de madera procesada. Es conocida como celulosa disolvente para diferenciarla de las pulpas que se utilizan en la fabricación de papel.

Actualmente existen varios tipos de fibra de rayón que se utilizan comercialmente. La más conocida de estas fibras es la viscosa. Este nombre proviene de la alta viscosidad de la solución de celulosa. Siguiendo las etapas del gusano de seda, primero se hace el líquido viscoso de la siguiente manera:^[9]

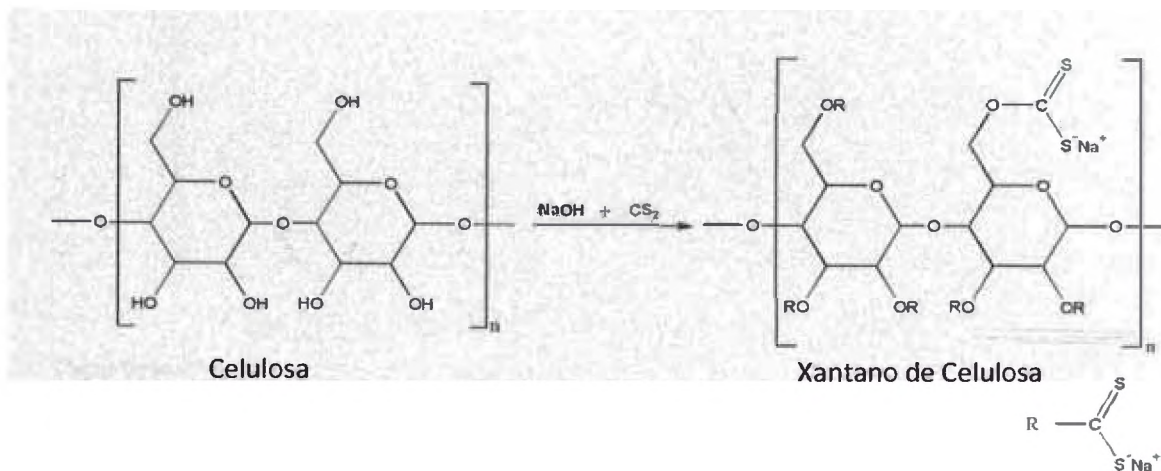


Figura 2.4. La celulosa se trata con un álcali y disulfuro de carbono para producir el Xantano de celulosa.^[9]

En la siguiente etapa se introduce el Xantano de celulosa a través de unos orificios. Por último se solidifica lo que sale de los orificios haciéndolo pasar por una solución de ácido sulfúrico.

Propiedades:

- Es similar al algodón pero de inferior calidad.
- Es más elástica que las fibras vegetales pero menos que las animales.
- Tiene gran poder de absorción de agua, produciendo hinchamiento de las fibras y reduciendo elasticidad en el tejido.
- La retención de agua puede llegar al 90 o 100 % del peso de la fibra en seco. Es sensible a los ácidos y a los álcalis.
- Húmeda es poco resistente y los colores poco sólidos.

b) Acetato de Celulosa: Es la primera fibra artificial celulósica y una de las más utilizadas. Se fabrica a partir de la celulosa extraída de la madera y se presenta en forma de filamentos continuos (rayón viscosa) o de fibra discontinua (fibrana). Se obtiene por la acción de un ácido sobre la celulosa (que proviene de la pelusilla que recubre las semillas del algodón).

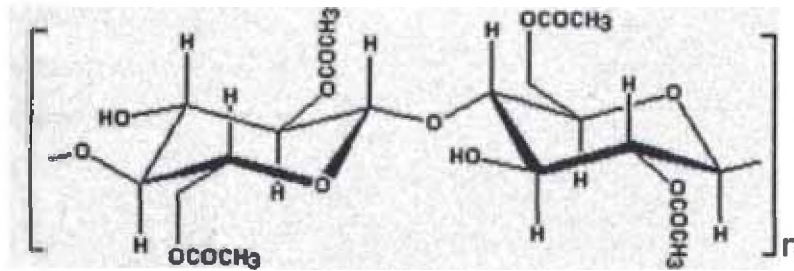


Figura 2.5. Estructura química del acetato de celulosa.

Propiedades:

- Puede obtenerse con un aspecto brillante, muy parecido al de la seda.
- Es prácticamente inarrugable.
- Sensible a los ácidos y a los álcalis.
- Es más elástico que las fibras vegetales pero menos que las animales.
- Retiene entre 20 - 25 % de su peso en agua.
- Arde produciendo un característico olor a vinagre, desprendiendo gotas que se solidifican al dejar de arder.

c) **Modal:** Fibra de similares características que la viscosa pero de elevada resistencia a la rotura sobre todo en húmedo.

2.3.3. Fibras sintéticas^[9]

Las fibras naturales nos proporcionan textiles cómodos de usar, pero poseen algunas desventajas. El algodón se arruga fácilmente, la lana tiende a encogerse, y uno de ellos es muy resistente. Las fibras artificiales se utilizan en la fabricación de ropa fácil de lavar, que no se arruga ni se encoge y es más barata. No es ropa tan cómoda como la de algodón, seda o lana, pero es excelente en el uso diario.

Las fibras artificiales se pueden hacer con sustancias químicas que se obtiene de materiales como la madera, el carbono y el petróleo. Algunas de estas fibras, como el nylon, poliéster y acrílico, se obtienen del carbón y el petróleo; la viscosa y el acetato se obtiene de las madera.

a) **Nylon:** Es un polímero artificial que pertenece al grupo de las poliamidas. Se genera formalmente por policondensación de un diácido con una diamina. La cantidad de átomos de carbono en las cadenas de la amina y del ácido se

puede indicar detrás de las iniciales de poliamida. El más conocido, el PA6.6 es por lo tanto el producto formal del ácido butandicarboxílico (ácido adipínico) y la hexametildiamina.

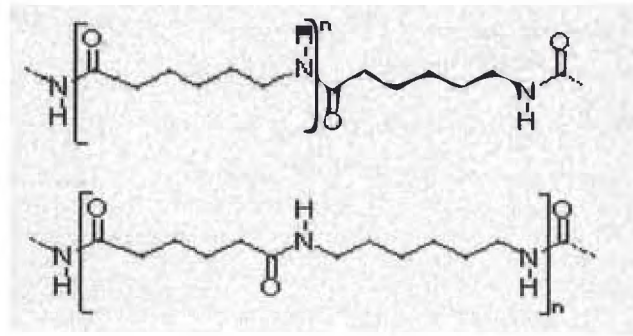


Figura 2.6. Nylon 6 (arriba) y nylon 6,6 (abajo), mostrando la dirección de los enlaces peptídicos, única diferencia estructural entre ellos.

El Nylon es usado para hacer shorts, ropa de invierno, ropa de deporte. Se puede usar en ropa de combate, corbatas, paraguas, etc.

Propiedades:

- Es fuerte y elástica.
- Es fácil de lavar.
- Seca rápidamente.
- No se deforma
- Es resistente y responde bien al calor

b) Poliéster: El poliéster ($C_{10}H_8O_4$) es una categoría de polímeros que contiene el grupo funcional éster en su cadena principal.

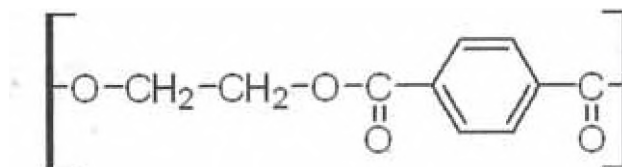


Figura 2.7. Estructura química del poliéster.

Los poliésteres que existen en la naturaleza son conocidos desde 1830, pero el término poliéster generalmente se refiere a los poliésteres sintéticos (plásticos), provenientes de fracciones pesadas del petróleo.

Los hilos de poliéster son usados en muchas formas de ropas como camisas, shorts, pantalones, etc. Se puede usar también para hacer cortinas.

Propiedades:

- Son fuertes y resistentes.
- No se arruga con facilidad.
- Es fácil de lavar
- Seca rápidamente.
- No se deforma con facilidad.

2.4. EL ALGODÓN

2.4.1. Información botánica

El algodón es una planta del género botánico *Gossypium*, es miembro de la familia de las malváceas, está relacionado con la malvarrosa, y el okra. Se conoce más de 30 especies (*Gossypium hirsutum* L., *G. barbadense* L., *G. arboreum* L., entre otras). El algodón, como planta de cultivo tropical, procede de varios centros de origen (el Sur de África, el área del Sur de Asia, y Perú). Hay especies anuales, plurianuales y perennes. Su flor es de color amarillo, blanco y rojo púrpura, y es de autofecundación.^[10] Cada fibra es una planta que se desarrolla como una elongación en la capa o epidermis externa de la vaina del algodón. Los cabellos de la vaina son llamados pelusa. Un crecimiento secundario de pequeñas fibras acompaña el crecimiento de la pelusa del algodón. Estas fibras que son muy pequeñas para girar en el hilado se llaman pelusitas.

2.4.2. Variedades y países productores

A lo ancho del mundo se cultiva aproximadamente 33 millones de hectáreas de algodón. Las especies económicamente más importantes son *Gossypium hirsutum* y *Gossypium barbadense*.^[10]

Gossypium hirsutum:

- Algodón de tierras altas
- 80 a 90 % de participación en el mercado mundial
- Fibras de corta a mediana longitud (2-3 cm; variedad de fibra mediana)

Gossypium barbadense:

- Algodón de Sea Island
- 10 a 20 % de participación en el mercado mundial
- Fibras de alto valor de longitud hasta muy larga (3-4 cm; variedades de fibra larga)

Además está el *Gossypium herbaceum*, que es anual, o el algodón arbustivo perenne *Gossypium arboreum*, que producen longitudes de fibra de 1,8 a 2,2 cm. Las variedades de fibra larga se cultivan sobre todo en Egipto y Perú. Las variedades de fibra mediana en los Estados Unidos, las variedades de fibra corta en Asia. El *G. barbadense*, a causa de su mayor duración vegetativa, con frecuencia está expuesto a una mayor presión de plagas que el *G. hirsutum*, que madura esencialmente más rápido (algunas variedades ya a los 150 días). Hay también variedades de algodón con fibras coloreadas, que se ha conseguido cruzando variedades silvestres (del Perú) con las variedades de cultivo, los cuales encuentran cierto interés en el ámbito de los textiles naturales. Hasta ahora se ha cultivado predominantemente variedades de color café, verde y beige. El cultivo ecológico del algodón ha encontrado hasta ahora su mayor expansión en los Estados Unidos (aprox. 4000 ha). Hay también proyectos algodoneiros ecológicos en Egipto, Argentina, Brasil, Grecia, India, Nicaragua, Paraguay, Perú, Tanzania, Turquía y Uganda.^[10]

2.4.3. Formación del algodón

El algodón es una fibra de semilla que da como fruto unas cápsulas las cuales están divididas en 3, 4 ó 5 lóbulos cada uno de los cuales tiene 5 a 10 semillas cubiertas de una fibra blanca, generalmente ligeramente amarillenta o en algunos casos verdes, palo rosa, beige, los llamados colores ecológicos, dependiendo del lugar en que son cultivadas; al llegar a su completa madurez la capsula se abre y el algodón junto con la semilla se desprende, anteriormente el recojo se realizaba a mano; esta operación era larga y costosa. En la actualidad se realiza con maquinas. Del sistema de recojo, de la calidad de la tierra, de los fertilizantes usados, del clima entre otros depende de la calidad del algodón. Después de pasar la semillas por un sistema de limpieza en las que se las separa del polvo de los restos de capsulas y otras materias extrañas, se someten a un desfibrado. Para separar las fibras muy cortas de 1 – 6 mm a estas fibras se le denomina Linters y que las recubren, estas no son hilables, se aprovechan para otras aplicaciones (algodón hidrófilo y papel). En la operación de arrancar las semillas se debe tener cuidado de no arrancarlas con porciones de semillas pues es un serio inconveniente en los procesos siguientes. A la fibra obtenida ya limpia, se procede a embalarla por medio de potentes prensas hidráulicas.^[8]

En base al estado de las paredes celulares de la fibra (espesor de la pared) se puede distinguir los siguientes tipos de fibras:^[8]

- Fibras maduras: Fibras completamente desarrolladas que al abrir las capsulas han completado su crecimiento. Presentan una sección arriñonada y algunas vueltas de torsión.
- Fibras inmaduras: Fibras en las cuales ha parado su desarrollo en el inicio de su crecimiento ya que han sido recogidas antes de su completa madurez. Casi no tiene torsión y tienen forma aplastada.
- Fibras muertas: Fibras que están muertas antes del inicio de crecimiento del espesor de las paredes primarias.

Las fibras inmaduras son más difíciles de teñir que las maduras ya que su afinidad tintórea es menor. Las fibras muertas, aparecen normalmente sin teñir para poder

superar en lo posible este inconveniente, es necesaria una buena elección de colorantes en el momento de la tintura.

2.4.4. Tipos de algodón

Muchas especies son incluidas dentro del género *Gossypium*, y cada especie de algodón, incluye muchas características que podrían producir diferentes resultados bajo varios campos y condiciones climáticas. Robert Merkel, comparó estas diferencias con aquellas que han sido vistas en las uvas de vino, que crecen en diferentes climas y suelos.

Las fibras de algodón son clasificadas algunas veces de acuerdo a la longitud a la cual crecen. Las fibras largas comandan mayores precios puesto que también son las más finas. Las clasificaciones más importantes son:

- Fibras cortas: de 3/8 a 3/4 de pulgadas de longitud. Las fibras pequeñas provienen de especies asiáticas de algodón, que son cortas y gruesas.
- Fibras intermedias: de 13/16 a 5/4 de pulgada de longitud. Esta variación conocida como American Upland es de longitud y grosor intermedio. Esta fibra crece principalmente en Estados Unidos.
- Fibras largas: de 3/2 a 5/2 de pulgada. Esta incluye variedades conocida con Sea Island, Egipto y pima (Egipcio-Americano), y todas estas son usadas por fábricas de algodón de muy buena calidad. Las fibras peruanas y brasileñas también entran en esta clasificación.

Sin embargo la variedad peruana conocida como tanguis, tiene una encrespadura leve y una sensación más áspera, algo así como la lana, con las que a veces es mezclado.^[11]

2.4.5. Partes de la fibra de algodón

Las siguientes son las partes que nos muestra un corte transversal de la fibra de algodón.^{[8], [12], [13]}

- a) **Cutícula:** Capa que envuelve a la fibra, constituida de aceites y grasas, lo que le hace repelente al agua. Esta fase amorfa está formada por hemicelulosas,

polisacáridos no celulósicos (xilana, glucana, galactana, manana, fructana), compuestos pécticos y glucoproteínas. Puede lignificarse. Las hemicelulosas revisten las fibrillas de celulosa y cristalizan con ella, uniéndolas. Los mucílagos de la pared celular (por ejemplo del episperma de *Linum*) son especialmente ricos en polisacáridos no celulósicos. Los compuestos pécticos están formados por moléculas de ácido péctico unidas entre sí mediante puentes de Ca^{2+} tal como se observa en la figura 2.8. Las proteínas de la pared son ricas en los aminoácidos serina e hidroxiprolina, y están ligadas con azúcares como arabinosa, glucosa y galactosa. Se cree que dichas glucoproteínas actúan como elementos estructurales, porque forman cadenas que pueden ligar entre sí otros componentes.

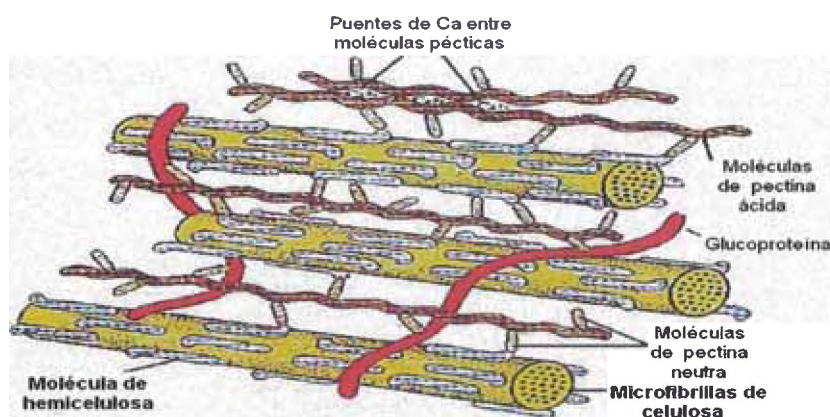


Figura 2.8. Componentes formados por la pared celular de la fibra de algodón.

- b) **Pared primaria:** Pare que sirve de protección de la fibra. En la pared primaria las fibrillas están entrelazadas, dispuestas aparentemente al azar.



Figura 2.9. Vista microscópica de la pared primaria.

- c) **Pared secundaria:** Es el cuerpo de la fibra compuesto por celulosa y responsable de sus propiedades químicas y físicas. En la pared secundaria las fibrillas están dispuestas paralelamente.



Figura 2.10. Vista microscópica de la pared secundaria.

Tanto como en la pared primaria y secundaria las fibrillas están formadas por celulosa, polisacárido cuyas moléculas son cadenas lineales de glucosa (unidas por enlaces β 1-4) que pueden alcanzar 4 μm de longitud. Éstas se combinan en una disposición muy ordenada (mediante puentes de hidrógeno) que le otorga propiedades cristalinas, formando fibrillas elementales que se reúnen en micro fibrillas visibles con microscopio electrónico como se observa en la figura 2.11:

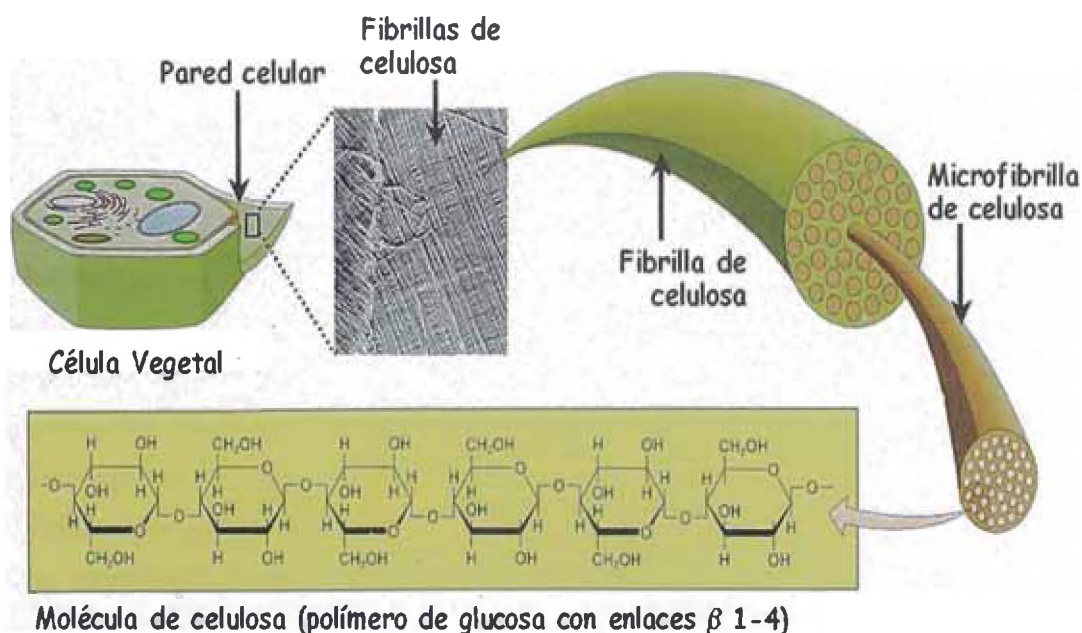


Figura 2.11. La Celulosa.

- d) **Lumen:** Es la cavidad celular limitada por las paredes. Tiene un diámetro que varía de acuerdo a la madurez de la fibra.

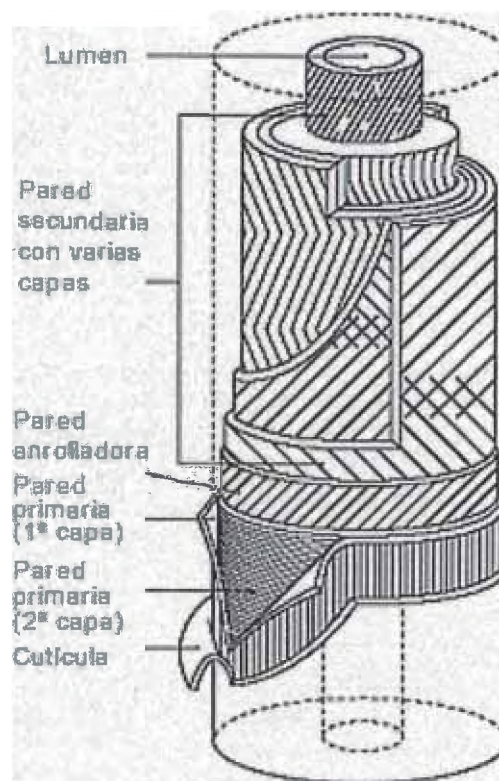


Figura 2.12. Diagrama de las capas de la pared celular de una fibra de algodón.

2.4.6. Propiedades físicas del algodón^[8]

- a) **Color y brillo:** El algodón nunca se presenta totalmente blanco, sino con una coloración más o menos crema. Es más bien mate, poco brillante, pero cuando se presenta con algodón de brillo es más apreciado. Su coloración varía según su procedencia o variedad, así los algodones de la india se presentan como un blanco sucio o amarillento o algunas veces con pequeñas porciones rojizas; los algodones de América son los más blancos, variando en su intensidad; el algodón de Egipto a excepción de la variedad de abasí que es blanco tiene un color mantecoso hasta un tono moreno. Si tenemos un algodón de diferentes regiones, también variara, más aun en una misma zona, si esta está en llanura ó altura. El color natural cremoso de los algodones convencionales puede ser modificado por una excesiva acción de la intemperie por el polvo y la suciedad para dar una coloración gris. Pero esto no tiene mucha importancia, puesto que el algodón se deja blanquear perfectamente y con relativa facilidad.

- b) Madurez:** Su madurez natural lo alcanza cuando el número de capas secundarias concéntrico en la fibra está entre 25 y 40.
- c) Finura:** La finura de las fibras de algodón, varía entre 1 y 4 dtex, la más frecuente esta 1.5 y 2 dtex. La finura de la fibra es una de las características del algodón que influyen para determinar las posibilidades de hilatura. Solo los algodones más finos pueden ser utilizados en la fabricación de hilos de títulos menores (40/1, 60/1).
(dtex = masa en gramos por cada 10 000 metros de fibra)
- d) Longitud:** La longitud varía entre 10 y 60 mm la longitud más frecuente está entre 25 y 30 mm. Uno de los algodones de longitud más largo es el egipcio, le sigue el Sea Island, el peruano, el indio.

2.4.7. Composición del algodón^{[14]. [15]}

El mayor constituyente del algodón es la celulosa. Desde el punto de vista bioquímico, la celulosa $(C_6H_{10}O_5)_n$ con un valor mínimo de $n = 200$, es un polímero natural, constituido por una larga cadena de carbohidratos polisacáridos.

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

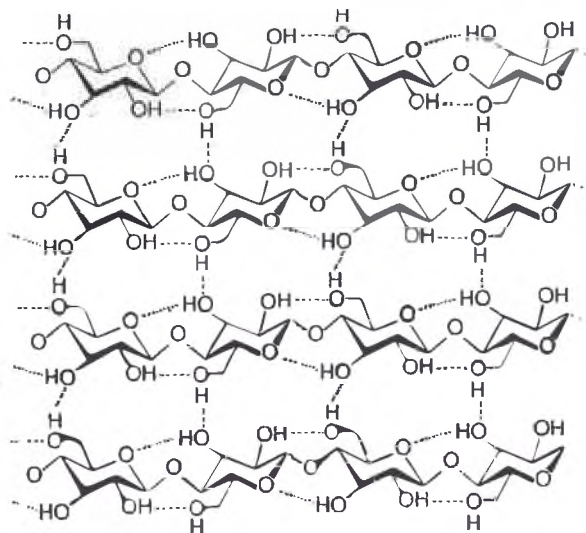


Figura 2.13. Enlaces de hidrógeno entre cadenas contiguas de celulosa.

La celulosa tiene una estructura lineal o fibrosa, en la que se establecen múltiples puentes de hidrógeno entre los grupos hidroxilo de distintas cadenas yuxtapuestas de glucosa, haciéndolas muy resistentes e insolubles al agua. De esta manera, se originan fibras compactas que constituyen la pared celular de las células vegetales, dándoles así la necesaria rigidez.

El algodón crudo contiene de 10 a 15 % de impurezas naturales como: Pectinas, ceras, grasas, calcio, magnesio, proteínas, etc. Los tejidos crudos contienen también de 8 a 12 % de encolantes y auxiliares de encolantes. Tenemos entonces aproximadamente entre 18 a 27 % de impurezas que eliminar, dependiendo del tipo de algodón y su procedencia.

Las ceras están alojadas en la pared primaria de la fibra de tal manera que no se deja mojar fácilmente, y por consiguiente los productos y/o colorantes disueltos en una solución acuosa no penetran fácilmente y darán como resultado una distribución lenta y desigual. Así pues el algodón crudo flota en agua por varios días, mientras que el algodón que se le quito la cera se hunde en pocos minutos, esta eliminación se produce durante el descruce en solución alcalina. El contenido de cera, pectina o proteínas aumenta al aumentar la madurez de la fibra. La presencia de la cera es necesaria para una adecuada hilatura ya que lubrica las fibras, disminuye la tendencia a adherirse unas a otras, reduce la fricción del hilo y del tejido.

La composición aproximada del algodón es:^[14]

Tabla 2.4. Composición de la fibra de algodón

Celulosa	80,0 – 85,0 %
Agua	6,0 – 8,0 %
Residuos Pigmentarios	3,0 – 5,0 %
Sustancias Nitrogenadas	1,0 – 2,8 %
Sustancias Minerales	1,0 – 1,8 %
Ceras, Aceites y Grasas	0,5 – 1,0 %
Sustancias Pécicas	0,4 – 1,0 %

- a) **Residuos pigmentados:** Estas se forman como consecuencias de las sustancias nitrogenadas de las ceras y de las sustancias pépticas coloreando de esta forma la fibra. Esta se elimina en parte en el descruado y totalmente durante el blanqueo. También tenemos otras impurezas como son las semillas, las hojas que vienen de la planta, las cuales se van a eliminar mecánicamente durante el proceso de apertura y limpieza.
- b) **Sustancias nitrogenadas:** Estos son compuestos que proceden del protoplasma de la célula, su composición química es de proteínas, aminoácidos y compuestos nitrogenados, contienen nitrógeno en un 0,2 – 0,4 %. Estos se eliminan en baños altamente alcalinos en un 80 – 90 % pero se elimina parcialmente con agua en un 8 – 30 %. Un contenido elevado de nitrógeno favorece la formación de mohos y bacterias. Estas Sustancias nitrogenadas se eliminan con el descruce.
- c) **Sustancia minerales:** Están compuestas de sales solubles en agua, cloruros, carbonatos, fosfatos de sodio y potasio, y sales insolubles de calcio y magnesio. Las primeras se disuelven en agua y las segundas requieren agentes complejantes para su eliminación.
- d) **Ceras, aceites y grasas:** La fibra de algodón contiene ácidos grasos, esterés y alcoholes grasos sulfatados de elevado peso molecular. Los ácidos grasos como el ácido esteárico, ácido oleico, tienen que estar en contacto con una solución altamente alcalina de tal manera que se forme un Jabón saponificando la grasa y emulsificándola del textil hacia el baño, tal como se muestra en la reacción.



Figura 2.14. Reacción de saponificación de un ácido graso.

Los esterés y alcoholes grasos sulfatados de elevado peso molecular también se eliminan en un baño altamente alcalino. Las grasas son derivados del alcohol glicerol trihídrico:

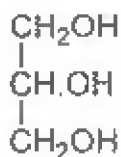


Figura 2.15. Estructura del alcohol glicerol trihídrico.

Cuando los tres grupos hidroxilos se esterifican con ácidos grasos de alto peso molecular, el compuesto formado es una grasa. Los ácidos grasos que se encuentran comúnmente en los productos naturales son:

- Ácido Palmítico $C_{15}H_{31}COOH$ (saturado)
- Ácido Esteárico $C_{17}H_{35}COOH$ (saturado)
- Ácido Oleico $C_{17}H_{33}COOH$ (insaturado)

Los 3 ésteres correspondientes o grasas son: Tripalmitina, Triestearina y trioleína, la fórmula general es:

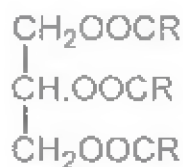


Figura 2.16. Estructura de los ésteres: Donde R puede ser $C_{15}H_{31}$, $C_{17}H_{35}$, $C_{17}H_{33}$.

Las ceras son compuestos formados por la esterificación de los ácidos grasos y alcoholes monohídricos complejos con puntos de fusión altos. Los alcoholes encontrados en las ceras son:

- Alcohol cetílico $C_{16}H_{33}OH$ (en la cera de ballena)
- Alcohol mesitílico $C_{30}H_{61}OH$ (en la cera de abeja)
- Alcohol cerílico $C_{26}H_{53}OH$ (en la cera china)
- Alcohol carnaubílico $C_{24}H_{48}OH$ (en la cera de la carnauba)

e) Sustancias pécticas: Se consideran como polisacáridos y principalmente como sales de ácidos complejos que parecen haber sido formados por oxidación de los carbohidratos. De estas sales las más importantes son la pectosa y la pectina. La pectosa por acción del NaOH pasa a pectina que es soluble en agua caliente y en soluciones alcalinas, ocurriendo las siguientes reacciones:



Figura 2.17. Reacción de la pectosa en medio alcalino.

2.5. FUNDAMENTOS DE COLORIMETRÍA

La colorimetría es la ciencia que estudia la medida de los colores, que desarrolla métodos para la cuantificación del color^[16], es decir la obtención de valores numéricos de este. Es necesario la luz, un objeto y un observador. El estímulo luminoso producto de la reflexión de la luz que ilumina el objeto (o su superficie) dirigida a los ojos del observador se divide en tres sensaciones: Una roja, otra verde y otra azul.^[17]

2.5.1. La percepción del color

La cantidad de tonos que el ojo humano puede distinguir son alrededor de diez millones. No es de extrañar que no podamos recordarlos todos lo suficientemente bien como para identificar un color en particular. Sin embargo, el color, como criterio de calidad, está adquiriendo cada vez más importancia en la industria. Un color uniforme influye en los gustos del cliente (agrada o desagrada dicho color). Esto es de una importancia clave cuando los componentes individuales del producto final son fabricados en diferentes plantas de la empresa, o incluso más complicado cuando están involucrados diferentes proveedores. A pesar de todo, el color debe ser el correcto.

La percepción visual del color se ve influenciada por la apreciación individual de cada persona (estado de ánimo, edad, etc.) y también de las variaciones ambientales como la iluminación y su color e incluso la deficiencia para poder comunicar y documentar el color y sus diferencias. Solamente es posible solucionar estos problemas, con el uso de equipos de medición de color que contengan escalas de color especificadas internacionalmente. Así se garantiza una descripción objetiva del color de los objetos. La percepción del color depende de la interacción de los tres elementos siguientes:^[18]

- Fuente de luz
- Objeto
- Observador



Figura 2.18. Los tres elementos del trinomio: Fuente – Objeto – Observador.^[18]

2.5.2. Descripción de la sensación visual del color

Existen numerosos métodos de descripción de un color pero todos presentan la característica común de la utilización de tres datos para definir un espacio de representación específica de tres dimensiones. En la visión de los colores, la sensación visual interpreta la impresión coloreada según:^{[19], [20], [24]}

- Su tono, tonalidad cromática o matiz (Hue).
 - Su saturación o pureza (Chroma).
 - Su claridad (Lightness).
- a) **El tono, la tonalidad cromática o matiz:** Es el atributo de la sensación visual que ha dado lugar a las denominaciones de color como: violeta, azul, verde, amarillo, rojo, púrpura, etc. Es el elemento psicosenorial que corresponde aproximadamente a la longitud de onda dominante. La representación gráfica de las variaciones de tono puede esquematizarse mediante un círculo, llamado el círculo cromático.^[19]
- b) **La saturación o pureza:** Permite, en la sensación visual, realizar una estimulación de la proporción de color cromáticamente puro (monocromático) contenido en la sensación visual total. A nivel psicosenorial, la saturación define subjetivamente el carácter más o menos coloreado de una fuente luminosa o de la superficie de un objeto por oposición al blanco (acromático) desprovisto por definición de cualquier tono propio. Su variación es lineal entre

el punto neutro y el color puro, es independiente del tono y puede representarse por el radio del círculo cromático.^[19]

- c) **La claridad o luminosidad:** Es el atributo de la sensación visual según el cual un cuerpo puede transmitir o reflejar una fracción más o menos grande de la luz. A nivel psicosensores, la claridad define subjetivamente el carácter más o menos claro de la superficie de un objeto. Su variación lineal es independiente del tono y la saturación.

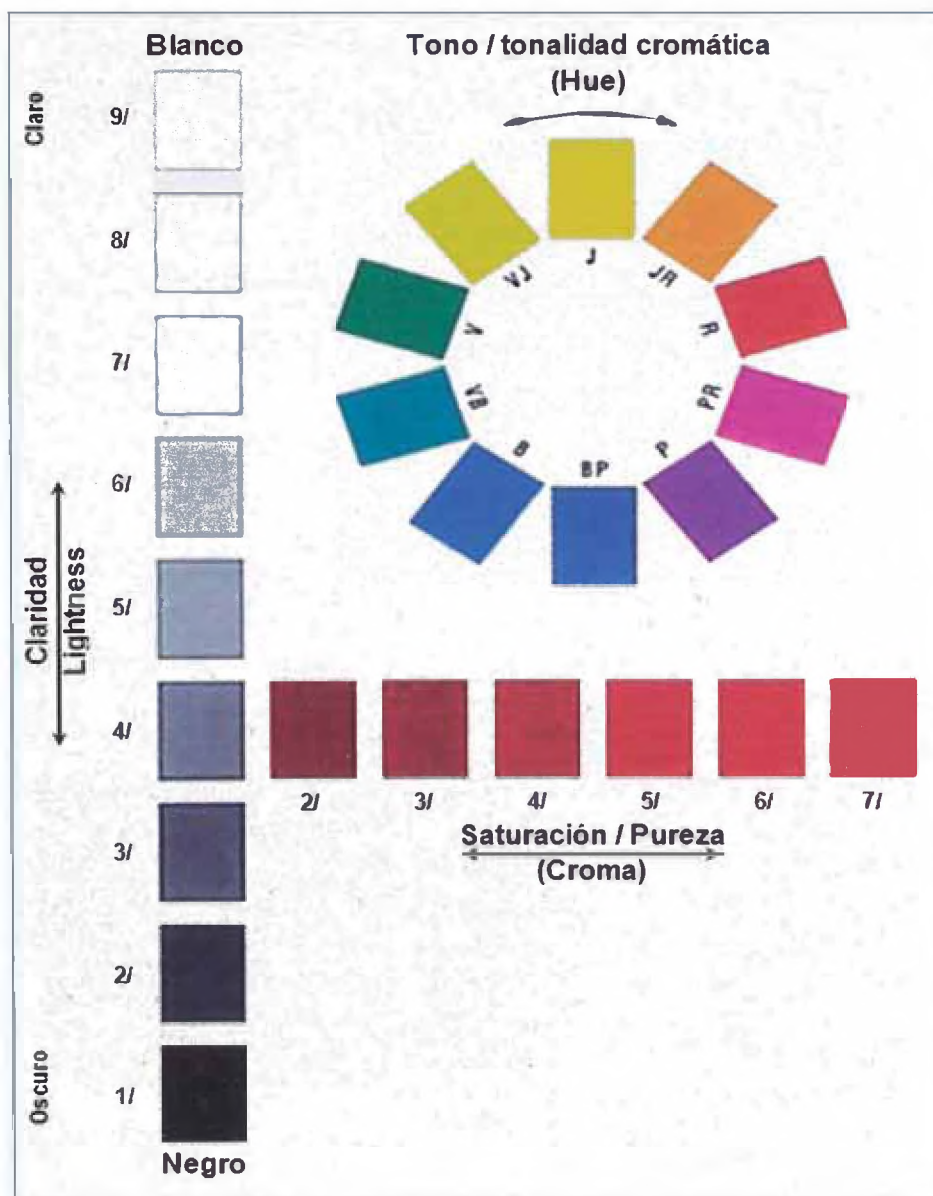


Figura 2.19. Los tres factores de clasificación natural de los colores.^[19]

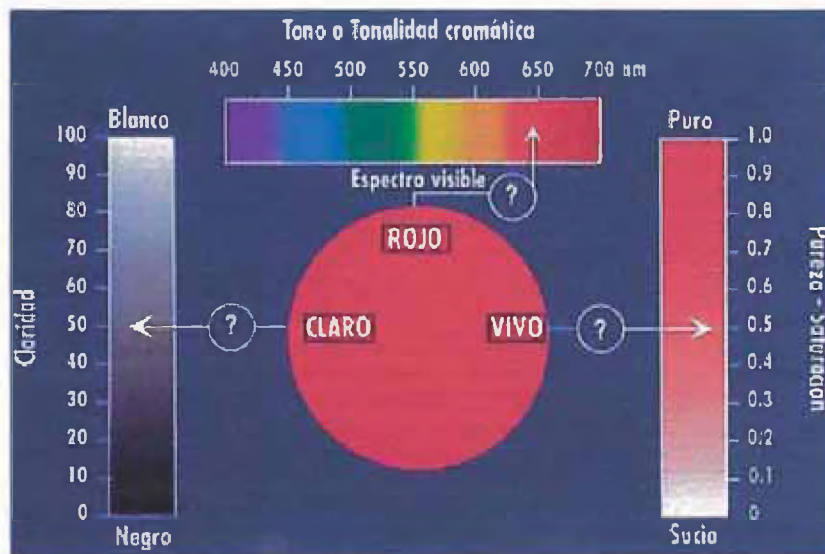


Figura 2.20. Los tres factores de percepción visual: Tono/Tonalidad cromática (Rojo) – saturación / pureza (vivo) – claridad (claro).^[19]

Cada color puede caracterizarse por tres valores y tres valores identifican un solo color, por lo que podemos definir un sistema de representación tridimensional del color.^[19]

2.5.3. Fuente de luz (iluminante)

Los colores cambian según la iluminación. Por ello, hay que definir los tipos de iluminantes a emplear. El requisito para que un iluminante sea usado en la evaluación del color, es emitir una energía continua a través de todo el espectro visible (400 nm hasta 700 nm) figura 2.21.^[18]



Figura 2.21. Luz diurna descompuesta en los colores espectrales (arco iris).

CIE (Comisión Internationale de l'Éclairage), La comisión internacional del alumbrado ha regularizado las fuentes de luz en función de la cantidad de energía

emitida en cada longitud de onda (= distribución relativa de energía espectral). En la actualidad, los iluminantes normalizados más frecuentes con los que se trabaja a nivel instrumental, son:^{[21] [22]}

- Iluminante D65: Luz diurna (Con excitación UV)
- Iluminante C: Luz diurna (Sin excitación UV)
- Iluminante A: Luz artificial
- Iluminante F: Luz artificial
- Iluminante TL84 ó F11: Luz fluorescente
- Iluminante CWF ó F2: Luz fluorescente
- Iluminante UV: Luz Negra Ultra-Violeta.

Tabla 2.5. Descripción de iluminantes normalizados más usados

ILUMINANTE	DESCRIPCIÓN
D65	Representa a la mezcla de la luz diurna con excitación ultravioleta (mezcla de luz solar y cielo nublado). Para hacer esta media mundial de la luz diurna, se tuvieron en cuenta factores como la hora del día, la estación del año, la latitud y el lugar de la medida. La temperatura de color es equivalente al color emitido por un radiador de cuerpo negro cuando calienta a una temperatura específica de 6504 K.
C	Luz diurna media (no incluyendo la región de longitud de onda ultravioleta) con una temperatura de color correlativa de 6774 K. Deberá utilizarse para medir especímenes que sean iluminados por la luz diurna en el rango de longitudes de onda visibles, pero no incluyendo radiación ultravioleta. Actualmente no se utiliza ya que es inadecuada para representar las diferentes fases de luz diurna.
A	Representa una luz de una lámpara incandescente irradiada por un filamento de tungsteno. Es pobre en azules y rica en rojos. Equivale a la luz emitida por el cuerpo negro a una temperatura de 2856 K.
F	Iluminación de Filamento de Tungsteno a una temperatura de color equivalente a la luz emitida por un cuerpo negro a 2800 K. La serie F de iluminantes estándares (de F1 a F12) sirven para estandarizar la radiación emitida por lámparas y tubos fluorescentes.
TL84 ó F11	Lámpara fluorescente trifósforo de banda estrecha. Temperatura de Color Correlacionada 4000 K (Iluminante CIE F11). Es una luz artificial estudiada por Marx y Spencer.
CWF ó F2	Lámpara fluorescente blanco frío de banda ancha. Temperatura de Color Correlacionada 4200 K.
UV	Usada para detectar la presencia de agentes Blanqueantes Ópticos y/o Tintes Fluorescentes. Muy útil para la evaluación de colores blancos, para comprobar el nivel de fluorescencia y su uniformidad.

Diferentes fuentes de luz hacen que los colores parezcan distintos debido a que la distribución espectral de cada iluminante es diferente. En la siguiente figura 2.22 se muestran las distribuciones de potencia espectral característica de cada iluminante.

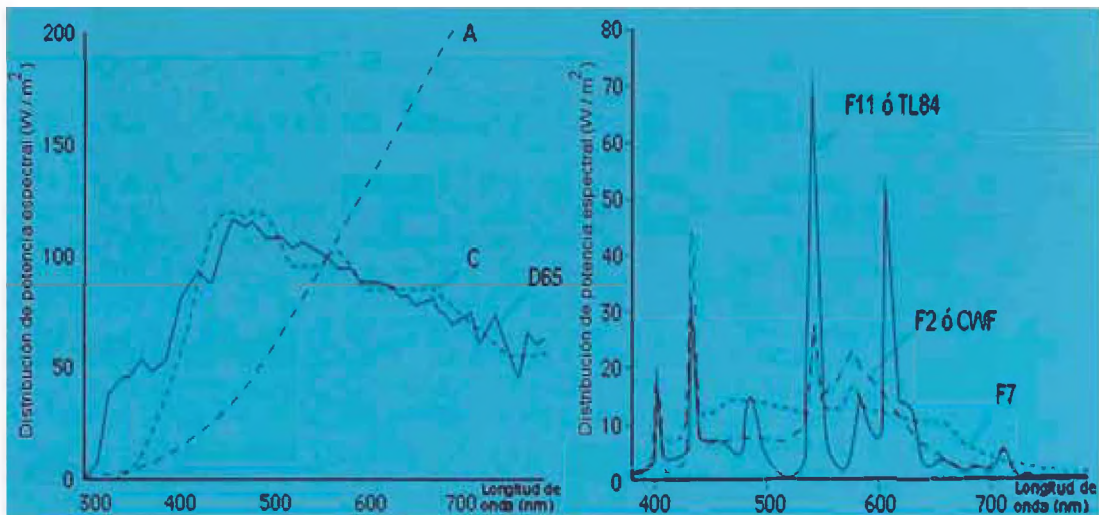


Figura 2.22. Distribución de potencia espectral de iluminantes estándar D65, C, A y de iluminantes fluorescentes recomendados por la CIE (F2, F7 y F11).

2.5.4. Observador

Sin un observador no se puede percibir el color. La luz reflejada desde un objeto coloreado entra a través de la lente del ojo humano y llega a la retina. En ella, se encuentran tres clases diferentes de receptores sensitivos a la luz: uno reacciona a la luz roja, otro a la luz verde y el tercero a la luz azul. Los receptores juntos, estimulan el cerebro para que se produzca la impresión del color.^[18]

Para determinar la sensibilidad de los receptores, CIE realizó en 1931 y 1964 unos ensayos sistemáticos visuales. En base a los resultados, se regularizaron los observadores patrón de 2° y de 10°, los cuales, representan un campo visual pequeño y otro amplio respectivamente.^{[18], [23], [25]}



Figura 2.23. Al observar un objeto, el ojo se integra sobre una superficie amplia, lo cual se correlaciona mejor con el observador de 10°. ^[25]

2.5.5. Objeto

La fuente de luz y el observador están definidos por CIE y sus funciones espectrales están almacenadas en los aparatos de medición de color. Las propiedades ópticas de un objeto son las únicas variables que se necesitan medir. Los equipos modernos de medición de color, miden el porcentaje de luz que se refleja en una muestra coloreada. Esto se realiza en cada longitud de onda y es denominado como "datos espectrales".

Por ejemplo, un objeto negro no refleja ninguna luz a través de todo el espectro (0 % de reflexión), mientras que una superficie blanca ideal refleja casi toda la luz (100 % de reflexión).

Todos los demás colores reflejan la luz solamente en ciertas partes del espectro. Por tanto, cada color tiene su huella típica y específica o mejor dicho su propia curva espectral. En los siguientes gráficos se muestran las típicas curvas espectrales para los colores rojo, azul y verde. ^[18]

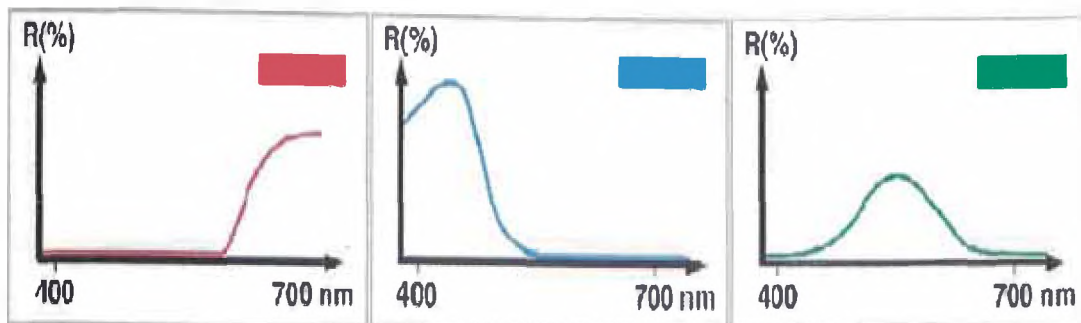


Figura 2.24. Curvas espectrales para los colores Rojo, Azul y Verde.^[18]

2.5.6. Escalas de color

Las escalas de color combinan la información de los tres elementos:

- Fuente de luz o iluminante
- Observador
- Objeto

Ellos forman la herramienta para poder hablar y documentar el color y sus diferencias. El sistema que recomienda CIE, y que hoy día se ha impuesto a escala mundial, es el sistema CIELab. El sistema CIELab aproxima matemáticamente las diferencias percibidas por el ojo humano. Dicha percepción de los colores depende de tres variantes: Tono (matiz), saturación y luminosidad.^{[18],[23]}

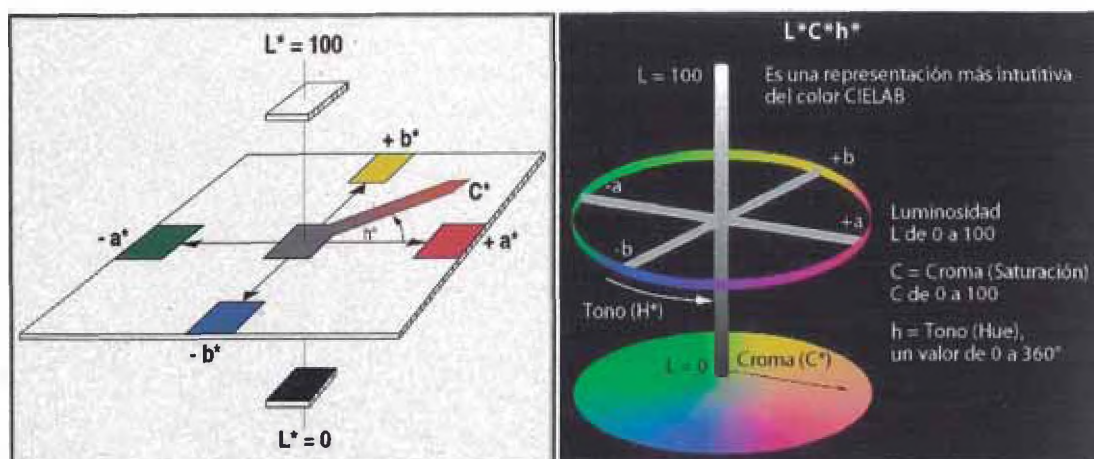


Figura 2.25. Escala de color CIELab y relación espacial entre ejes ordinales y polares del color.^{[18], [23]}

Este sistema consiste en dos ejes a^* y b^* , que se encuentran en ángulo recto y que representan la dimensión del tono de color "Hue". El tercer eje, indica la luminosidad L^* . Este eje es perpendicular al plano a^*b^* . Con este sistema, se puede determinar cada color por las coordenadas L^* , a^* y b^* . Los ejes L^* , a^* , b^* , tienen los siguientes rangos:^{[23], [24]}


- El eje a^* : Representa los colores desde el magenta al verde.
- El eje b^* : Representa los colores desde el amarillo al azul.
- El eje L^* : Representa la distribución en forma cilíndrica de los colores desde el negro al blanco.

Alternativamente, se emplea comúnmente L^* , C^* , h^* , donde C^* (= croma) representa la saturación o intensidad del color; mientras que el ángulo h^* (= hue) es otro termino para expresar el tono real. Para poder suministrar un tono de color siempre constante, hay que establecer un estándar y comparar la producción con dicho estándar: una situación típica entre clientes / proveedores. Por tal razón se comunican siempre diferencias de color y no valores absolutos. Normalmente se recurre a la diferencia de color total ΔE^* , para la representación de los cambios de color.

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

Figura 2.26. Ecuación de la diferencia de color total.^{[18], [23]}

Dos juegos de muestras pueden tener el mismo valor ΔE^* , pero parecer visualmente diferentes.^[18]



	Juego de muestras 1	Juego de muestras 2
ΔL^*	0,57	0,0
Δa^*	0,57	0,0
Δb^*	0,57	1,0
ΔE^*	1,0	1,0

Figura 2.27. Diferencia visual de 2 muestras con igual valor de ΔE^* .^[18]

Para verificar el cambio de color real, habrá que recurrir a las componentes colorimétricas individuales ΔL^* , Δa^* , Δb^* o ΔL^* , ΔC^* , ΔH^* . El cálculo e interpretación de las diferencias se realiza de la siguiente manera:

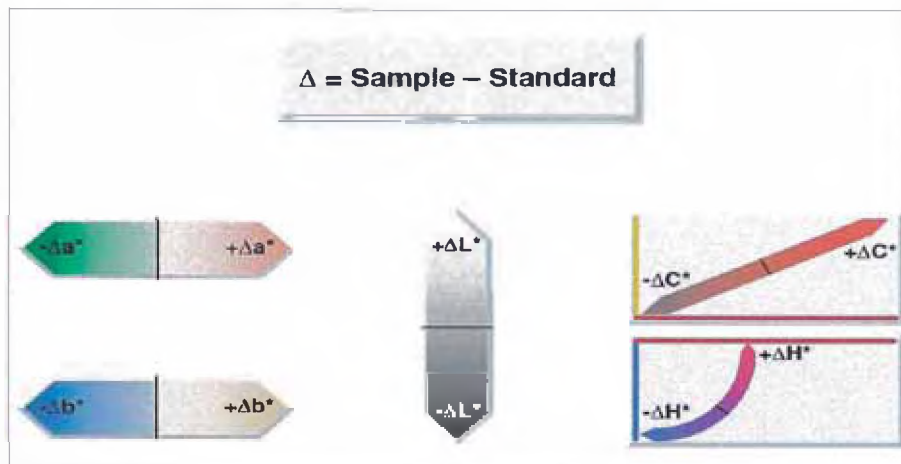


Figura 2.28. Cambio de las componentes colorimétricas individuales.

Los clientes y proveedores se deberán poner de acuerdo en cuáles son las diferencias de color permitidas. Estas tolerancias dependen de las exigencias y de sus posibilidades técnicas.^[18]

2.5.7. Medida del color

La tendencia actual en las relaciones comerciales y los procesos industriales dentro del mundo textil, para determinar o establecer la ΔE , crean la necesidad de una especificación estrictamente objetiva del color. La objetividad de esta especificación exige la eliminación de cualquier alteración incontrolada en las condiciones que puedan influir en la percepción del color (iluminación, entorno, sensibilidad del observador, etc.). Esta medida objetiva del color, solo es posible obtenerla mediante la medida instrumental llamada espectrofotómetro o colorímetro triestímulo. El espectrofotómetro permite obtener la curva de reflectancia espectral (reflectancia en función de la longitud de onda). En colorimetría textil, se considera suficiente la precisión dada por la medida de la reflectancia a 16 longitudes de onda, desde 400 a 700 nm, en intervalos de 20 nm. En general se mide a 31 intervalos centrados en 400 nm, 410 nm, 420 nm,..., hasta 700 nm. Esto se hace pasando la luz reflejada por aparato monocromador que mide la luz en los

intervalos de longitud de onda especificados. Actualmente los espectrofotómetros modernos van equipados con sistemas de iluminación que permiten obtener una medida del color mediante cualquier iluminante normalizado (D65, A, TL84, CWF, etc.) La reflectancia de una muestra se expresa entre 0 y 1 (como una fracción), o entre 0 y 100 (como un porcentaje). Los valores de reflectancia que se obtienen como respuesta son valores relativos y, en consecuencia, no dependen de la cantidad de luz utilizada para iluminar la muestra.^{[22],[26]}

2.5.8. Proceso de medida

La luz procedente de una fuente de iluminación pasa por una serie de filtros correctores y a continuación entra dentro de una esfera donde es reflejada múltiples veces en las paredes interiores de esta, hasta incide de forma difusa sobre la muestra (tejido) que se encuentra colocada en un orificio de la pared de la esfera. La luz reflejada por la muestra es transmitida mediante dispositivos ópticos adecuados, hasta el sistema discriminador y al detector, donde la señal luminosa se convierte en señal eléctrica que adecuadamente tratada por los dispositivos electrónicos del instrumento, se transforma en un valor numérico. Para obtener una buena medida es muy importante el calibrado que se ha de convertir en una operación rutinaria, donde además se ha de controlar periódicamente los estándares blancos, verdes y negros del calibrado.^[27]

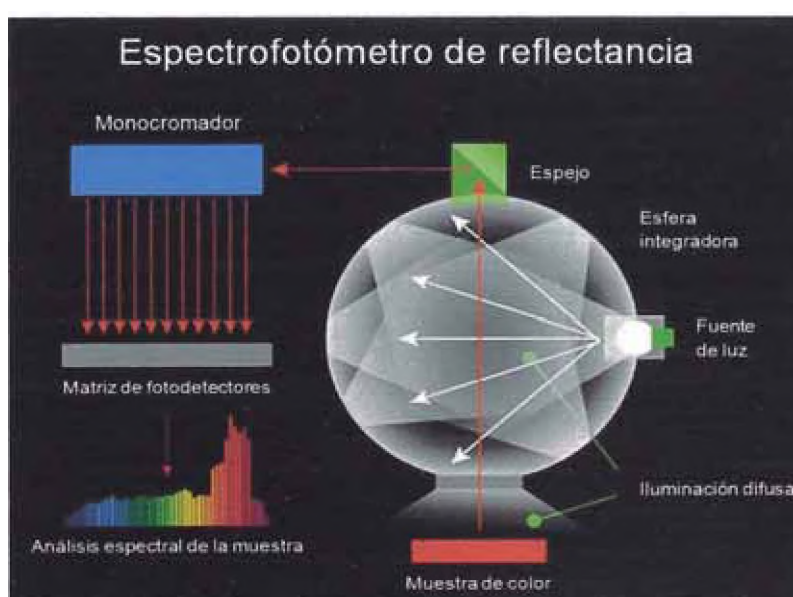


Figura 2.29. Espectrofotómetro de reflectancia.

2.6. TEORÍA DEL COLOR

Aunque los compuestos que presentan coloración pueden tener una estructura química muy variada, todos mantienen en común que son capaces de absorber y emitir radiación en el rango visible (rango de longitudes de onda de (380-750 nm)). Las radiaciones electromagnéticas de mayor o menor longitud no son visibles al ojo humano (tabla 2.6).^[27]

Tabla 2.6. Diferentes tipos de radiaciones electromagnéticas

Regiones del espectro electromagnético	
Radiación	Longitud de onda
Rayos γ	< 10 pm
Rayos X	< 10 nm
Ultravioleta lejano	< 200 nm
Ultravioleta cercano	< 380 nm
Visible	< 750 nm
Infrarrojo cercano	< 2.5 μm
Infrarrojo medio	< 50 μm
Infrarrojo lejano	< 1 mm
Microondas	< 30 cm
Ondas de radio de ultra alta frecuencia	< 1 m
Ondas de radio de muy alta frecuencia	< 10 m
Onda corta	< 180 m
Onda media (AM)	< 650 m
Onda larga	< 10 Km
Ondas de radio de muy baja frecuencia	> 10 Km

El color que presenta una sustancia es realmente el complementario de la radiación que absorbe, ya que corresponde a la radiación que refleja. Así, una sustancia que absorbe radiación correspondiente al color azul ($\lambda = 430\text{-}480\text{ nm}$) tiene color amarillo, mientras que otra que absorbe radiación amarilla, presenta color azul. La

relación entre la radiación absorbida y el color reflejado por una sustancia se muestra en la tabla 2.7.^[27]

Tabla 2.7. Radiación absorbida y color observado

Longitud de onda (nm)	Radiación absorbida	Color observado (complementario)
< 400 nm	Zona UV (incoloro)	Incoloro
400-430	Violeta	Verde-amarillo
430-480	Azul	Amarillo
480-490	Verde-Azul	Naranja
490-510	Azul-verde	Rojo
510-530	Verde	Púrpura
530-570	Amarillo-verde	Violeta
570-580	Amarillo	Azul
580-600	Naranja	Verde-Azul
600-680	Rojo	Azul-Verde
680-750	Púrpura	Verde
> 750 nm	Zona IR (incoloro)	Incoloro

Si el contenido energético de la radiación incidente se corresponde con la diferencia de energía entre un nivel energético ocupado por un electrón y otro vacío, se produce la transición electrónica entre el estado fundamental y el correspondiente estado excitado (figura 2.30.); es decir, la percepción del color está asociada con transiciones electrónicas entre niveles permitidos. Una vez que el sistema vuelve al estado fundamental, mediante diversos mecanismos de relajación, se emite energía, que puede ser en forma de radiación (fluorescencia, color, etc.).

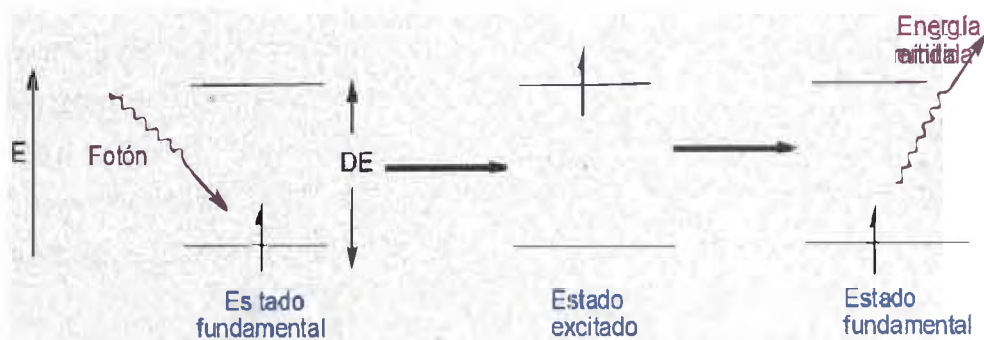


Figura 2.30. Transiciones electrónicas inducidas por la absorción de energía.

En una molécula orgánica, los electrones que participan en las transiciones electrónicas en presencia de luz son los que forman parte de los enlaces (simples, dobles, triples), así como los pares de electrones no compartidos presentes en los heteroátomos (N, P, O, S, halógenos), pero no los electrones más internos, ya que estos requieren una energía mucho mayor para poder ser excitados. Así pues, las transiciones electrónicas que son permitidas por la mecánica cuántica son las que se producen desde orbitales moleculares enlazantes (σ o π) o de no enlace (n) hasta orbitales moleculares antienlazantes (σ^* o π^*), siendo el orden de energía el mostrado en la figura 2.31:



Figura 2.31. Transiciones electrónicas permitidas por la mecánica cuántica.

Como puede observarse en la figura 2.31, ninguna de las transiciones mostradas tiene lugar en la región visible del espectro electromagnético; es decir, cualquiera de estas transiciones darían lugar a compuestos incoloros. No obstante, la existencia de un sistema conjugado en una molécula hace disminuir la energía necesaria para llevar a cabo las transiciones electrónicas. Como consecuencia, si la conjugación es suficientemente extendida, el compuesto absorbe radiación en el espectro visible y, por tanto, es coloreado. De esta manera, los compuestos orgánicos coloreados suelen tener numerosos enlaces múltiples conjugados, anillos aromáticos, grupos hidroxilo, amino, etc.^[27]

2.7. LOS COLORANTES Y SU CLASIFICACIÓN

Un colorante en general se puede definir como cualquiera de los productos químicos pertenecientes a un extenso grupo de sustancias, empleados para colorear tejidos, tintas, productos alimenticios y otras sustancias solubles en medio ácido, neutro o básico, que poseen una estructura molecular no saturada, es decir son electrónicamente inestables y por eso absorben energía a determinada longitud de onda, si fueran estables absorberían todas o rechazarían todas.

En la moderna terminología industrial se amplía el concepto de colorantes a los productos que contienen colorantes orgánicos puros junto con agentes reductores o de relleno que los hacen más manejables (Encarta, 2002). Los colorantes han sido ampliamente utilizados en la preparación de alimentos y bebidas, y siguen siendo a nivel mundial una contribución significativa en la preparación y procesamiento de los mismos. De igual manera, desde la antigüedad, antes del desarrollo de la industria de colorantes de síntesis, el teñido de fibras se hacía con plantas conteniendo colorantes naturales, llamadas especies tintóreas.^[28]


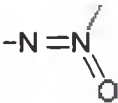



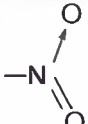

En general todas las moléculas orgánicas absorben radiación electromagnética en más o menos proporción, pero la mayoría lo hacen en las regiones infrarrojas y ultravioleta del espectro, por lo que aparecen incoloras. Pero si una molécula orgánica posee electrones móviles o poco localizados (generalmente electrones π) tiene muchas posibilidades de que estos sean excitados por la baja energía proporcionada por las frecuencias del espectro visible, con la consiguiente aparición del color.^[29]

De aquí que el color en las moléculas orgánicas este asociado, frecuentemente, a la existencia de centros de insaturación (doble o triples enlaces, estructuras quinoides, etc.) o a la posibilidad de resonancia entre dos o más configuraciones moleculares, es decir a agrupaciones de labilidad electrónica acusada.^[29]

2.7.1. Cromóforos

Es todo sistema orgánico con enlaces múltiples y son los grupos responsables de la absorción de la luz. Una relación de los principales grupos cromóforos en orden decreciente (de izquierda a derecha) de su facilidad de excitación (posibilidad de originar color) es la siguiente:^[29]

Tabla 2.8. Principales grupos cromóforos ^[29]

		$-N=O$
Estructura quinoidea	Grupo azoxi	Grupo nitroso
		$-CH=N-$
Grupo tiocarbonilo	Grupo carbonilo	Grupo Azometino
		
Grupo azoico	Grupo nitro	Grupo etileno

En general se necesita más de un grupo cromóforo para que aparezca el color; por ejemplo:

- ❖ La acetona, $CH_3-CO-CH_3$, Es incolora.
- ❖ El diacetilo, $CH_3-CO-CO-CH_3$, Es amarillo.
- ❖ El tricetopentano, $CH_3-CO-CO-CO-CH_3$, Es amarillo anaranjado.

A medida que aumenta el número de cromóforos se intensifica el color. Esto se ve claramente considerando la serie de los difenilpolienos de fórmula general: $C_6H_5(CH=CH)_n C_6H_5$ en los que al aumentar el valor de n intensifica el color como podemos observar en la siguiente tabla 2.9:^[29]

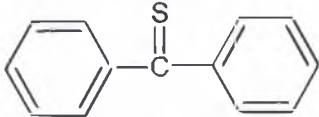
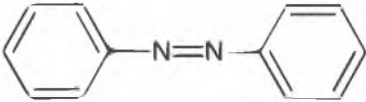
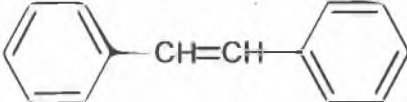
Tabla 2.9. Coloración de los difenilpolienos para diferentes valores de “n” ^[29]

Valores de “ n “	Coloración
1	Incoloro
2	Incoloro
3	Amarillo pálido
4	Amarillo verdoso
5	Anaranjado
6	Naranja pardusco
7	Bronceado rojizo
11	Negro violeta
15	Negro verdoso

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

La excitabilidad de los distintos grupos cromóforos varía mucho; la de los 5 primeros de la serie citada es tal que basta solo uno de ellos para colorear el anillo bencénico (tabla 2.10.). Por ejemplo:

Tabla 2.10. Coloración del anillo bencénico con distintos grupos cromóforos ^[29]

Compuesto	Estructura	Coloración
Tiobenzofenona		Azul
Azobenceno		Anaranjado
Estilbena		Incoloro

2.7.2. Auxóchromos

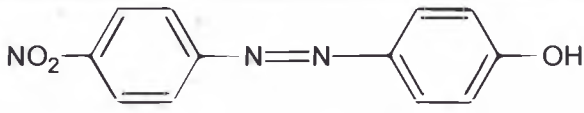
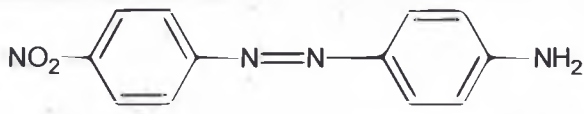
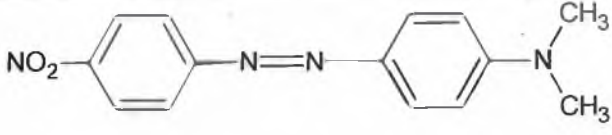
Son ciertos radicales que son capaces de reforzar la acción de un cromóforo. Estos radicales son los responsables de la fijación al sustrato a teñir y son capaces de fijar la molécula del colorante. Un verdadero colorante se adsorbe sobre la fibra que va a teñirse mientras que un pigmento no. Los sustituyentes polares como $-\text{SO}_3\text{Na}$ y $-\text{OH}$ desempeñan un papel primordial fijando la molécula de colorante sobre la superficie de una fibra polar (lana, algodón, nylon) por medio de puentes de hidrogeno. Los sustituyentes denominados auxóchromos pueden exaltar el color de un azo compuesto al aumentar la conjugación. A continuación se señala como más importantes, en orden decreciente de su efecto, a los siguientes.^[30]



Figura 2.32. Grupos auxóchromos más importantes.^{[29], [31]}

También los átomos de los halógenos ($-\text{X}_2$) intensifican el color, decreciendo su efecto del yodo al cloro. La magnitud de la eficiencia de los auxóchromos se demuestra en los siguientes compuestos:

Tabla 2.11. Cambio de coloración de la estructura con diferentes sustituyentes auxóchromos^[29]

Estructura	Coloración
	Amarillo
	Rojo Amarillento
	Rojo oscuro

En un anillo bencénico que contenga un cromóforo, la posición de un grupo auxóromo en orto o en para tiene un efecto mucho más notable que en la posición meta, que apenas ejerce influencia cromática.^[29]

Los grupos auxóromos le da propiedades particulares a los colorantes como es el caso del grupo sulfónico ($-\text{NaSO}_3$) es especialmente importante, porque aumenta la solubilidad del compuesto colorante en el agua y en parte su solidez a la luz; los grupos cloro, bromo e iodo también actúan por que transmiten la solidez a los colorantes.^[32]

El grupo sulfónico, carboxílico y el hidroxílico dan carácter aniónico a la molécula del colorante, mientras que el amínico le proporciona un carácter catiónico. Aunque hay colorantes que presentan aminas y por lo tanto tienen su parte básica en la molécula, entonces depende a qué pH los usemos, son anfóteros, o sea pueden ser catiónicos o aniónicos.^[32]

2.8. CLASIFICACIÓN DE LOS COLORANTES

Se pueden clasificar en 2 grupos:

- Colorantes naturales.
- Colorantes artificiales.

2.8.1. Colorantes naturales

Los colorantes naturales se pueden clasificar de diferentes formas:

- Por sus características físicas.
- Por su composición química.
- Por el tipo de teñido, etc.

2.8.1.1. Por sus características física.

Tabla 2.12. Características físicas de los colorantes naturales^[33]

Clasificación de los colorantes naturales por sus características físicas	
Colorantes Directos	Son los grupos de colorantes de antocianina, carotinoide derivados de la calcona. Los colorantes son obtenidos de una solución acuosa y esta extracción se usa directamente para teñir o pintar en frío o en caliente. A veces se usa sustancias auxiliares como ácidos o sales. Como ejemplo tenemos la flor de cártamo, cúrcuma, azafrán, cempaxúchitl, etc.
Mordentados	Este tipo de colorantes no tiene por sí mismo el poder de entintar, solo con un tratamiento especial de sales metálicas solubles que reaccionan sobre la fibra. Esta técnica se aplica a la mayoría de las plantas que dan color como la gardenia, cempaxúchitl, rubia, cochinilla, palo de Campeche y de Brasil, etc.
Tipo de Reducción	Derivados el Indol, esta materia colorante se encuentra en el interior de los cuerpos vegetales o animales, pero son insolubles, para darles solubilidad, se les aplica una sustancia reductora, obteniendo una solución incolora que se aplica a la fibra y después, mediante una oxidación aparece el color, como ejemplo esta el añil.
Pigmentos	Polvos de materiales minerales, son insolubles que no tienen poder de entintar, por lo cual solo pueden utilizarse mezclándolos con otro cuerpo, como el engrudo, cola, resina, caseína, clara de huevo, etc., con los que forma una pasta para pintar.

2.8.1.2. Por su composición química:^[33]

- **Colorantes Flavonoides:** Son 4 grupos principales:

Tabla 2.13. Grupos principales de los colorantes flavonoides

Grupo	Color	Procedencia
Flavonol	Amarillo	Bidens
Flavanona	Crema Amarillo	Perejil
Calcona	Amarillo y Rojo	Cártamo
Antocianina	Rojo y Violeta	Tinantia

- **Colorantes Carotenoides:** Son 2 grupos principales :

Tabla 2.14. Grupos principales de los colorantes carotenoides

Grupo	Color	Procedencia
Caroteno	Anaranjado	Zanahoria
Xantofila	Amarillo	Achiote

- **Colorantes tipo quinona:** Son 2 grupos :

Tabla 2.15. Grupos principales de los colorantes tipo quinonas

Grupo	Color	Procedencia
Antraquina	Rojo	Rubia Cochinilla
Naftoquinona	Violeta	Henna

- **Derivados de Delfinina:** Color azul proveniente de la hierba de pollo.
- **Derivados de Dihidropilano:** Color Rojo y Violeta proveniente del palo de Brasil.
- **Grupo Betáleina:** Color Rojo proveniente del betabel.
- **Grupo Xantonas:** Color amarillo proveniente de algunos líquenes.
- **Grupo Tanino – Pirogallo y Catecol:** Color café proveniente del castaño.
- **Grupo Clorofila:** Color verde proveniente de las planta verdes.^[33]

2.8.1.2.1. Colorantes Flavonoides:

- a) **Flavonoles:** Son pigmentos de color amarillo. Los flavonoles más representativos son la quercetina y el kaempferol. Estos están presentes generalmente en bajas concentraciones en plantas de aproximadamente 15 – 30 mg/kg de fruta fresca. Las fuentes más ricas son la cebolla, el apio, en brócoli y la mora. También se encuentran tanto en los vinos blancos como en los tintos. Por ejemplo las cantidades de los flavonoles en los vinos blancos son tan pequeñas que no influyen en el color. Por lo contrario, en los vinos tintos la porción de flavonoles es notablemente más alta (hasta unos 15 – 20 mg/L). El vino rojo y el te también contienen arriba de 45 mg/L. Estos compuestos están asociados con azúcares como glucosa, ramosa, galactosa, arabiosa y xilosa. Los flavonoles se acumulan en la parte externa de los tejidos como las hojas porque su biosíntesis es estimulada por la luz.^[34]

Tabla 2.16. Estructura molecular de algunos flavonoles^[34]

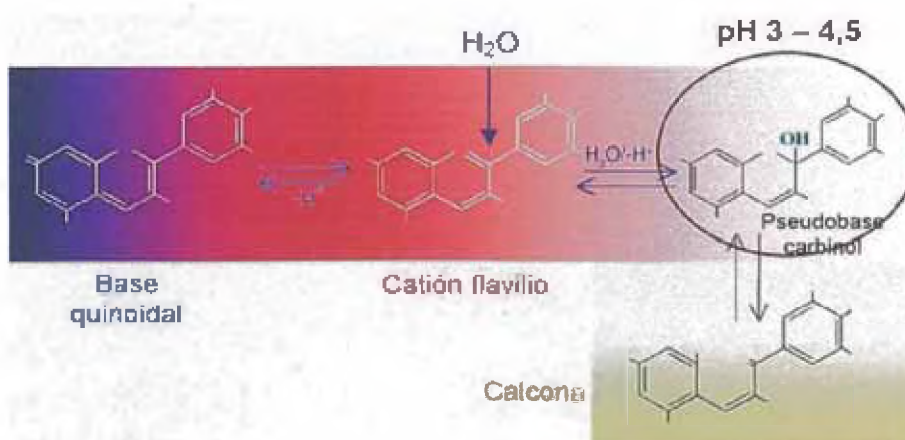
Flavonoles	Estructura
Kaempferol: ($R_1 = H, R_2 = H$) Quercetin: ($R_1 = OH, R_2 = H$) Myricetin: ($R_1 = OH, R_2 = OH$) Isorhamnetin: ($R_1 = OCH_3, R_2 = H$)	
Flavonas ($R_3 = H$) Flavonoles ($R_3 = OH$)	
Isoflavonoides	

b) Flavanona: Se encuentran en tomates y ciertas plantas aromáticas como la menta, pero se encuentran en altas concentraciones solo en frutas cítricas. Las más importantes son: La naringenina, presente en el zumo de naranja, limón o pomelo. La hesperetina se encuentra principalmente en la cáscara de los cítricos (naranjas y limones). La liquiritigenina, presente en el regaliz; y eriodictiol, se presenta en el guisante actuando como quimioatrayente para interactuar con agrobacterias.^[35] Los flavonoles generalmente se encuentran unidos a disacáridos lo cual imparte un sabor amargo a las frutas. El jugo de naranja contiene entre 200 y 600 mg/L de flavononas (Tesoriere, et al. 2004).

Tabla 2.17. Estructura molecular de algunas flavononas

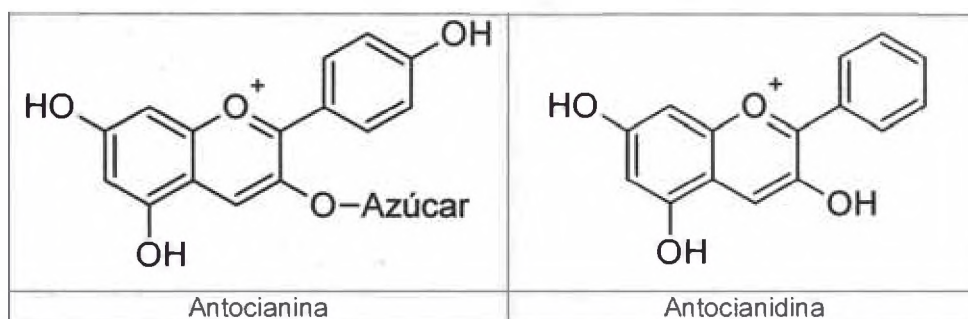
Flavononas			Estructura
Nombre	R ₁	R ₂	
Naringenin	H	OH	
Eriodictyol	OH	OH	
Hesperetin	OH	OCH ₃	

- c) **Calcona:** Los antocianos presentan un equilibrio en función del pH entre formas químicas diferentes (figura 2.33.), lo que condiciona en forma muy importante el color del vino. Es así como a pH muy bajo, la forma mayoritaria presente en el vino es aquella conocida como catión flavilio, que presenta una coloración roja. Al momento que el pH del medio aumenta, el catión flavilio pasa a una forma química conocida como base quinoidal de color violáceo y en la pseudobase carbinol que es incolora. Por otra parte, la pseudobase carbinol puede transformarse en un compuesto conocido como **Calcona** que presenta un ligero color amarillo. Esta última transformación se ve fuertemente favorecida por las temperaturas elevadas. Finalmente la Calcona puede ser oxidada, dando lugar a ácidos fenólicos.^[36]

**Figura 2.33.** Formación de la calcona.^[36]

- d) **Antocianina:** Son los pigmentos hidrosolubles presentes en el líquido vacuolar de las células responsables de la mayoría de las coloraciones rojas, azules y violetas de las flores y hojas. Estos pigmentos representan un potencial para el reemplazo competitivo de colorantes sintéticos en alimentos, productos farmacéuticos y cosméticos. Son glucósidos de las antocianidinas, es decir, están constituidas por una molécula de antocianidina, que es la aglicona, a la que se le une un azúcar por medio de un enlace glucosídico.^[37]

Tabla 2.18. Estructura de la antocianina y la antocianidina^[51]



La estructura química básica de estas agliconas es el ión flavilio, también llamado 2-fenil-benzopirilio que consta de dos grupos aromáticos: un benzopirilio y un anillo fenólico; el flavilio normalmente funciona como un catión.^[37]

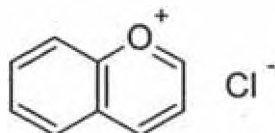


Figura 2.34. Estructura química del ión flavilio, formando en este caso una sal con el anión cloruro.

Las agliconas libres raramente existen en los alimentos, excepto posiblemente como componentes traza de las reacciones de degradación. De todas las antocianidinas que actualmente se conocen aproximadamente 20, las más importantes son la pelargonidina, la delfinidina, la cianidina, la petunidina, la peonidina y la malvidina, nombres que derivan de la fuente vegetal de donde se aislaron por primera vez; la combinación de éstas con los diferentes azúcares genera aproximadamente 150 antocianinas. Los hidratos de carbono que comúnmente se encuentran son la glucosa y la ramnosa, seguidos de la

galactosa, la xilosa y la arabinosa y, ocasionalmente, la gentiobiosa, la rutinosa y la soforosa. Como se muestra en la siguiente tabla, el grupo fenilo en la posición 2 puede llevar diferentes sustituyentes.

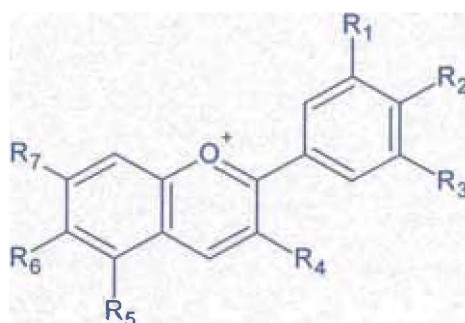


Figura 2.35. Estructura de la antocianidina con diferentes sustituyentes.^[37]

Tabla 2.19. Antocianidinas con diferentes sustituyentes^[37]

Antocianidina	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇
Aurantidinina	-H	-OH	-H	-OH	-OH	-OH	-OH
Capensinidina	-OCH ₃	-OH	-OCH ₃	-OH	-OCH ₃	-H	-OH
Cianidina	-OH	-OH	-H	-OH	-OH	-H	-OH
Delfinidina	-OH	-OH	-OH	-OH	-OH	-H	-OH
Europinidina	-OCH ₃	-OH	-OH	-OH	-OCH ₃	-H	-OH
Luteolinidina	-OH	-OH	-H	-H	-OH	-H	-OH
Pelargonidina	-H	-OH	-H	-OH	-OH	-H	-OH
Malvidina	-OCH ₃	-OH	-OCH ₃	-OH	-OH	-H	-OH
Peonidina	-OCH ₃	-OH	-H	-OH	-OH	-H	-OH
Petunidina	-OH	-OH	-OCH ₃	-OH	-OH	-H	-OH
Rosinidina	-OCH ₃	-OH	-H	-OH	-OH	-H	-OCH ₃

El color de las antocianinas depende del número y orientación del grupo hidroxilo y metoxilo de la molécula. Incrementos en la hidroxilación producen desplazamientos hacia tonalidades azules mientras que incrementos en las metoxilaciones producen coloraciones rojas. Se muestran algunos ejemplos:

Tabla 2.20. Longitud de onda y coloración de algunas antocianidinas
(Durst y Wrolstad, 2001)

Antocianidina	$\lambda_{\text{máx}}$ (nm)	Espectro visible
Pelargonidina	494	Naranja
Cianidina	506	Naranja – Rojo
Delfinidina	508	Azul –Rojo
Peonidina	506	Naranja – Rojo
Petunidina	508	Azul –Rojo
Malvidina	510	Azul –Rojo

2.8.1.2.2. Colorantes Carotenoides

- a) **Caroteno:** Son una familia de compuestos químicos que se caracteriza por su coloración que oscila entre rojo, naranja y amarillo. Dichas moléculas están constituidas de una cadena corta hidrocarbonada (moléculas que contienen átomos de carbono e hidrógeno). El compuesto más conocido dentro de esta familia es el beta-caroteno (β -caroteno), el cual puede ser encontrado en numerosas frutas y vegetales como la zanahoria, pimiento rojo y camote. Estos últimos contienen mayor cantidad de β -caroteno respecto a otros como el brócoli, pimiento verde y mango (Burns, 2003). También se encuentran difundidos en las bacterias y los hongos hasta la vida animal. Otro caroteno conocido es el licopeno, que se encuentra en los tomates y en la fruta madura.^[38]

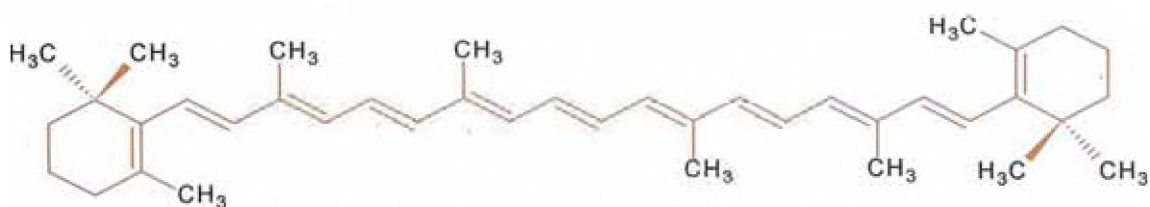


Figura 2.36. Estructura molecular del β -caroteno.

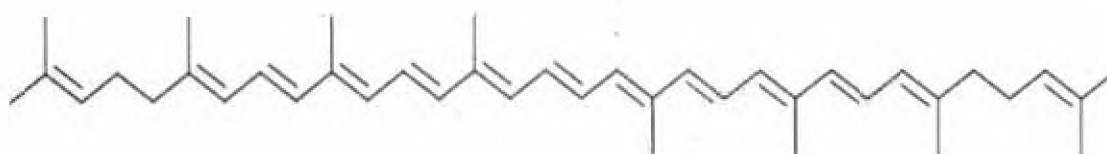


Figura 2.37. Estructura molecular del licopeno.

El color de estos hidrocarburos proviene sin duda de las transiciones π y π^* de su extenso sistema conjugado. Obsérvese que estos compuestos son terpenos. Los carotenoides se encuentran también en los organismos marinos por ejemplo en la piel de los peces en las estrellas de mar, anémonas corales y crustáceos combinados frecuentemente con proteínas. La desnaturalización de la proteína en agua hirviendo libera carotenoides desenmascarándose así su color como sucede con el color rojo de la langosta cocida.

- b) **Xantófila:** Son compuestos químicos parecidos a los carotenos, y a diferencia de estos últimos además de contener carbono e hidrógeno contienen uno o más átomos de oxígeno dentro de la molécula, pero al igual que los carotenos, presentan colores llamativos (rojo, naranja y amarillo). Vegetales como el pimiento amarillo y rojo representan una fuente importante de xantofilas. Una de las moléculas perteneciente a la familia de las xantofilas es la luteína. Esta se encuentra en numerosas plantas, tales como el Cempasúchil (*Tagetes erecta*), flor amarilla típica del día de muertos en México. La luteína es el colorante principal que le confiere el amarillo a la flor de Cempasúchil, y puede llegar a representar hasta el 90 % de la pigmentación de ésta flor. Los pétalos del Cempasúchil (Piccaglia, 1998) han sido utilizados en la fabricación de complementos alimenticios para gallinas con el fin de obtener huevos con una yema más colorida.^[38]

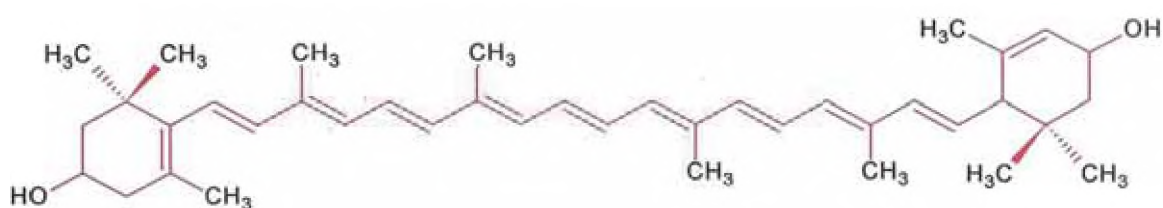


Figura 2.38. Estructura de la Xantófila.

2.8.1.2.3. Colorantes tipo Quinona:

- a) **Antraquinona :** Son una clase de metabolitos secundarios vegetales con una funcionalidad p-quinoides en un núcleo antracénico, cuyos carbonos se enumeran tal como se muestra en la siguiente figura:^[39]

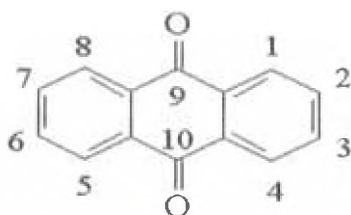


Figura 2.39. Enumeración de los carbonos en el núcleo de las antraquinonas.

Pueden llevar funciones hidroxílicas en su estructura en diversas posiciones: si poseen dos grupos OH en las posiciones 1 y 2, tienen propiedades colorantes; si éstos se encuentran en las posiciones 1 y 8, el efecto es laxante. Algunos ejemplos de antraquinonas se observan en la siguiente tabla 2.21:

Tabla 2.21.a. Estructura y nombres de algunas antraquinonas^[39]

Núcleo	R ₁	R ₂	Nombre común
	Me	OH	Emodina de Rheum
	Me	OMe	Fisciona
	Me	H	Crisofanol
	CH ₂ OH	H	Emodina de Aloe
	COOH	H	Reinina
	Glu	Ram	Emodina-6-O--L-ramnosil-8-O-D-glucósido
	Genciobiosa	Me	Fisciona-8-O—genciobiósido
	H	Ram	Frangulina A
	Glu	Apiosa	Glucofrangulina B
	H	Apiosa	Frangulina B
	H	Me	Crisofanolantrona
	OMe	Me	Fiscionantrona
	H	H	Ditranol (sintético)

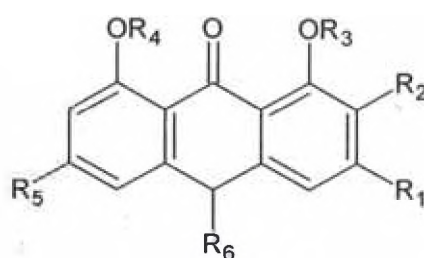


Figura 2.40. Estructura de la antraquinona con diferentes sustituyentes.^[39]

Tabla 2.21.b. Estructura y nombres de algunas antraquinonas^[39]

R1	R2	R3	R4	R5	R6	Nombre común
CH ₂ OH	H	H	Glu	H	Glu	Cascarósidos A y B
Me	H	H	Glu	H	Glu	Cascarósidos C y D
CH ₂ OH	H	H	H	H	Glu	Aloína
Me	H	H	H	H	Glu	Desoxialoína
CH ₂ ORam	H	H	H	H	Glu	Aloinósidos A y B
H	OH	Me	H	Me	Glu	Nataloína
Me	H	H	H	ORam	H	Frangulósido

A continuación se muestra la coloración de algunas antraquinonas en solución alcalina y sus valores de $\lambda_{\text{máx}}$.^[40]

Tabla 2.22. Longitud de onda y coloración de algunas antraquinonas

Antraquinona	Color	$\lambda_{\text{máx}}$ (nm)
1 - hidroxí	rojo	500
2 - hidroxí	naranja - rojizo	478
1,2 - dihidroxí	violeta - azulado	576
1,3 - dihidroxí	rojo	485
1,4 - dihidroxí	violeta	560
1,5 - dihidroxí	rojo	496
1,8 - dihidroxí	rojo	513
1,2,3 - trihidroxí	verde	668
1,2,4 - trihidroxí	violeta - rojizo	544
1,4,5 - trihidroxí	violeta	561
1,4,5,8 - tetrahidroxí	azul	630

- b) **Naftoquinona:** Son pigmentos cuyo color va desde el amarillo, pasando por el anaranjado, al rojo intenso. Se encuentran en mayor cantidad en las plantas superiores y, en menor proporción, en los hongos, los erizos y las estrellas de mar.^[41]

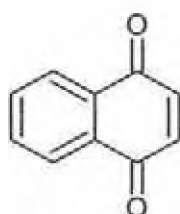


Figura 2.41. Estructura de la 1,4-naftoquinona.

También algunas naftoquinona pueden ser empleadas en cosmética como colorantes naturales, como ocurre con la lawsona (2-hidroxi-1,4-naftoquinona) que es el principal principio activo como agente de coloración y agente farmacológico en esta especie conocida como Henna (*Lawsonia inermis* L. *Lythraceae*). Se encuentra en las hojas y no está presente en la corteza, tallo o raíz. Se dice que el Henna es probablemente el más viejo cosmético conocido por el hombre, y ha retomado a la moda para el teñido del cabello, esta se fija a los grupos tiólicos de la queratina capilar proporcionándoles un color rojo – anaranjado. Las quinonas lawsona, plumbagina, juglona, 7-metiljuglona, lapa-chol, alcanina, alcanan, lomatiol, droserona, hidroxidroserona, vitamina K, diosquinona, diospirina, mamegaquinona, etc., son naftoquinona elaboradas por las plantas superiores.^[41] A continuación se muestra la coloración de algunas naftoquinona en solución alcalina y sus valores de $\lambda_{\text{máx}}$.^[40]

Tabla 2.23. Longitud de onda y coloración de algunas naftoquinonas^[40]

Naftoquinona	Color	$\lambda_{\text{máx}}$ (nm)
2 - hidroxí	naranja	459
5 - hidroxí	violeta	538
6 - hidroxí	violeta – rojizo	520
2,3 - dihidroxí	violeta	650
2,5 - dihidroxí	violeta – rojizo	490
3,5 - dihidroxí	rojo	435
5,6 - dihidroxí	azul	571
5,7 - dihidroxí	violeta	542
5,8 - dihidroxí	violeta	655

2.8.1.2.4. Colorantes Indólicos

El 3-oxiindol o indoxilo se encuentra en la indigófera tinctoria y tiene interés histórico por haber sido materia prima para la obtención del índigo o añil, el colorante azul más utilizado en el pasado. En la planta, el indoxilo está unido a glucosa. Cuando la planta se macera, se libera el indoxilo y este se oxida al aire para dar el índigo azul, insoluble.^[42] El índigo se deposita en forma de *cis*, que espontáneamente se isomeriza al isómero *trans*.

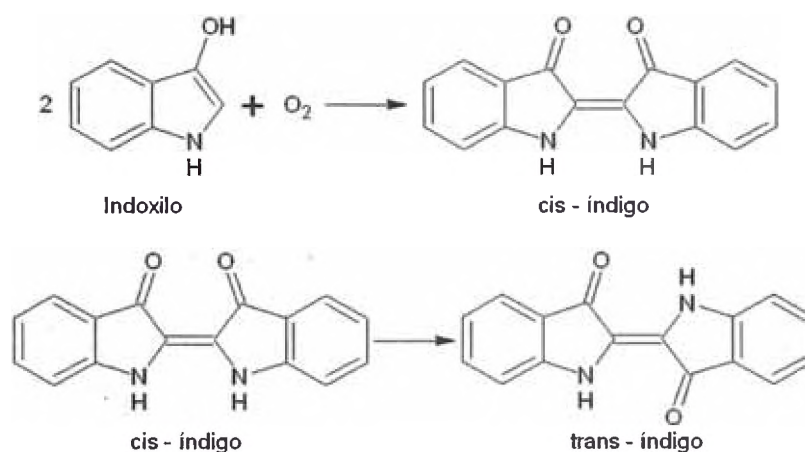


Figura 2.42. Formación de los colorantes indólicos.^[31]

Para su aplicación a los tejidos, el índigo insoluble se reduce con hiposulfito sódico (Na₂S₂O₄) formándose dos grupos OH. De este modo se fija sobre la fibra y a continuación se oxida al aire a través de radicales libre para dimerizarse a leuco índigo y finalmente oxidarse a índigo.

En realidad, el índigo no se encuentra como tal en las plantas, sino en forma de derivados O-sustituidos del indoxilo. Hay que tener en cuenta que el radical indoxilo es relativamente estable por ser de tipo capto dativo, ya que posee en *q* un grupo carbonilo aceptor de electrones y un grupo amino donador de electrones.^[43]

Los colorantes que se aplican así se llaman colorantes a la tina. El índigo se caracteriza por su alta estabilidad al lavado y a la luz. Las principales aplicaciones de los colorantes del índigo están en el teñido del algodón y en el estampado.^[43]

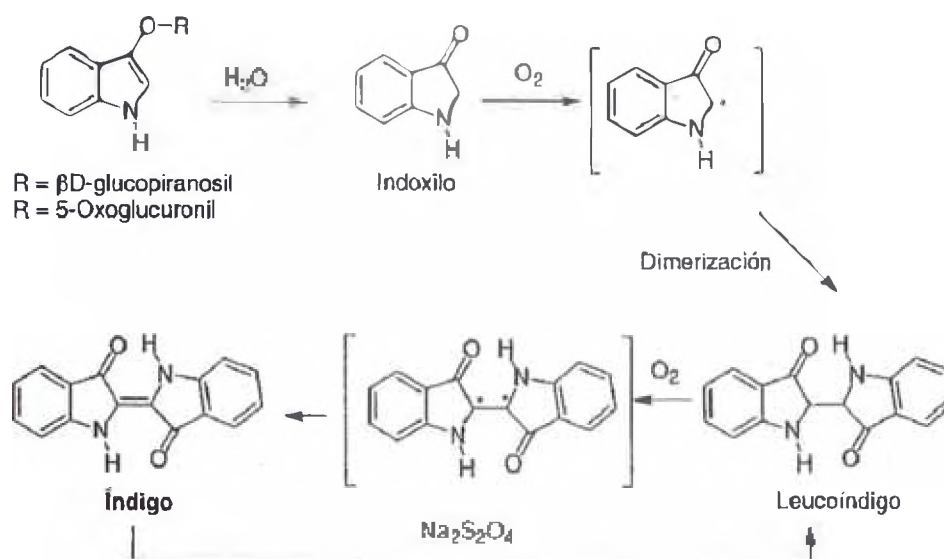


Figura 2.43. Reacciones para la formación de colorante índigo.^[43]

2.8.1.2.5. Colorantes derivados de la Delfinidina

La delfinidina es una antocianidina, uno de los principales pigmentos de las plantas y también un antioxidante. La delfinidina, como casi todas las demás antocianidinas, es sensible a la acidez pH del medio, y cambia de color desde el azul en medios básicos a rojo en soluciones ácidas.^[44]

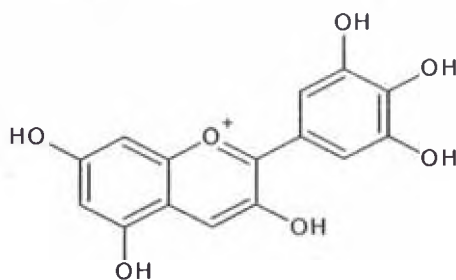


Figura 2.44. Estructura química de la delfinidina.

Entre los pigmentos más importantes tenemos la delfinidina y violanina (glucósido derivado de la delfinidina).

La delfinidina brinda colores azules a las flores, como el caso de las violetas (*Viola*) y el delphinium (*Delphinium*). Además provee el color azul – rojo de las uvas de la variedad Cabernet Sauvignon.^[44]

Tabla 2.24. Nombres de algunas delphinidinas^[45]

Colorante	Nombre y posición del resto glucosidilo	Coloración	Planta en que se encuentra
Delfinina	3,5 – diglucosidilo	Azul	Esquila de caballero, hierba de pollo
Violanina	3 – ramnosidilo	Azul – violeta	Pensamiento

2.8.1.2.6. Colorantes derivados Dihidropilano

Color Rojo y Violeta proveniente del palo de Brasil y Palo de Campeche.^[46]

Tabla 2.25. Características de los derivados Dihidropilano^[46]

Características	Palo de Brasil	Palo de Campeche
Nombre Científico	Haematoxylon brasiletto	Haematoxylon campechianum
Familia	Leguminosa	Leguminosa
Características Botánicas	Es un árbol muy parecido al Palo de Campeche pero de menos altura y con flores rojizas o moradas.	Árbol grande espinoso que puede alcanzar hasta los 15 metros. La corteza es delgada y blanda y el corazón de la madera es sólido y duro. La madera se hunde en agua. Las flores son amarillas con olor muy desagradable dan frutos ovales con cáscara.
Partes utilizadas para teñir	La madera	Corazón del tallo
Color	Rojo y Morado	Rojo y Morado

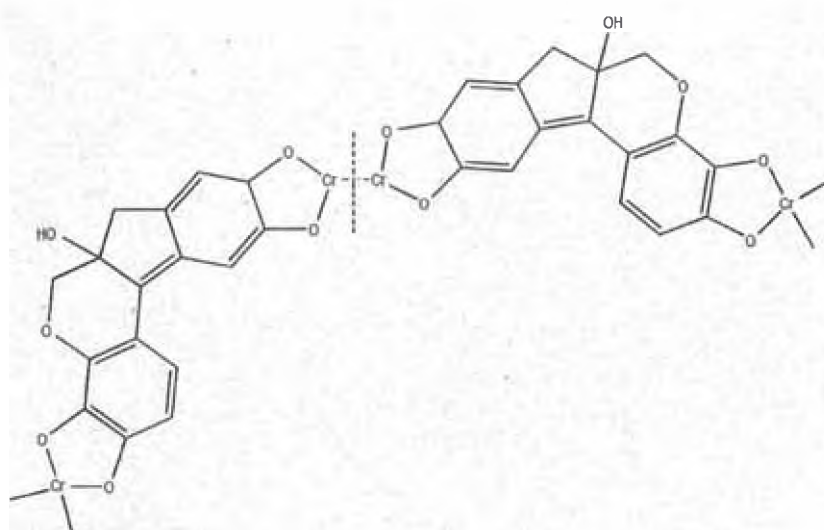


Figura 2.45. Estructura molecular del colorante de Palo de Campeche.

2.8.1.2.7. Grupo Betáleina

Este término se refiere a un grupo de aproximadamente 70 pigmentos hidrosolubles con estructura de glucósidos. Estos pigmentos son estables a pH 4 – 6, son susceptibles en presencia de oxígeno, alta temperatura y luz. Entre las fuentes de este pigmento tenemos la *Beta vulgaris* (betanina), tuna roja, amaranto (hojas, amarantina). Las betalainas han sido conocidas hace poco tiempo por ser colorantes seguros para alimentos u otros propósitos industriales.

Las betalainas son derivados de ácidos betalámicos y pueden dividirse en 2 clases de compuestos:

- **Betacianinas:** Son pigmentos de color rojo cuyas estructuras presentan grupo acilo y azúcares.
- **Betaxantinas:** Son pigmentos de color amarillo, contienen también la dihidropiridina pero se encuentran conjugados con aminas o aminoácidos.

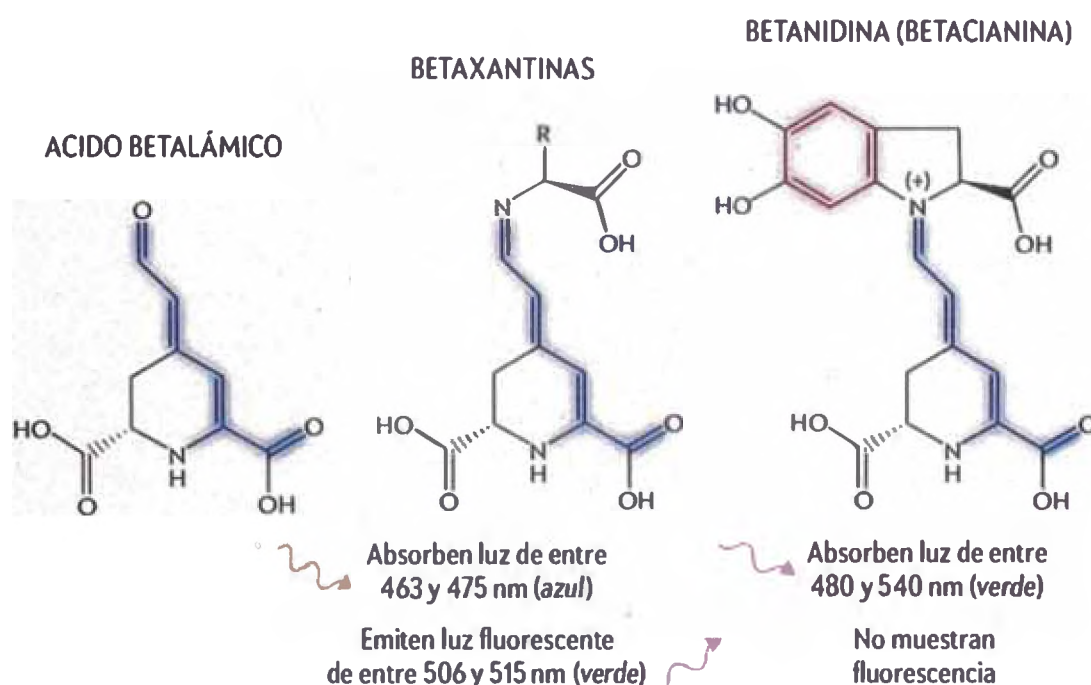


Figura 2.46. Estructura química de los colorantes del grupo Betáleina.^[47]

Los alimentos que contienen betaleinas son la remolacha roja, el cactus y la pitaya (Stintzing y Carle, 2004). Las betaleinas solamente se encuentran en 10 familias de vegetales y de estas solamente dos familias son comestibles por el ser humano: la Chenopodiaceae (Remolacha) y Cactaceae (el cactus o nogal y la pitaya) (Stintzing, et al. 2003, 2001).

2.8.1.2.8. Grupo Xantonas

Las xantonas son un grupo biológicamente activo de moléculas con una estructura anular de seis carbonos con múltiples uniones dobles. Estas uniones dan gran estabilidad y le confieren propiedades fitocéticas (antioxidantes, anti-inflamatorios, anti-histamínicos, anti-tumorales, etc.). Las xantonas tienen la misma estructura básica y múltiples variantes, que les permite una gran variedad de funciones. Lo que las hace únicas son los enlaces dobles 1-8, que les permite pasar fácilmente por la mucosa intestinal y entrar al torrente sanguíneo sin ser destruidas.

Las xantonas son compuestos raros en la naturaleza, son menos de doscientas, de las cuales 58 se han encontrado en el pericarpio (cáscara), pulpa y semilla del mangostán..^[48]

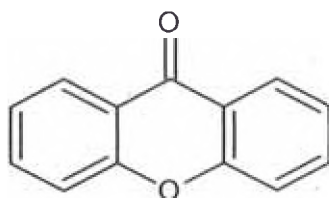


Figura 2.47. Estructura química del núcleo central de la xantonas.

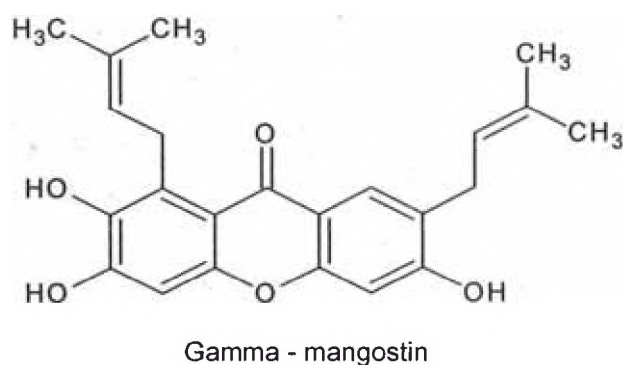


Figura 2.48. Estructura química del gamma-mangostin.

2.8.1.2.9. Grupo Tanino – Pirogallo y Catecol

Son metabolitos fenólicos, hidrosolubles de sabor amargo y áspero. Suelen acumularse en las cortezas y raíces y hojas de plantas y frutos (Elena, 2010). Estos compuestos están presentes en forma hidrolizada o condensada (Chavan y Salumkhe, 1981), que generalmente en su forma condensada se denominan antocianidinas, un alto nivel de inclusión de este metabolito en dietas para aves puede causar afecciones digestivas convirtiéndose en un factor antinutricional (Reyes et al., 2000). Son pigmentos de color amarillo - café proveniente del castaño.^[49]

Los taninos suelen acumularse en las raíces, cortezas, semillas y menor medida en las hojas (Planta Medicinales, 2002). Son el resultado de la combinación de un fenol y un azúcar. Tienen la propiedad de combinarse a otras sustancias para originar reacciones fenólicas.

Se encuentran divididos en 2 grupos: hidrolizables y condensados.^[50]

a) **Tanino Condensado:** Los núcleos bencénicos están unidos por átomos de carbono.

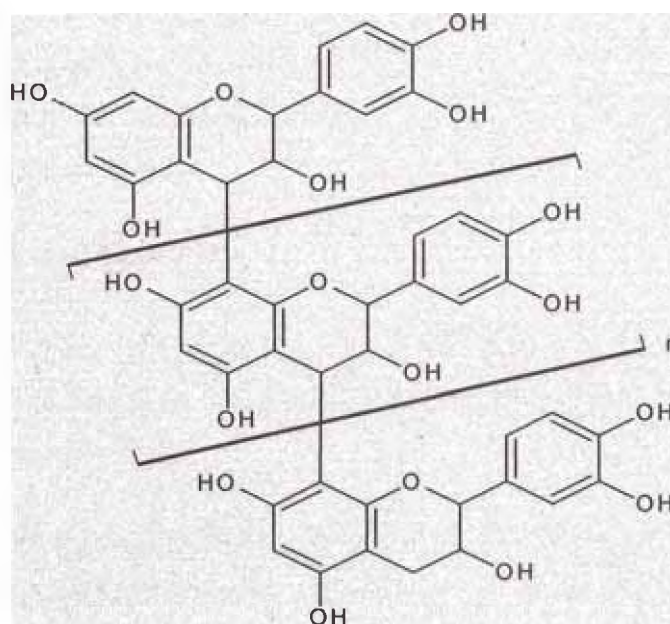


Figura 2.49. Estructura química del tanino condensado.^[51]

b) Tanino Hidrolizable: Los núcleos bencénicos están unidos en largos complejos por medio de átomos de oxígeno.

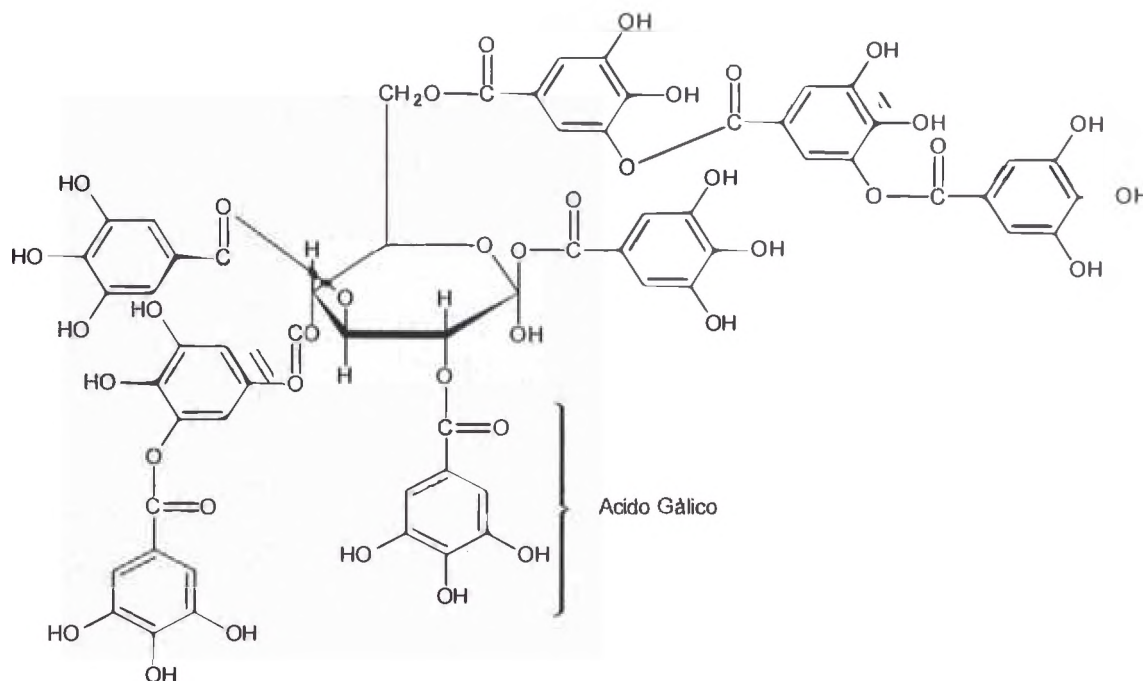


Figura 2.50. Estructura química del Galotanino.^[51]

Hasta fines del siglo pasado los taninos ejercieron un gran papel en la industria textil al haberse utilizado en forma amplia como elemento mordientes, por la particularidad de fijar los colorantes en las telas. Actualmente la producción de taninos de origen vegetal es reducida; ya que en el mercado se consume productos alternativos derivados de procesos químicos (Torres, 1983).

2.8.1.2.10. Grupo Clorofila

Son pigmentos de color verde proveniente de las planta verdes. Este es, tal vez, el pigmento más abundante en la naturaleza y se encuentra en los cloroplastos. Es soluble en solventes no polares.

Los tipos de clorofila más importantes son la a y b, teniendo una proporción de 3:1. Actúa como un colorante alimentario verde natural, presente en todas las plantas y algas. Es extraído comercialmente a partir de las ortigas, del césped y de la alfalfa. Es hidrosoluble.^[52]

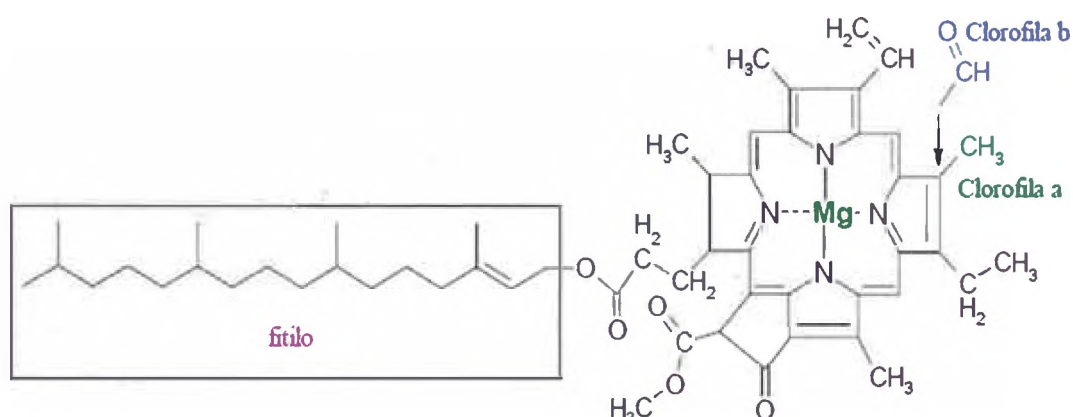


Figura 2.51. Estructura química de la clorofila a y b.^[52]

2.8.2. Colorantes artificiales

Son los más importantes en la tintura textil. Muchos de ellos proceden de aislar en laboratorio las sustancias correspondientes a los mismos colorantes en estado natural, parte de los cuales hemos visto, y proceder posteriormente a sintetizar químicamente colorantes idénticos a sus correspondientes naturales. El hecho de proceder mediante química a la obtención de colorantes da ocasión a que en tales procedimientos se busquen y consigan productos colorantes con cualidades apropiadas a los fines textiles que se les va a dar.^[54]

2.8.2.1. Características que definen y clasifican a la mayoría de los colorantes artificiales.

Los colorantes se pueden clasificar de diferentes maneras, atendiendo al tipo de fibra, al tipo de teñido que se realice o a la naturaleza química del colorantes (Franco y Ortiz, 2000), (Cun y Yizhong, 1999).

a) Colorantes ácidos y básicos: Los colorantes ácidos (aniónicos) o básicos (catiónicos) se usan para teñir sustratos que tienen grupos ácidos con carga positiva o grupos básicos con carga negativa, respectivamente. Es el caso, por ejemplo, de la lana o la seda que son proteínas que tienen grupos catiónicos amonio ($-\text{NH}_3^+$) y grupos aniónicos carboxilato ($-\text{COO}^-$). El colorante se une al tejido mediante fuerzas polares, formando sales (figura 2.52.a y b).^[27]

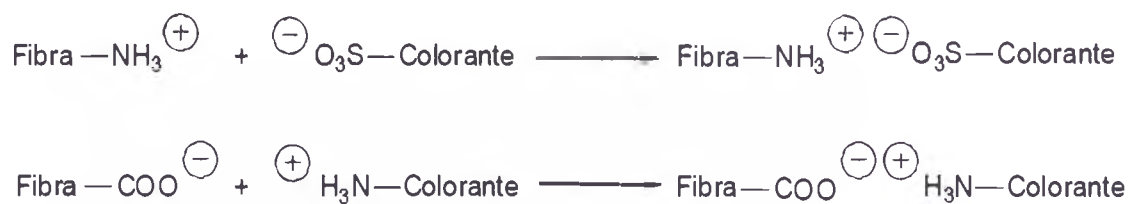


Figura 2.52.a. Ejemplos de colorantes ácido y básico y modo de fijación en la fibra.

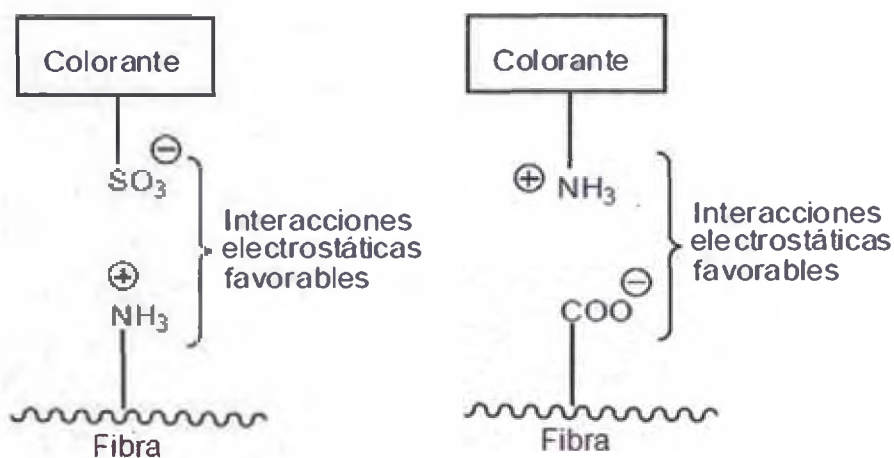


Figura 2.52.b. Modo de fijación de los colorantes ácidos y básicos.^[27]

Los colorantes ácidos suelen ser sales de sodio de grupos sulfónicos, presentes en colorantes de tipo azoico; los colorantes básicos son normalmente sales de amonio cuaternario (figura 2.53.).

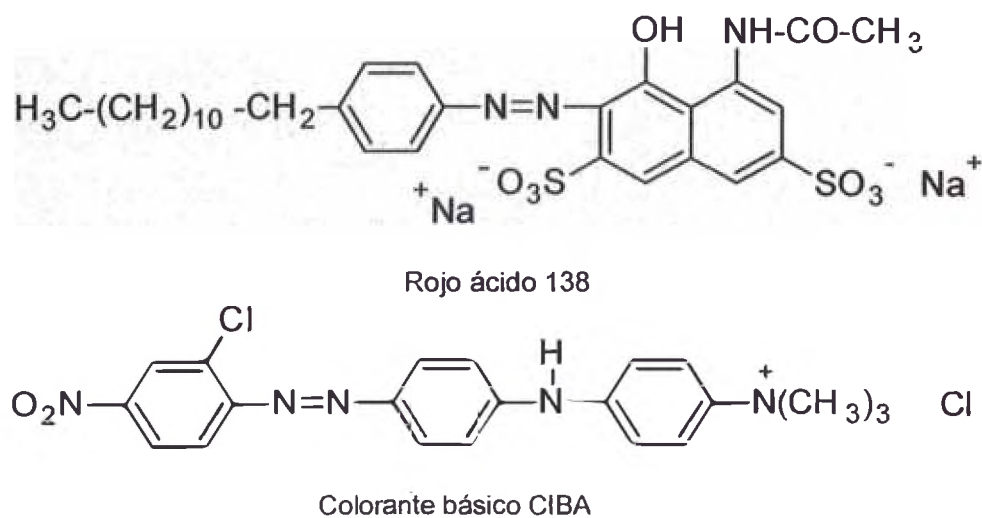


Figura: 2.53. Estructura química de algunos colorantes ácidos y básicos.^[27]

Los colorantes ácidos (aniónicos) tienen diferentes tipos de solidez. De ellos los azoicos son los tintes amarillos, naranjas, rojos, escarlatas, marinos sólidos, algunos verde oscuro, y marrones (mezcla de varios azoicos). Los antranoquinónicos son los azules de buena solidez a la luz y a tratamientos en húmedo. Corren peligro de volver a oxidarse con la humedad ambiental una vez teñidos. Los trifenilmetánicos son los violetas, azules y verdes de tonos muy brillantes y moderadamente sólidos a la luz, mejor a los tratamientos húmedos. Estos colorantes tienen su índice de solubilidad (en agua) y su índice de afinidad en relación inversa. Por otra parte, a mayor solubilidad, mayor igualación pero menor solidez ante agentes húmedos.^[53]

Los colorantes básicos (catiónicos) empleados para tintura directa de lana, seda y sobre todo las acrílicas en las que se obtienen colores vivos y brillantes y con muy buenas solideces. Tiñen las fibras animales de forma directa; pero de entre las naturales vegetales, solo el yute tiene afinidad por estos colorantes. Tiñen las fibras artificiales celulósicas indirectamente, mordentadas con tanino; de entre ellas, sólo el rayón nitro-seda tiene afinidad por los colorantes básicos. El uso más común de los colorantes básicos se da en la tintura de las fibras acrílicas y de algunos poliésteres (los modificados).^[53]

En la tintura de estas fibras para controlar el proceso de tintura con colorantes básicos se utilizan agentes catiónicos-aniónicos adicionales. Estos agentes son sales de bases orgánicas que fuerzan al grupo cromóforo a unirse al catión, resultando el anión incoloro. Esta reacción química da como resultados tres grupos de colorantes básicos nuevos:^[53]

- Colorantes con carga positiva deslocalizada; derivados del di/trifenilmetano.
- Colorantes con carga catiónica localizada; de tipo antraquinónico o azoico, que poseen elevada solidez a la luz y buena estabilidad al pH.
- Colorantes con estructura heterocíclica, conteniendo nitrógeno cuaternario; estos son solubles en alcohol etílico; menos solubles en agua.

b) Colorantes Directos (Sustantivos): Tiñen directamente el tejido. Empleados para la tintura de fibras de algodón, con muy buenas Solideces. Los colorantes artificiales directos se llaman así porque tiñen la fibra sin necesidad de un segundo producto que actúe como mordiente de ésta. Existen dos familias de colorantes directos:^[53]

➤ Los colorantes azóicos: Son derivados de las aminas del difenilo:

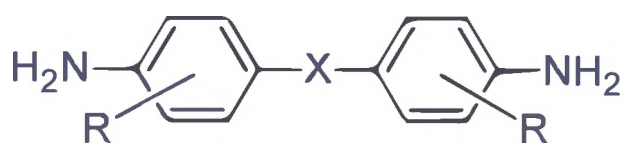


Figura 2.54. Estructura de los colorantes azoicos.

Tabla 2.26. Posibles estructuras azoicas^[53]

En donde N puede ser	R puede ser
-HN-NH-	-H
arildiaminas, enlace simple de bencidínicos	SO ₃ Na
-CH=CH- etilbénicos	-Cl
-NH-	-NO ₂
-O-	-OH
-S-	-CH ₃
-CONH-	-OCH ₃
-NH-CO-NH-	-OCH ₂ -CONa

➤ Los colorantes tiazóicos: Se llaman así porque en su molécula contienen el anillo tiazóico. Estos colorantes son solamente amarillos, anaranjados y pardos.



Figura 2.55. Estructuras químicas tiazólicas.

Características de los colorantes artificiales directos:

- Generalmente son solubles en agua, aunque algunos precisan para ello la presencia de carbonato sódico.
- Su solubilidad aumenta con el número de grupos sulfónicos y disminuye al aumentar su peso molecular.
- En frío forman soluciones coloidales.
- Los colorantes directos resisten bien a los ácidos, aunque tienden a enrojecer.
- En presencia de agentes reductores rompen su molécula hacia derivados aminados.

c) **Colorantes a la tina:** Necesitan del oxígeno ambiental para ser efectivos. Su constitución química es análoga a la del índigo. Se aplica en forma reducida y se re-oxida en presencia de la fibra. Necesita de aglutinantes para su fijación. Son colorantes que tienen entre sí diferente constitución química pero todos son insolubles en agua. Por su reducción en un medio alcalino se transforman en leucoderivados hidrosolubles. El proceso de reducción se fundamenta en la acción reductora del hidrógeno sobre el grupo carbonilo, transfiriéndolo al grupo alcoholico.^[53]

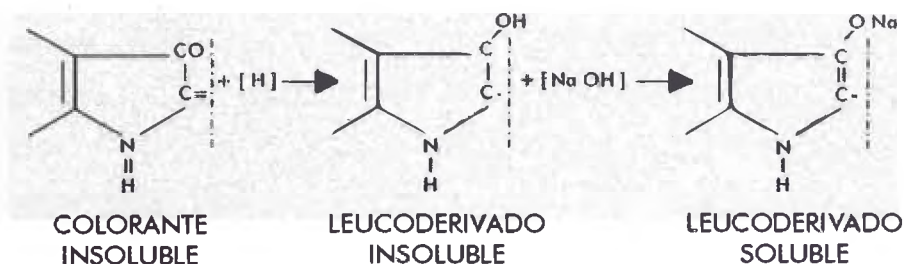


Figura 2.56. Proceso de reducción del colorante a la tina.^[53]

Una vez realizada la tintura, es fácilmente oxidable por el oxígeno del aire. Estos colorantes dan tinturas más brillantes que los antraquinónicos, pero menos sólidos ante la luz y el lavado.

Clasificación de los colorantes directos a la tina:^[53]

- Derivados del índigo: Bromoíndigo, tioíndigo
- Derivados de la antraquinona

Los derivados de la antraquinona tienen mayor importancia comercial. Se pueden dividir en tres subfamilias:

- Derivados de la antraquinona
- Derivados de la indantrona
- Derivados de la dibenzatrina y del perileno

Los derivados y subderivados de la antraquinona presentan unas características concretas:

- Presentan buenas solidez en tonalidades intensas; no tan buenas en tonos pálidos.
 - En tintura en floca son sólidos al lavado y menos en tintura en pieza.
 - Son apreciados por su solidez al descrudado a presión y al blanqueo.
 - Generalmente se usan para tonos intensos.
- Menos brillantes que los indigoides.

d) Colorantes Dispersos: Estos colorantes son compuestos orgánicos no iónicos. Se aplican con un dispersante, porque son insolubles en agua, y se caracterizan fundamentalmente porque tienen un alto grado de dispersión. Se emplean para la tintura de rayón, acetatos y poliésteres; también se usan con auxiliares carriers.^[53]

e) Colorantes sulfurosos: Se llaman sulfurosos porque en su molécula está presente el azufre, pero no como lo está en los colorantes directos, tiazólicos, etc., sino que aquí este azufre puede ser oxidado con facilidad. Por su aspecto,

los colorantes sulfurosos son parecidos a los colorantes de tina y a los sustantivos. Empleados para fibras celulósicas. Muy económicos pero de resultados pobres de matices. Tiñen las fibras directamente en estado reducido y se combinan con los colorantes básicos para dar una laca insoluble; la cantidad de colorante absorbido depende de su porcentaje en la solución, de la concentración de sal en el baño y de la temperatura. Lo mismo que los colorantes de tina, también son insolubles en agua pero solubles en medio alcalino y en presencia de sulfuro sódico como agente reductor.^[53]



Figura 2.57. Proceso de reducción de los colorantes sulfurosos.

En este proceso de reducción cambia la estructura molecular del colorante pero sin afectar al grupo $-S-S-$ sulfuroso. El leucoderivado soluble resulta con un coloreado diferente al del colorante original y ya tiñe la fibra, comportándose como un colorante directo de baja afinidad por la fibra. Finalmente, mediante la oxidación queda convertido otra vez en colorante sulfuroso no soluble en el agua.^[53]

- f) **Colorantes de complejo metálico:** Se emplean en la lana. De buena solidez. Se trata de soluciones tintóreas creadas mediante un proceso químico previo a la fase de tintura; en este caso el procedimiento es el siguiente: una o varias moléculas de colorante, generalmente ácido, se asocian con un átomo metálico formando un complejo molecular con afinidad por las fibras proteicas y poliamídicas. La formación de este complejo químico se consigue calentando una solución acuosa del cromóforo con una sal de cromo trivalente, siempre en un medio de pH por debajo de 4. Si bien se obtiene con ellos una extensa gama de colores, estos adolecen de falta de brillo en azules, verdes y violetas. Suelen aplicarse a tejidos inencogibles.^[53]

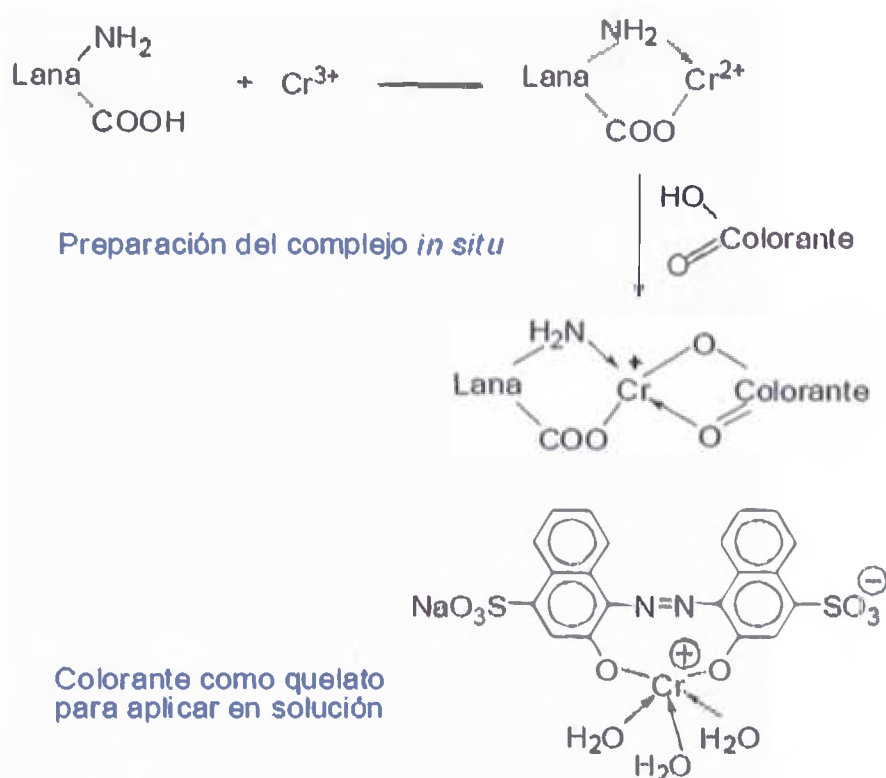


Figura 2.58. Coloración al mordiente con colorantes azoicos.^[27]

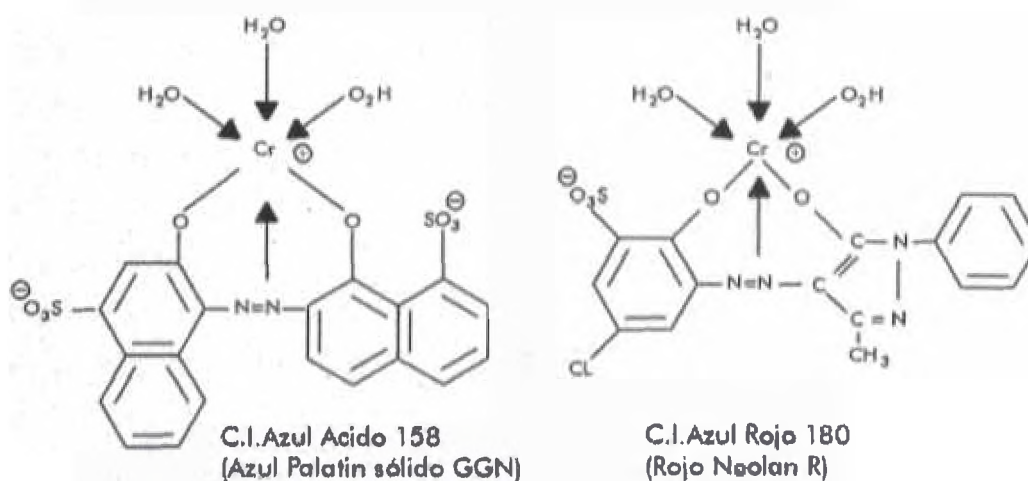


Figura 2.59. Estructura de colorantes pre-metalizados.^[69]

La coloración conseguida depende, no solo del tipo de colorante utilizado, sino también del catión metálico que se emplee en la complejación. Así pues, en las antraquinonas (figura 2.60.), cuando el catión es Al^{3+} o Sn^{2+} , el color suele ser

rojo, mientras que si se utilizan los cationes Fe^{2+} o Fe^{3+} , la tonalidad suele ser violeta o marrón-negro, respectivamente.^[27]

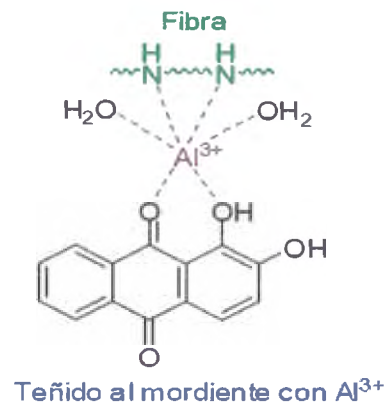


Figura 2.60. Coloración al mordiente con antraquinonas.^[27]

g) Colorantes reactivos: Los colorantes reactivos fueron introducidos en el mercado por la compañía ICI en 1955, hecho que constituyó el mayor avance en teñido desde la Segunda Guerra Mundial. Se fijan al tejido mediante la formación de enlaces covalentes, lo que los hace muy resistentes al lavado. Inicialmente se utilizaron para teñir el algodón y otras fibras celulósicas; más tarde se extendieron a la lana, la seda y las poliamidas sintéticas. Para el teñido de la celulosa y sus derivados por este procedimiento, se usa un colorante, al que se le exige como única condición que posea un grupo amino o un grupo hidroxilo, que se hace reaccionar previamente con triclorotriazina. La sustancia intermedia que así se forma puede reaccionar, a través de los átomos de cloro que aún le quedan, con los grupos hidroxilo de la celulosa, convertidos en grupos alcoholatos por tratamiento con una base (figura 2.61.). El colorante queda así unido a la fibra mediante un puente de triázina.^[27]

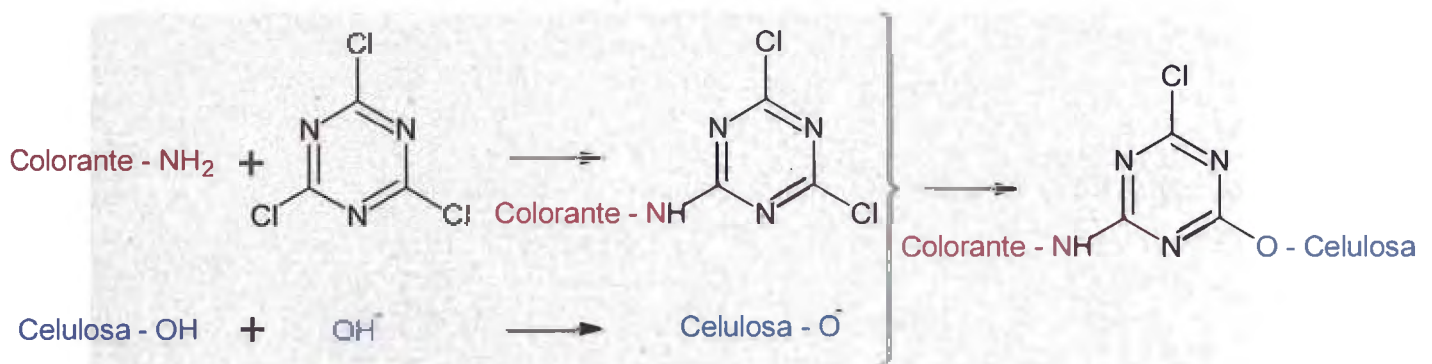


Figura 2.61. Modo de acción de los colorantes reactivos.^[27]

En lugar de triclorotriazina se pueden usar otros sistemas reactivos; basta con que sean capaces de reaccionar con un grupo del colorante y con otro de la fibra. Este sistema de coloración es, en general, más caro que todos los anteriores, pero el resultado es mucho mejor.

2.9. COLORANTES PARA FIBRAS CELULÓSICAS

A pesar del gran crecimiento que han experimentado las fibras sintéticas, las fibras de algodón siguen representando aproximadamente la mitad de la producción mundial de fibras textiles; además de los artículos de algodón al 100 % gran cantidad de algodón se utiliza para la obtención de artículos de mezcla con poliéster. Las fibras celulósicas pueden teñirse con una amplia gama de colorantes.^{[55] [56] [57]}

Las familias tintóreas más utilizadas en la tintura de estas fibras son:

- Reactivos
- Directos
- Tina
- Sulfurosos
- Azoicos insolubles (naftoles)

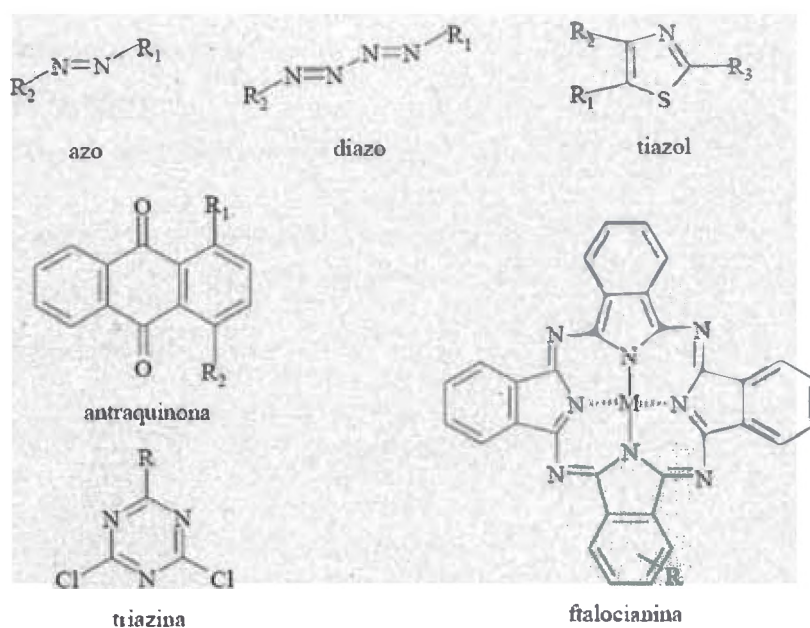


Figura 2.62. Ejemplos estructurales de colorantes textiles.

Los primeros en cuanto a la cantidad empleada (aunque no en cuanto a la cantidad de algodón teñido), son los colorantes sulfurosos, empleados para obtener tinturas muy intensas, con bajo precio y relativamente buenas solideces. Los colorantes sulfurosos, sin embargo, son de más difícil aplicación que otras familias tintóreas y presentan una gama de matices limitada.

Los colorantes directos, con una gama de matices más amplia y procesos de aplicación más simple, presentan bajas solideces a los tratamientos en húmedo, salvo tratamiento posterior, su uso se limita a sectores en los que este factor es secundario; combinan no obstante un buen precio con buenas solideces a la luz. Si se requieren unas solideces a los tratamientos en húmedo excelentes, deben usarse colorantes tina, reactivos o azoicos insolubles.

Los colorantes tina tienen unas excelentes solideces a todos los agentes, agua, luz, etc.; pero son los más caros y de aplicación tan compleja como los sulfurosos. Los colorantes azoicos insolubles, aunque siguen teniendo cierta importancia en tintura y en estampación, presentan limitaciones de aplicación y de intensidad.

Los colorantes reactivos tienen una gran importancia tanto en tintura como en estampación, presentan una amplia gama de matices y gran versatilidad en cuanto a procesos de aplicación. Proporcionan elevadas solideces en húmedo, la solidez al cloro es ligeramente inferior a los colorantes tina, igual que la solidez a la luz en condiciones severas. Se aplican en su mayoría a tejidos, mediante procesos por fulardado, semicontinuos (pad- batch) y continuos; mientras que para hilados y tejidos de punto, se emplean normalmente procesos discontinuos por agotamiento.

La elección adecuada de la familia de colorantes a emplear para la tintura de una determinada partida viene determinada por razones económicas, de proceso y de la calidad final del producto acabado.

En la tabla 2.27. se indican las principales familias de los colorantes para fibras celulósicas.

Tabla 2.27. Principales características de las diferentes familias de colorantes de aplicación a las fibras celulósicas

Familia	Ventajas	Desventajas
DIRECTOS	<ul style="list-style-type: none"> - Económicos. - Proceso simple. - Fácil corrección del matiz. - Posible solidez a la luz alta. 	<ul style="list-style-type: none"> - Baja solidez a los tratamientos húmedos. - Peligro de migración al secado.
REACTIVOS	<ul style="list-style-type: none"> - Buena solidez al tratamiento húmedo. - Extensa gama de matices. - Procesos de tintura múltiples. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ciclo de tintura largo. - Lavado a fondo después de las tintura. - Algo caro.
TINAS	<ul style="list-style-type: none"> - Excelentes solideces. - Matices ternarios. 	<ul style="list-style-type: none"> - Muy caros. - Gama de matices limitada. - Ciclo de tintura largo.
SULFUROSOS	<ul style="list-style-type: none"> - Muy económicos para matices intensos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Gama de matices limitadas. - Contaminación de aguas.

2.9.1. Colorantes reactivos

Los colorantes reactivos se utilizan principalmente en la tintura de fibras celulósicas, aunque cada día gana en importancia su empleo para proteicas y poliamida.^[56] Son los únicos colorantes que contienen un grupo específico capaz de formar enlace covalente con el sustrato textil. En el caso concreto de los colorantes reactivos para fibras celulósicas, presentan en su molécula un grupo reactivo que reacciona con los grupos hidroxilo, o más exactamente grupos hidroxilo ionizados, de la celulosa dando enlace covalente. La energía requerida para romper este enlace es similar a la que se necesita para degradar el sustrato, de ahí su elevada solidez a los tratamientos en húmedo. Los primeros colorantes reactivos se desarrollaron específicamente para procesos de tintura a la continua (o para estampación), juntando en su molécula un grupo Cromóforo procedente de un colorante con baja afinidad por la celulosa (por ejemplo un colorante ácido para fibras proteicas), con un grupo reactivo capaz de dar en condiciones alcalinas, un enlace covalente con los grupos hidroxilo de la celulosa: Gracias a esta combinación, fue posible conjuntar la brillantez de colores y la buena igualación de los colorantes reactivos,

con las buenas solidez a los tratamientos en húmedo aportadas por el enlace covalente obtenido.

2.9.1.1. Propiedades de los colorantes reactivos

Entre las principales características de los colorantes reactivos tenemos:

- Reaccionan con las fibras dando enlace covalente (buena solidez).
- Solubles en agua, aniónicos.
- Baja afinidad por las fibras.
- Reactividad función del pH del baño y de la temperatura.
- Se obtienen colorantes brillantes, debido a la banda de absorción angosta característica en la estructura molecular de estos colorantes.

2.9.1.2. Estructura básica de un colorante reactivo

Su estructura molecular se representa de la siguiente forma:



Figura 2.63. Estructura básica de un colorante reactivo.

Donde:

a) Cromóforo: Son generalmente de tipo azo, antraquinona o ftalocianina. Determina principalmente el matiz del colorante y es a la vez responsable de otras propiedades del colorante.^[14]

Proporciona al colorante reactivo sus características de:^[14]

- Solubilidad
- carga eléctrica (presencia de grupos sulfónicos; $-\text{SO}_3\text{Na}$)
- Color.
- Sustantividad.
- Propiedades de difusión.
- Lavabilidad.
- Corrosibilidad.

Los diferentes matices de la gama de colorantes reactivos se consigue con la presencia de diversos grupos cromóforo:

Tabla 2.28. Matices de los colorantes reactivos con diferentes grupos cromóforos^[61]

Gama de colores	Grupo Cromóforo
Amarillos	Monoazoicos
Pardos	Mono y diazoico
Anaranjados	Diazoicos
Rojos	Mono y diazoicos
Violetas	Mono azoicos premetalizados con cobre
Azules	Antraquinónicos, diazoicos, mono y diazoicos,
Turquezas	Complejo de ftalocianina de cobre y níquel
Verdes	Combinación intermolecular de amarillo y azul

- b) Grupo puente:** Es el enlace entre el colorante y el grupo reactivo. Habitualmente son: Amino (-NH-), amido (-CO-NH-), sulfona (-SO₂-), sulfonamida (-SO₂-NH-).
- c) Grupo reactivo:** Es el responsable del tipo y velocidad de reacción entre la fibra celulósica y el colorante.^[14]

2.9.1.3. Diferentes tipos de estructuras de colorantes reactivos

A continuación se muestran diferentes estructuras de los colorantes reactivos, junto con los nombres de algunas de las gamas comercializadas por distintas productoras y el grupo o grupos reactivos que contienen en cada caso:^{[58], [59]}

a) Colorantes monoreactivos:


	1 cromóforo 1 grupo reactivo	Cibacron F Procion H Remazol Drimaren X Levafix E Levafix EA / Drimaren K	FT MCT VS TCP DCQ DFCP
-------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

Figura 2.64. Estructura de un colorante monoreactivo.

b) Colorantes bireactivos con un solo cromóforo:

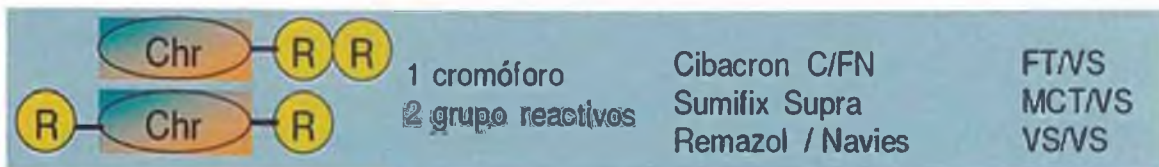


Figura 2.65. Estructura de un colorante bireactivo con 1 solo grupo cromóforo.

c) Colorantes bireactivos con dos cromóforos:

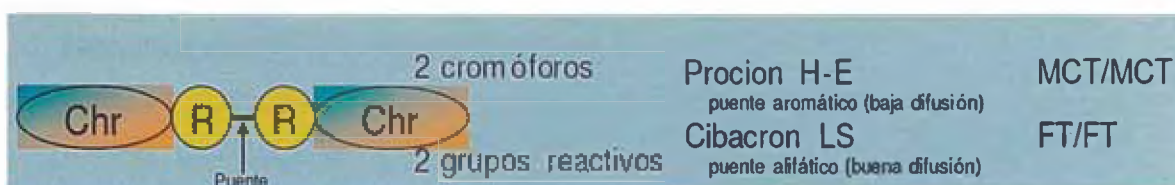


Figura 2.66. Estructura de un colorante bireactivo con 2 grupos cromóforos.

Como se muestra en la figura 2.66, la síntesis de colorantes reactivos ha evolucionado hacia colorantes con dos grupos reactivos y dos cromóforos en su estructura, de esta forma además de obtener una mayor fijación, los colorantes presentan una mayor afinidad por las fibras y requieren menores cantidades de sal para su agotamiento.

Se han introducido a lo largo de los años una gran variedad de grupos reactivos, todos ellos pueden agruparse atendiendo por un lado a su reactividad y por otro a su estructura química, responsable del tipo de reacción con las fibras. Atendiendo a la reactividad de sus grupos reactivos, los colorantes se clasifican en tres subgrupos, de alta, media y baja reactividad. Los parámetros que influyen en la reactividad de los grupos reactivos son el pH y la temperatura, cuanto más elevados sean ambos valores, mayor será la velocidad de reacción del colorante.

2.9.1.4. Colorantes reactivos según la reactividad

Según la reactividad, los colorantes reactivos se emplean en procesos de tintura en frío, tibio o caliente, es decir:^[60]

- I. **Altamente reactivos** (Derivados de la Diclorotriazina).
Las altas temperaturas de trabajo y condiciones alcalinas severas reducen rápidamente su estabilidad. Las soluciones preparadas de estos colorantes son de una duración muy corta, no más de un día.
- II. **Muy poco reactivos** (Derivados de la Monoclorotriazina).
Son menos sensibles a los álcalis y poseen una muy buena estabilidad en general.
- III. **Aplicados en baños por agotamiento bifuncionales** (Derivados de la Bis-Monoclorotriazina).
Se comportan de una manera similar a los del tipo II.
- IV. **Tipo vinil sulfona** (derivados de la β -Sulfoetil sulfona). Son sensibles a la dureza del agua es por ello conveniente que antes del agregado de los colorantes al baño de tintura éste se encuentre neutralizado (caso de aguas duras) empleando para ello 1 g/L de Hexametáfosfato de Sodio o un secuestrante adecuado.

Tal y como se ha dicho anteriormente, junto con la temperatura, la segunda variable que influye en la reactividad de los colorantes reactivos, es el pH; a mayor alcalinidad del baño, mayor velocidad de reacción.

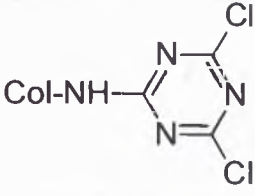
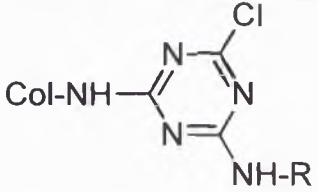
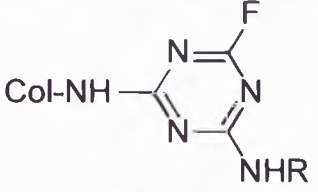
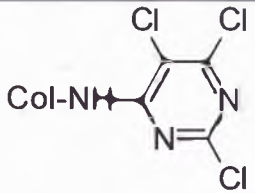
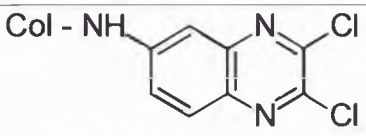
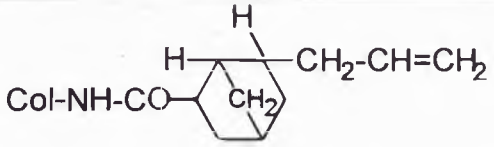
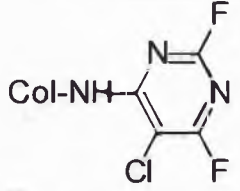
2.9.1.5. Clasificación de los grupos reactivos

Por otra parte, según su estructura química, los grupos reactivos se pueden clasificar en:^[14]

- a) **Grupos reactivos aromáticos:** N-heterociclos con halógenos activados. Dan ésteres de celulosa con las fibras celulósicas.
- b) **Grupos reactivos alifáticos:** Semiésteres o halogenuros activados por grupos vecinos. Dan éteres de celulosa con las fibras celulósicas.

Ejemplos típicos de cada uno de los grupos reactivos para fibras celulósicas son los que se representan en la tabla 2.29. Los tres primeros aromáticos y el cuarto alifático:

Tabla 2.29. Ejemplos significativos de cada uno de los grupos reactivos de los colorantes para fibras celulósicas^{[14], [61], [62]}

Grupo reactivo	Año aparición	Nombre comercial
 <p>Diclorotriazinicos</p>	1956	Procion M (I.C.I.)
 <p>Monoclorotriazinicos</p>	1957	Cibacron (CIBA) Proción H (I.C.I.)
 <p>Monofluortriazina</p>	1957	Cibacron F
Col - SO ₂ - CH ₂ - CH ₂ - SO ₃ H (Vinilsulfónicos)	1958	Remazol (de Hoechst)
 <p>Triclorotriazinicos</p>	1960	Drimaren (de Sandoz) Reacton (de Geigy)
Col - SO ₂ - NH - CH ₂ - CH ₂ - SO ₃ H Vinilsulfonamindicos	1960	Levafix (Bayer)
 <p>Dicloroquinoxalinas</p>	1961	Levafix E
 <p>Vinilsulfónicos</p>	1967	Solidazol N (De C.F.M.)
 <p>Monocloro-difluor-pirimidínicos</p>	1971	Drimaren R (Sandoz)

2.9.1.6. Factores de la propiedad de teñido

2.9.1.6.1. Afinidad

Se define como la atracción del colorante por la fibra de forma tal que es la expresión cuantitativa de la sustantividad, y resulta de la diferencia entre el potencial químico del colorante en su estado estándar en la fibra y el correspondiente potencial químico en el baño. La afinidad al ser expresada en términos de potencial químico indica la fuerza de atracción existente entre el colorante y la fibra expresada como unidad de trabajo. Este concepto es equivalente a medir la fuerza o trabajo requerido para separar el colorante de la fibra. La afinidad de los colorantes reactivos depende de los grupos cromóforos y del sistema reactivo. En el proceso de tintura, las moléculas de colorante en solución tienen una tendencia a ocupar el mayor volumen disponible, presentándose un estado de alto desorden molecular (aumento de la entropía). Cuando las moléculas de colorante penetran en la fibra éstas entran a un estado de menor desorden, para lo que requieren de una fuerza externa que les permita realizar el cambio de estado, la cual es llamada afinidad.

La afinidad reviste una importancia decisiva para el rendimiento de fijación ya que la elevada reactividad proporciona un gran rendimiento de fijación sólo si el colorante no queda por debajo de un determinado límite de afinidad. A mayor afinidad del colorante por la celulosa, mayor es el grado de porcentaje de colorante que es absorbido por la fibra bajo las condiciones dadas en el proceso de tintura y mejor será el grado de fijación. Por lo tanto existen colorantes reactivos con baja afinidad por la celulosa, donde la fijación y el poder tintóreo de los colorantes reactivos no se altera.^[64]

2.9.1.6.2. Sustantividad

Se define como la propiedad que presentan los colorantes de ser absorbidos por la celulosa y su resistencia a la desorción, debido a la energía de unión entre fibra y colorante, está medida por la denominada sustantividad del colorante por la fibra. Es decir, la afinidad es la medida del grado de sustantividad que presenta el

colorante por el material, pero antes de la fijación de ésta a la estructura de la fibra. A continuación se puede apreciar la sustantividad de los principales grupos reactivos (figura 2.67.)

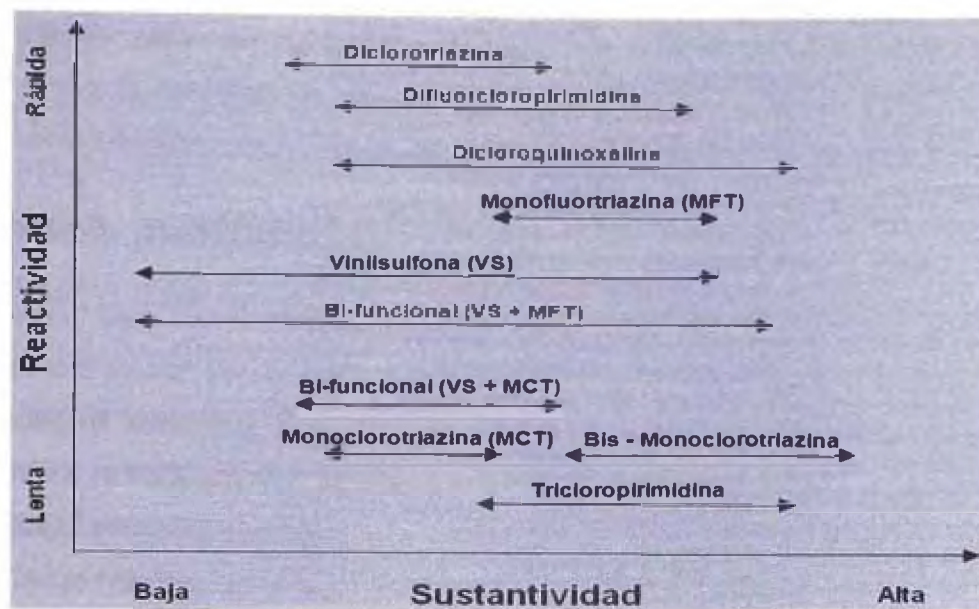


Figura 2.67. Sustantividad de los colorantes reactivos. ^{[64], [65]}

El concepto de sustantividad también puede referirse a la descripción cualitativa de la afinidad, expresada como el nivel de atracción entre los aniones portadores de color presentes en el baño y las fibras celulósicas no iónicas. La alta sustantividad de los colorantes o la buena afinidad por la fibra es un requisito previo para una eficiente tintura por agotamiento con colorantes reactivos, porque de no ser así el género capta muy poco colorante quedando la mayor parte de este en el baño, siendo por tanto casi imposible conseguir tonos medios y oscuros con colorantes que no tienen sustantividad por el material. Esta propiedad es un criterio fundamental para los procedimientos de tintura por agotamiento, en los que solamente pueden emplearse colorantes de media a elevada sustantividad, debido a que esta está estrechamente relacionada con el coeficiente de difusión, donde un elevado coeficiente motiva una baja sustantividad y viceversa. El poder de difusión reviste una importancia decisiva para la buena eliminación por el lavado del porcentaje de colorante no fijado. Bajo estos criterios pudiera parecer a simple vista que se trata simplemente de aumentar la sustantividad, lo cual puede conseguirse dentro de ciertos límites, agregando mayores cantidades de sal, pero esto simplemente no es suficiente, ya que con esto también disminuye la facilidad de

eliminar el colorante no fijado, durante el lavado posterior en la etapa final del proceso general de tintura. Se tienen entonces dos compromisos, uno conseguir una alta sustentividad bajo las condiciones de tintura y otra retener una baja sustentividad para los procesos subsiguientes. Para que un colorante sea sustantivo a la celulosa, ha de reunir las siguientes condiciones necesarias, las cuales están basadas en varias teorías sobre sustentividad.^[67]

2.9.1.6.3. Reactividad

La principal cualidad de un colorante reactivo es su reactividad, la cual depende de la influencia activadora del grupo reactivo. Una reactividad alta significa una menor necesidad de energía para que se dé la reacción. De esta manera, la fijación del colorante a la fibra se logra mediante un equilibrio entre la temperatura de tintura y/o el álcali empleado, es decir, con temperaturas bajas y/o álcalis débiles. Por eso una posible clasificación de los colorantes reactivos sería colorante para la tintura en frío, a temperatura media y en caliente. Para poder indicar en una escala unitaria la reactividad de un colorante se ha introducido la determinación analítica de la cantidad de colorante que reacciona en medio alcalino. Como medida de la reactividad se emplea la constante de hidrólisis, que se expresa como valor recíproco del tiempo; pero se debe tener en cuenta que para algunos tipos de colorantes, la constante de hidrólisis no se puede relacionar con la constante de reacción.^[67] En la figura 2.68 se puede apreciar la reactividad de los diferentes grupos reactivos:

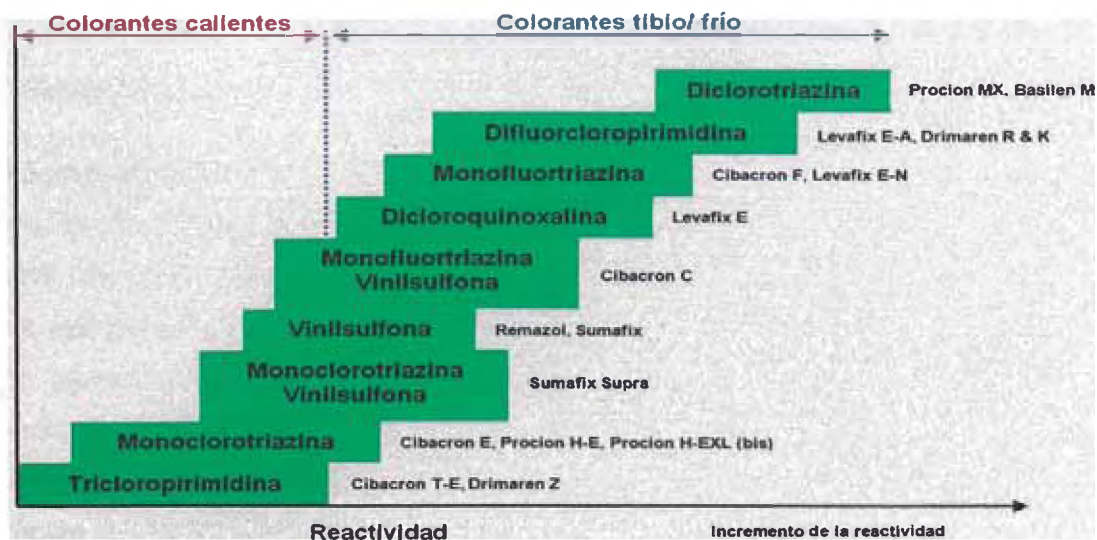


Figura 2.68. Reactividad de los grupos reactivos.^{[64], [65]}

La reactividad determina la velocidad de fijación de los colorantes, por tanto, esta velocidad para los colorantes con grupo reactivo unitario, debería ser teóricamente casi igual. Sin embargo la constitución radical del colorante puede influir sobre la reactividad del grupo reactivo y por ende, sobre la rapidez de fijación del colorante. El grado de rendimiento reactivo (porcentaje de colorante fijado en la fibra en relación a la oferta total) depende fundamentalmente de la reactividad, de la cantidad de posibilidades de reacción en la molécula y de la posición de los radicales reactivos. En la figura 2.69 se aprecia la temperatura de fijación de los diferentes grupos reactivos comerciales:

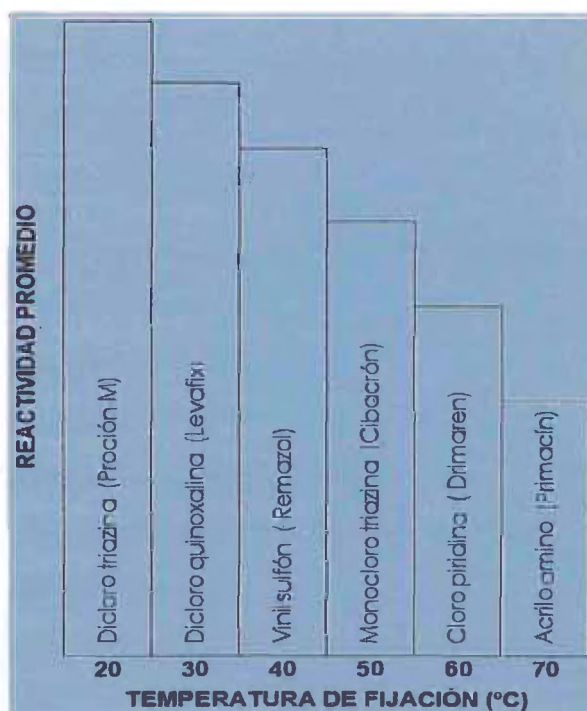


Figura 2.69. Temperatura de fijación de los diferentes grupos reactivos comerciales.^[61]

El agregado de álcali, según su naturaleza química y concentración, produce sobre todo en el caso de los colorantes sumamente reactivos, una hidrólisis al átomo móvil del grupo reactivo. Sin embargo seleccionando el álcali se puede alcanzar una estabilidad suficiente incluso para colorantes altamente reactiva. Para tinturas por agotamiento es indispensable una elevada sustentividad, que se controla mediante una adecuada dosificación, deseándose así mismo una elevada reactividad, la cual sin embargo puede quedar notablemente influenciada por el empleo de álcali fuerte y elevada temperatura, pudiéndose en tal caso emplear también colorantes de reactividad media.^[67]

I. Ventajas al teñir con colorantes reactivos de baja reactividad:

- Mejora propiedades de igualación, fijación más lenta.
- Mejor penetración de los colorantes.
- La temperatura superior y el baño más alcalino tiene efecto positivo sobre la tintura al teñir algodón con insuficiente descrudado.
- Mejores propiedades de marcha de tejido en cuerda
- Mejor hinchamiento de las fibras celulósicas
- Mejores resultados de tintura con material pesado y / o bajo condiciones de tintura desfavorables.
- Los colorantes de tintura en caliente poseen una fase de igualación / compensación que permite llevar a cabo el procedimiento de tintura a un baño de PES/CEL.^[67]

II. Ventajas al teñir con colorantes reactivos de alta reactividad:

- Tiempo de fijación corto.
- Escasa cantidad de álcali.
- El consumo de energía es algo inferior, debido a la baja temperatura de tintura.
- Las propiedades de eliminación por el lavado del colorante hidrolizado son a menudo mejores (energía/agua).
- Condiciones de alcalinidad más suaves en los procesos de foulardeo.
- Mejor concordancia de matiz e intensidad sobre algodón/viscosa, que con colorantes de tintura en caliente.
- Aplicación muy económica.
- La buena estabilidad a la hidrólisis de los baños de foulardeo permite prescindir de aparatos dosificadores.^[67]

2.9.1.7. Concepto sobre el poder de difusión

Otro de los factores que influyen en la cinética de reacción de los colorantes reactivos es la difusión. Los colorantes que se fijan rápidamente han de poseer, un elevado poder de difusión, es decir que, en el breve tiempo que se dispone para la

fijación, los colorantes deben difundirse con la mayor celeridad posible por el interior de la fibra, con el fin de alcanzar los puntos y zonas de la molécula de celulosa susceptibles de entrar en reacción. Las propiedades de difusión de los colorantes se encuentran en estrecha dependencia con la sustantividad, y por tanto, con la facilidad de eliminación del hidrolizado. Cuanto más intensa es la difusión y menor la sustantividad del colorante hidrolizado, tanto más fáciles de lavar resultan las tinturas y sobre todo, los estampados.

2.9.1.8. Modo de fijación del colorante a la fibra

El algodón es un polímero de celulosa que consiste de anillos de D-Glucopiranosas unidos en los carbonos 1 y 4.^[61]

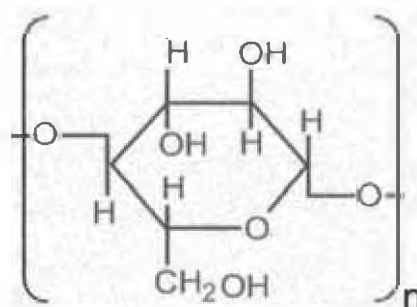


Figura 2.70. Estructura química del D-Glucopiranosas.^[61]

Por lo tanto la celulosa puede ser referida como un alcohol polihídrico, capaz de reaccionar como tal. Los compuestos alcohólicos poseen en cada grupo oxidrónico, un átomo de hidrogeno ligado uno de oxígeno muy electronegativo; esto ocasiona un efecto inductivo que favorece su ionización. En alcoholes alifáticos simples como el metanol, la liberación de electrones por parte del radical alquilo contrarresta la acción inductiva del oxígeno, por lo que el alcohol es menos ácido que el radical oxidrónico del agua.^[61]

Caso general: $R \text{---} O \text{---} H$

Alcoholes simples: $\text{Metil} \text{---} O \text{---} H$

En los alcoholes polihídrico, el efecto inductivo total es un poco más complicado por ser los efectos inductivos individuales competitivos. Esto hace a los alcoholes

polihídricos más ácidos que los alcoholes alifáticos simples. Este efecto se hace obvio en sus constantes de disociación (K_d) (Tabla 2.29.):

Tabla 2.30. Contante de disociación de algunos alcoholes^[61]

Alcohol	K_d	Observaciones
Agua (Alcohol simple)	$2,09 \times 10^{-14}$	No existe efecto inductivo debido a la donación de electrones por el radical metilo. Efecto competitivo de los alcoholes polihídrico los hace más ácido que en el metanol
Metanol	$8,1 \times 10^{-15}$	
Alcoholes Polihídricos Mannitol	$7,5 \times 10^{-14}$	

Los alcoholes polihídrico pueden ser más ácidos que el agua, como se puede apreciar en la tabla anterior de constantes de disociación. Por lo que un determinado pH el alcohol polihídrico se ioniza en mayor grado que el solvente acuoso.

La celulosa contiene alcoholes primarios y secundarios ligados a los carbonos 6, 2 y 3 respectivamente; los que disminuyen en acidez en el siguiente orden:



Es de suponer que el alcohol primario será más pronto a reaccionar que el secundario ligado al carbono 2 y este a su vez más que el del carbono 3. Los experimentos llevados a cabo con n-propanol, un alcohol primario e isopropanol un alcohol secundario lo confirma y muestran que el alcohol primario reacciona siete veces más rápido que el secundario (tabla 2.31.)^[61]

Tabla 2.31. Velocidad relativa de reacción de alcoholes^[61]

Compuesto	Velocidad Relativa de Reacción
Agua	1,0
Alcohol metílico	12,3
Alcohol etílico	7,4
n-propanol	4,0
Iso-propanol	0,7
Glucosa	5,5

Es interesante notar de esta tabla que la velocidad de reacción del agua es más lenta que la mayoría de compuestos orgánicos y por consiguiente, excesiva hidrólisis del colorante (reacción del colorante con los grupos oxidrilos del agua) no es de temerse. Por la acidez de los alcoholes polihídricos la celulosa es capaz de ionizarse bajo condiciones alcalinas y de actuar como un agente nucleofílico en reacciones de Schotten-Bauman (reacción entre un cloruro ácido aromático y un alcohol) o con átomos de carbono que poseen un doble enlace.

Muchos agentes presentan estas propiedades, pero para la producción de colorantes reactivos se requiere además:

- El sistema reactivo sea simple y económico en su fabricación para hacerlo más competitivo en el mercado.
- El sistema seleccionado no sea tóxico, cause alergias a los usuarios
- El enlace covalente formado entre el colorante y la fibra sea suficientemente estable, puesto que su solidez al lavado depende de ello.
- 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.
- El sistema seleccionado sea suficientemente estable durante el almacenaje para evitar la hidrólisis del colorante con la humedad ambiental antes de su uso.

Las fibras de algodón están compuestas en gran parte de celulosa, un polímero que tiene un número indefinido de unidades de glucosa.^[68]

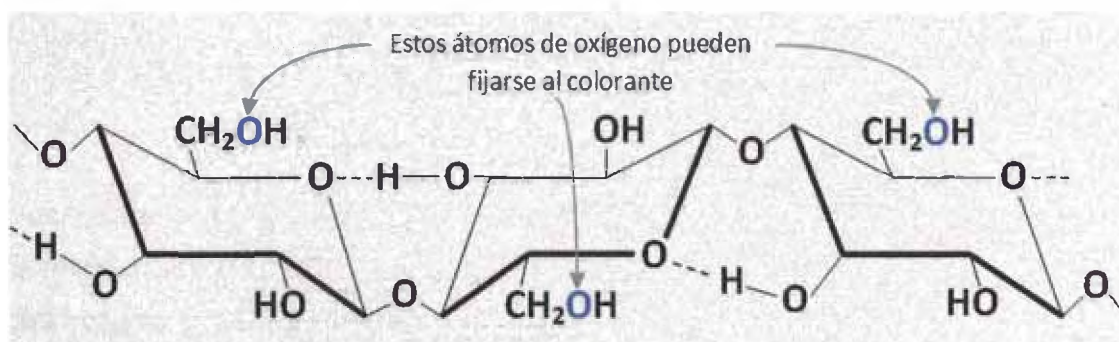


Figura 2.71. Estructura de la Celulosa. Los enlaces de puente de H entre unidades de glucosa ayudan a hacer rígida la estructura.^[68]

Los colorantes son moléculas coloreadas que pueden formar enlaces covalentes con las fibras. Por ejemplo, el Azul Brillante Procion M-R es un colorante con un cromóforo (la parte coloreada) azul unido a un anillo reactivo de diclorotriazina:

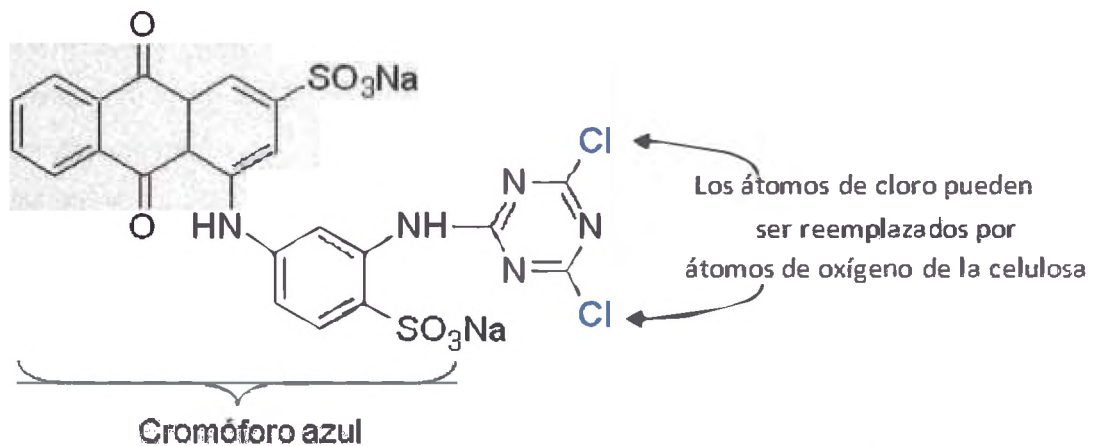


Figura 2.72. Estructura del colorante reactivo Azul Brillante Proción M-R

Los átomos de los grupos $-\text{CH}_2\text{OH}$ de la celulosa pueden reemplazar a los átomos de cloro del colorante, y formar enlaces covalentes que fijan permanentemente el colorante a la fibra.^[68]

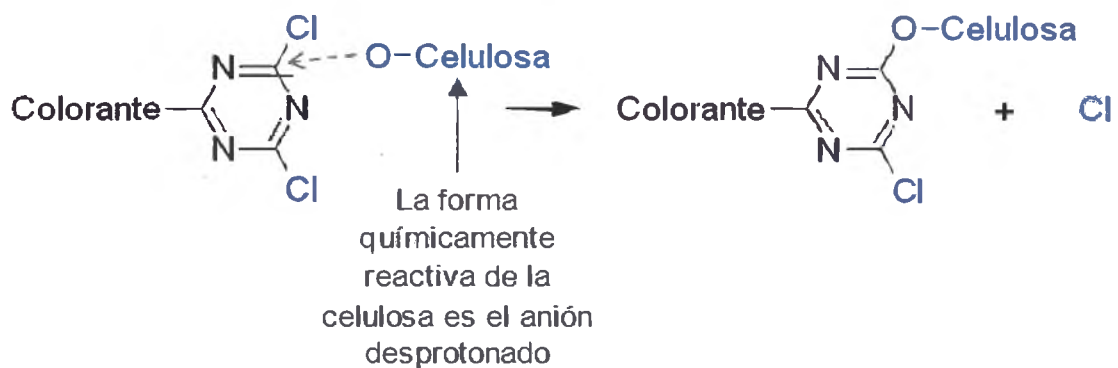


Figura 2.73. Reacción del colorante con la celulosa.

Después de teñir, se elimina el exceso de colorante mediante un lavado en caliente. Durante el lavado en caliente, el segundo grupo Cl del colorante es desplazado por otra celulosa o por agua (dando colorante-OH).^[68]

La forma químicamente reactiva de la celulosa es la base conjugada:



Figura 2.74. Base conjugada de la celulosa.^[68]

Para favorecer la disociación del protón del grupo $-\text{CH}_2\text{OH}$ de la celulosa, el teñido se lleva a cabo en una disolución alcalina (carbonato de sodio ó hidróxido de sodio) a un pH alrededor de 10,6. La fracción de la especie reactiva de celulosa viene dada por la fracción de disociación del ácido débil a ese pH :

$$\text{Fracción de disociación} = \frac{[\text{RO}^-]}{[\text{ROH}] + [\text{RO}^-]} \approx \frac{[\text{RO}^-]}{[\text{ROH}]}$$

Figura 2.75. Fracción de la especie reactiva de la celulosa.^[68]

Dado que la fracción de disociación de un ácido muy débil es muy pequeña, $[\text{ROH}] \gg [\text{RO}^-]$, y por consiguiente el denominador es aproximadamente igual a ROH . El cociente $[\text{RO}^-] / [\text{ROH}]$ se puede calcular a partir de K_a y del pH :

$$K_a = \frac{[\text{RO}^-][\text{H}^+]}{[\text{ROH}]} \Rightarrow \frac{[\text{RO}^-]}{[\text{ROH}]} = \frac{K_a}{[\text{H}^+]} \approx \frac{10^{-15}}{10^{-10.6}} = 10^{-4.4}$$

Fracción de disociación $\approx 10^{-4.4}$

Figura 2.76. Cálculo de la fracción de disociación.^[68]

Aproximadamente solo uno de cada $10^{4.4}$ grupos $-\text{CH}_2\text{OH}$ de la celulosa se encuentra en forma reactiva a pH 10,6.

Por la acidez de los alcoholes polihídricos, la celulosa es capaz de ionizarse bajo condiciones alcalinas y de actuar como un agente nucleofílico en reacciones del tipo de Schotten-Bauman (reacción entre un cloruro ácido aromático y un alcohol) o con átomos de carbono que poseen un doble enlace.^[68]

2.9.1.9. Factores que influyen en la absorción y en la reacción

La tintura de fibras celulósicas con los colorantes reactivos tiene lugar en tres etapas bien diferenciadas.^[53]

- 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.
- Reacción del colorante en medio alcalino, con los grupos hidroxilo de la celulosa y del agua.
- Eliminación del colorante hidrolizado y por lo tanto no fijado covalentemente a la fibra celulósica.

La distribución según Vickerstaff del colorante en las diferentes etapas del proceso se indica mediante los equilibrios de la tabla siguiente:

Tabla 2.32. Distribución del colorante. (Col-Cl), representa un colorante monoclorotriazínico^{[14], [53]}

Fases	Solución Externa	Fibra celulósica	
	Colorante de la solución Externa	Colorante en solución en el baño intermicelar	Colorante absorbido en las moléculas de la celulosa
Fase de tintura neutra Absorción	$\text{Col} - \text{Cl} \rightleftharpoons$	$\text{Col} - \text{Cl} \rightleftharpoons$	$\text{Col} - \text{---} \left\{ \begin{array}{l} \text{(Fibra)} \\ \text{Cl} \end{array} \right.$
Fase intermedia alcalina Absorción y reacción	$\text{Col} - \text{Cl} \rightleftharpoons$ ↓ $\text{Col} - \text{OH} \rightleftharpoons$	$\text{Col} - \text{Cl} \rightleftharpoons$ ↓ $\text{Col} - \text{OH} \rightleftharpoons$	$\text{Col} - \text{---} \left\{ \begin{array}{l} \text{Cl} \\ \text{Col} - \text{---} \\ \text{O} - \text{---} \\ \text{OH} \end{array} \right.$
Fase final; todo el colorante ha reaccionado	$\text{Col} - \text{OH} \rightleftharpoons$ (1)	$\text{Col} - \text{OH} \rightleftharpoons$ (2)	$\text{Col} - \text{---} \left\{ \begin{array}{l} \text{OH} \\ + \\ \text{Col} - \text{---} \\ \\ \text{O} - \text{---} \end{array} \right.$ (3) (4)

Al final de la tintura, el colorante se halla en dos formas, reaccionado con la celulosa o bien hidrolizado; si el rendimiento se define como la proporción del colorante inicial que está combinado químicamente con la fibra al final de la tintura,

el colorante (1) y (2) disminuye dicho rendimiento por disminuir el agotamiento, así como el colorante (3) que si bien se encuentra absorbido por la fibra disminuye también el rendimiento ya que no está unido covalentemente a la misma, dando lugar además a la disminución de las solideces al lavado; por ello, interesa hacer máximo el colorante en la forma (4), hecho que depende tanto de la etapa de absorción como de la reacción, pues solo puede reaccionar con la fibra el colorante que se halla previamente absorbido.^[53]

Según la estructura química del grupo reactivo, se pueden dar dos mecanismos de reacción:^[14]

- Sustitución nucleófila, en el caso de los grupos reactivos Aromáticos.
- Eliminación y adición nucleófila, en el caso de los grupos reactivos alifáticos.

Las figuras 2.77 y 2.78 representan los mecanismos de reacción descritos:

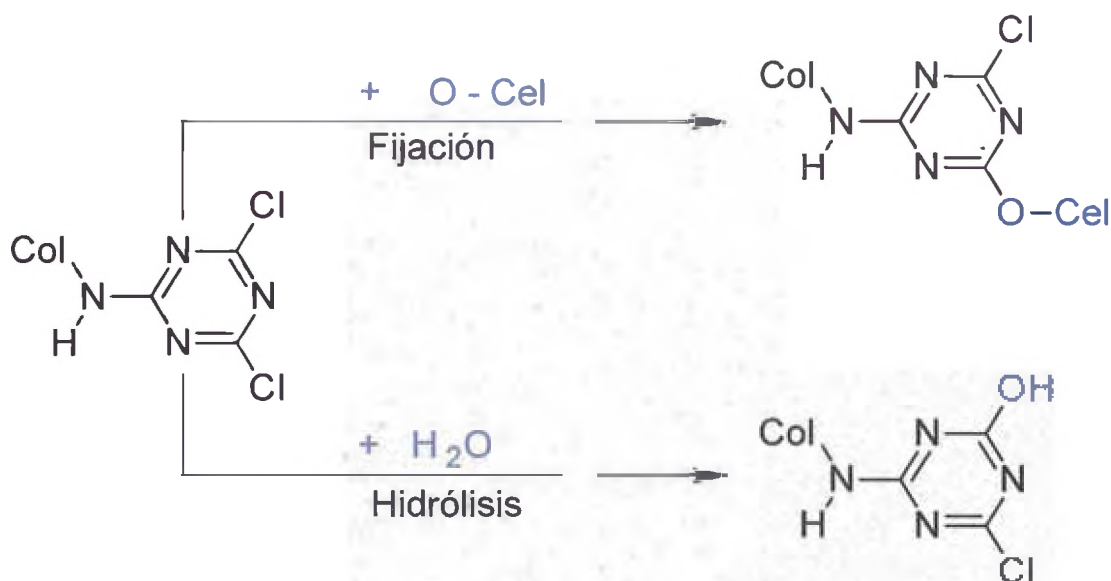


Figura 2.77. Mecanismo de sustitución nucleofílica.^[14]

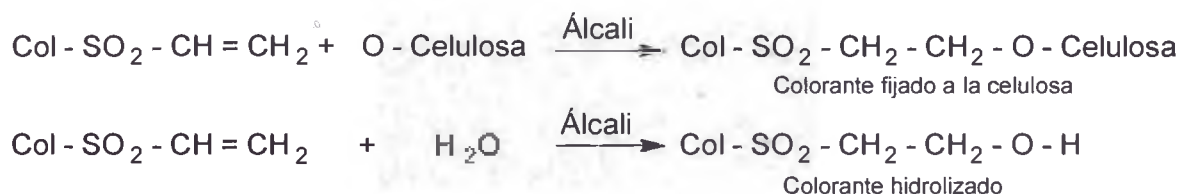


Figura 2.78. Mecanismo de eliminación y adición.^[14]

En ambos casos, es necesario indicar que durante el proceso de tintura, entran en competencia dos reacciones:

➤ **Alcoholisis:**

Colorante + fibra → colorante fijado en la fibra.

➤ **Hidrólisis:**

Colorante + agua → colorante hidrolizado, que debe ser eliminado después de la tintura mediante lavado (reacción no deseada).

La reacción entre fibra celulósica y colorante requiere pH alcalino, en estas condiciones aumenta la reacción de hidrólisis, dando colorante hidrolizado que no reacciona ya con la fibra. La eficiencia (rendimiento) del proceso de tintura se incrementa favoreciendo la reacción con la fibra y disminuyendo la cantidad de colorante hidrolizado. La obtención de máximas solidez a los tratamientos en húmedo, depende de la eliminación total, después de la tintura, de todo el colorante hidrolizado depositado en la fibra y no unido covalentemente a ella. Por esto es necesario siempre realizar, al final del proceso, una serie de enjuagados, lavados y jabonados lo más completos posible.

Para mejorar el rendimiento de la tintura se debe conseguir el máximo agotamiento del colorante antes de empezar la fase de reacción. Por eso en una primera fase se trabaja en baño neutro y con elevada adición de electrolito neutro para forzar el agotamiento del colorante en la fibra, hay que recordar que los colorantes reactivos son de baja afinidad. En una segunda fase, cuando la mayor parte del colorante se encuentra en la fibra, se añade el álcali necesario para provocar la reacción entre ambos.

Es importante recalcar desde un punto de vista medioambiental, que todo el colorante no fijado e hidrolizado, será descargado en los efluentes procedentes del baño de tintura y de los posteriores lavados.

2.10. PROCESO DE TEÑIDO DE LA FIBRA DE ALGODÓN

2.10.1. Tratamientos previos

A la fibra de algodón se le aplica inicialmente un tratamiento para su posterior proceso de teñido, estos son:

- Desmineralizado.
- Descrudado.
- Blanqueo Químico.
- Antipilling.

2.10.1.1. Desmineralizado

Los iones alcalinos térreos y de metal pesado pueden causar un gran número de defectos en transcurso del proceso de ennoblecimiento de sustratos de celulosa, especialmente durante el tratamiento previo. La mayor parte de los defectos es debido a las grandes diferencias en el contenido de metal de la materia prima de la fibra.

Según la proveniencia el contenido de iones alcalinos térreos y de metal pesado es muy distinto. Analizando un algodón cultivado en un invernadero se encuentra los siguientes contenidos de metal:

Calcio	400 – 500 mg/kg
Magnesio	300 – 400 mg/kg
Hierro	aprox. 2 mg/kg

Estos valores corresponden a las cantidades de sal extraídas de la tierra por la planta con sus raíces. Si se comparan estos valores con valores medidos con calidades de algodón de distintas regiones de cultivo, se nota una gran discrepancia ya que las calidades de producción agrícola tienen un contenido de metal mucho más alto y lo que llama especialmente la atención son los muy distintos contenidos de hierro y calcio.^[14]

Se puede observar en el cuadro el contenido de algodón de distintas procedencias de algodón crudo:

Tabla 2.33. Contenido de minerales de diferentes tipos de algodón^[14]

Tipos de algodón	Ca mg/kg	Mg mg/kg	Fe mg/kg	Cu mg/kg	Mn mg/kg
Brasil Assai Parana	3147	1156	680	6	30
Brasil Sao Paulo	845	555	46	6	11
Perú	700	440	13	1	1
Estados Unidos Texas	810	365	75	1	1
Estados Unidos California	600	540	40	1	1
Rusia	1888	1055	187	3	36
Rusia (otras regiones)	978	781	78	4	9
Egipto Makko	640	452	11	1	1

La introducción del proceso de desmineralizado resulta ventajoso, ya que permite mejorar los resultados del proceso de blanqueo, debido a que logra frenar la descomposición catalítica del H_2O_2 . Los iones alcalinos térreos y de metales pesados (normalmente introducidos en el sistema por el agua de proceso o arrastrados por la fibra) pueden durante el blanqueo alcalino con peróxido, originar los siguientes efectos indeseados:^[70]

- Formación de incrustaciones en máquinas de teñido, debido a precipitaciones de carbonatos, hidróxidos, fosfatos, silicatos alcalinotérreos, etc.
- Sales de hidróxidos de magnesio se precipitan en altas concentraciones de iones, las cuales se requieren para estabilizar H_2O_2 .
- Altas durezas de agua rompen las emulsiones e impiden así retirar aceites y grasas.
- Los formadores de dureza (Ca, Mg) y los iones metálicos inciden sobre la solubilidad del colorante, ya sea en procesos combinados blanqueo / teñido posterior.
- Formación de sales insolubles, las cuales al utilizar blanqueadores ópticos pueden hacerse notar a través de un tono amarillo-verdoso.

- Las sales alcalinotérreas modifican el tacto (endurecimiento) y empeoran la hidrofiliidad.
- Los iones de calcio impiden especialmente la eliminación de hidrolizados de colorantes después del teñido reactivo.
- La así llamada dureza del agua se obtiene de la suma de iones de calcio y magnesio.
- Durante el blanqueo, tanto los iones de calcio como los de magnesio tienen propiedades estabilizantes de H_2O_2 . Pero en mezcla reduce el calcio claramente la propiedad estabilizante de magnesio. Y justamente de la toma de los iones de magnesio (Mg^{2+}), ya sea del agua de proceso, de los minerales que acompañan la fibra o de la adición de sustancias específicas para ello, desarrollan los copolímeros propiedades estabilizantes de H_2O_2 .
- El H_2O_2 se descompone de un baño alcalino a partir de pH 14. La presencia de metales pesados catalizan la descomposición, produciendo los llamados daños catalíticos que se manifiestan en una descomposición hidrolítica y oxidativa de la celulosa. Estos minerales que acompañan el proceso y que son fácilmente solubles en medio ácido, son por parte del ácido polimérico, ya sea incorporados o después de ajustar las condiciones de caustificado o de blanqueo, secuestrados en forma hidroxílica, evitando su precipitado.

2.10.1.2. Descrudado

El proceso de descrudado consiste en la purificación del algodón, que contiene impurezas como ceras, pectinas, sales minerales, etc. Dichas impurezas varían en porcentaje de acuerdo a la variedad de algodón y de acuerdo a las condiciones climatológicas habidas durante el cultivo. Estas impurezas deben de ser removidas para asegurar la absorción del agua, que es el vehículo de transporte de los colorantes y otros productos de acabado. La absorción del agua es necesaria para la uniformidad del teñido y para el posterior tratamiento de la tela.^[14]

Las ceras y grasas, se encuentran localizadas principalmente en la pared primaria de la fibra de algodón, formando una superficie hidrofóbica. Sin embargo esta característica es muy útil en el proceso de hilatura y tejido. Las grasas y ceras son los compuestos más difíciles de remover.^[14]

Químicamente la grasa se define como un triglicérido o ester derivado de la glicerina y un ácido graso; y la cera como un ester formado por un ácido y un alcohol graso.^[14]

Cuando los aceites y grasas se calientan en presencia de una solución de hidróxido de sodio o de potasio, se hidrolizan dando como resultado glicerol y la sal alcalina del ácido graso. Las sales de sodio o de potasio de los ácidos grasos son jabones y a este tipo de hidrólisis en particular se le conoce como saponificación.

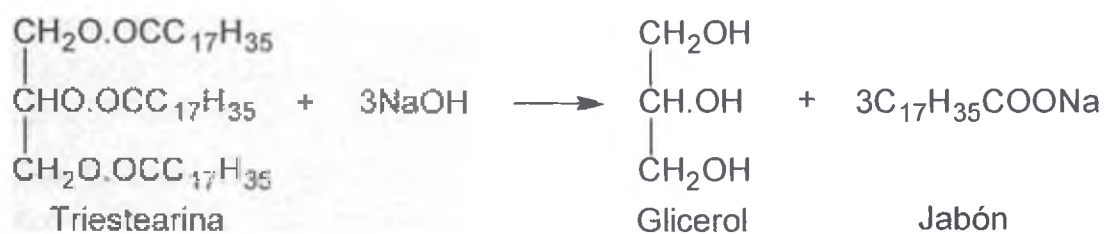


Figura 2.79. Reacción de saponificación de un triglicérido.

La saponificación se realiza en presencia de una base fuerte como el hidróxido de sodio en un medio acuoso y a temperaturas de 90 °C a 110 °C, formando jabones los cuales son solubles en agua.

En la cera del algodón existen esteres que pueden saponificar; sin embargo, hay una cantidad de materia que no es saponificable, es decir, que no reacciona con el hidróxido de sodio formando jabón, por lo tanto son removidos por emulsificación por acción de los jabones formados u los agentes tenso activos adicionados. Las ceras son considerablemente más resistentes a la saponificación que las grasas y pueden ser hidrolizadas con soluciones de álcalis bajo presión o a presión atmosférica luego de una ebullición prolongada en álcali (potasa alcohólica).^[14]

Los aceites, grasas y ceras son todos insolubles en agua, sin embargo la mayoría se disuelve en solventes orgánicos y también forman emulsiones de diversos grados de estabilidad cuando agitadas con agua jabonosa o con otros agentes emulsionantes. Las grasas y sustancias similares se retiran de los textiles por tres métodos:

- Por saponificación cuando la fibra no se vea afectada por los álcalis, como en el caso del algodón.

- Por emulsión con jabón u otro agente tensoactivo.
- Por extracción con un solvente orgánico.

2.10.1.3. Blanqueo químico

Además de las impurezas eliminadas en los procesos anteriores, existen otras de tipo leñoso, las cuales no se eliminan en el descrudado por lo que las fibras presentan un color amarillento; según su procedencia presentaran un color diferente, así el egipcio es amarillo o azulado, el indio es pardo, el del Turquestán es rojizo, el pima es cremoso, el tanguis es blanco, etc. Esta diferencia de coloración se debe a los diversos grados de oxidación de un pigmento común a todas las clases de algodón; este pigmento consta de dos partes, una soluble en alcohol hirviendo e insoluble la otra. Su constitución de este pigmento no ha sido determinada exactamente, pero se supone que pertenece a la familia de flavinas, antocianinas o bien que contiene ácido clorógeno.

El blanqueo de la fibra de algodón se realiza teniendo como meta, lograr un alto grado de blancura para teñidos de colores claros, medios y mejorar el aspecto uniforme de la fibra con bajo contenido residual de impurezas nativas, durezas, metales pesados, grasas y ceras.^[64]

El agente oxidante más comúnmente usado hoy en día en el blanqueo es el peróxido de hidrogeno, durante la reacción de blanqueo surge productos de descomposición ecológicamente puros como el agua y oxígeno. Ningún otro agente de blanqueo tiene un campo de aplicación tan amplio. El peróxido de hidrogeno se utiliza en baños fluidos a bajas y altas temperaturas. Debido a su constante de disociación de $1,5 \times 10^{-12}$ a 20 °C, el peróxido de hidrogeno es un ácido verdadero.^[64]

Durante el transcurso de la reacción de blanqueo, los procesos de extracción se completan para los siguientes efectos:^[14]

- Extracción de las impurezas coloreadas naturales de la fibra.
- Remoción total de las cascaras y semillas.
- Hidrólisis, oxidación y eliminación de restos de almidón.

- Logro del blanco requerido con el mínimo posible de daño a la fibra.
- Absorbancia mejorada en la fibra o tejido de acuerdo a un estándar de uniformidad.

El mecanismo de la reacción química del blanqueo es el siguiente:

Tabla 2.34. Reacciones durante el blanqueo químico^[71]

El H ₂ O ₂ es un ácido débil que se ioniza según la reacción.	$\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}^+ + \text{HO}_2^-$
En solución alcalina, se activa el agua oxigenada y se forma cierta cantidad de aniones perhidroxi especie activa encargada de producir el blanqueo. Una concentración mayor de iones OH ⁻ tiene efecto activante con una cantidad creciente de aniones de peróxido de hidrogeno disponible en el licor, el efecto de blanqueo se incrementa.	$\text{H}_2\text{O}_2 + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{HO}_2^-$
Los aniones perhidroxi se descompone en sus formas más estables en ion hidroxilo y oxígeno naciente; estos aniones perhidroxi son la fuente del oxígeno activo (naciente) que tiene el efecto de blanqueo.	$\text{HO}_2^- \rightarrow \text{OH}^- + [\text{O}]$
En una reacción secundaria existe siempre alguna formación de oxígeno molecular, que no desarrolla ninguna eficiencia para el blanqueo.	$2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$
El oxígeno activo formado reacciona químicamente con los dobles enlaces de los sistemas cromóforos, por ejemplo de los pigmentos carotenoides que, entre otras cosas, confiere al algodón crudo su color amarillo pardusco característico.	$ \begin{array}{c} \text{H}-\text{C} \\ \\ \text{H}-\text{C} \\ \end{array} + [\text{O}] \rightarrow \begin{array}{c} \text{H}-\text{C} \\ \\ \text{H}-\text{C} \end{array} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \end{array} + \begin{array}{c} \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \end{array} $
No obstante, en una solución ácida, los aniones de peróxido de hidrogeno se estabiliza.	$\text{HO}_2^- + \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$

La oxidación alcalina de los pigmentos cromóforos va siempre acompañada de la oxidación de la misma celulosa oxidándose los grupos hidroxilo terminales en aldehídos y ácidos carboxílicos, en tanto que los grupos hidroxilos medios se oxidan convirtiéndose en cetonas. Si la oxidación prosigue, termina por producirse

la rotura de la molécula de la celulosa, disminuyendo entonces el grado medio de polimerización de la celulosa.^[72]

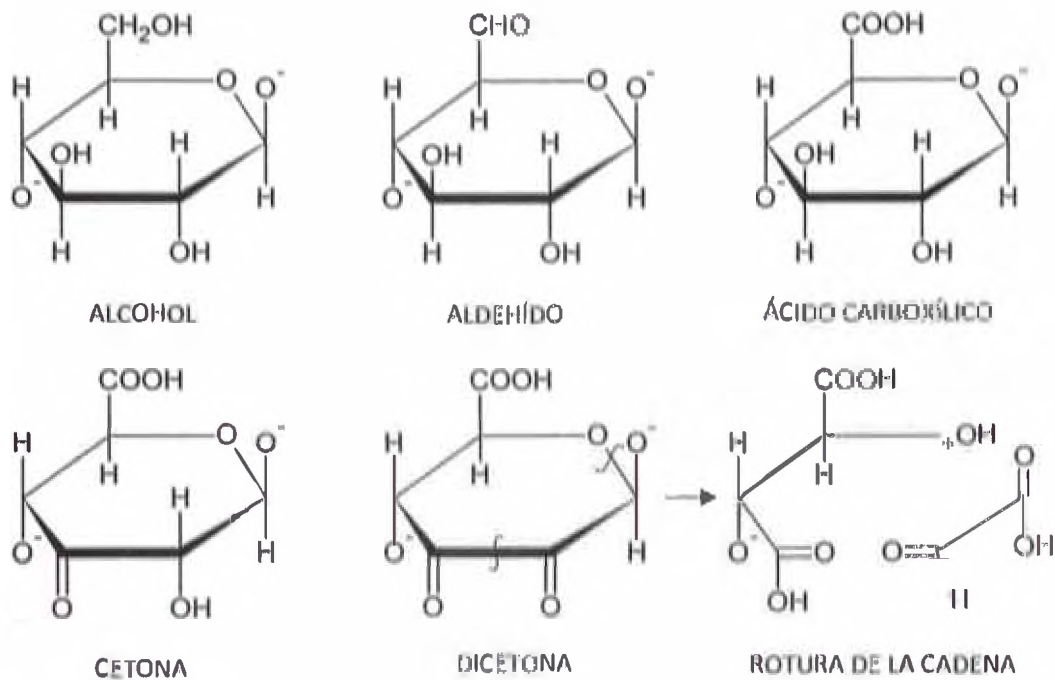
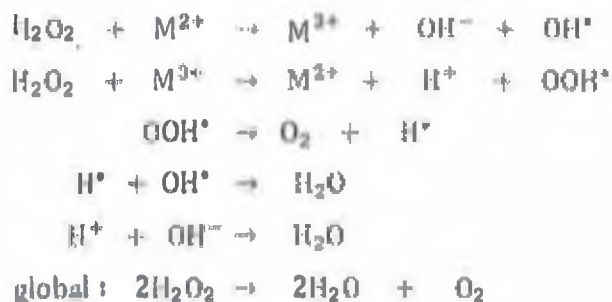


Figura 2.80. Oxidación de los grupos hidroxilo terminal y medio.

Efecto de iones metálicos:^[71]

Los iones metálicos como el Mn^{2+} , Fe^{3+} y Cu^{2+} , catalizan la descomposición del H_2O_2 por medio de las reacciones expresadas en el esquema de reacciones:



(Z^\bullet : Intermediario altamente reactivo)

Figura 2.81. Reacción del peróxido con iones metálicos.^[71]

Los iones metálicos pesados y las impurezas sin definir catalizan la descomposición rápida del anión perhidroxil, convirtiéndolo en oxígeno molecular (inoperante a

efectos de blanqueo) y agua. La descomposición violenta del agua oxigenada al entrar en contacto con los catalizadores produce los típicos daños catalíticos.

Los procesos de control de estos iones metálicos incluyen técnicas para evitar el contacto entre el metal y el H_2O_2 . Esto se lleva a cabo mediante agentes quelantes, encargados de secuestrar los cationes presentes en disolución formando quelatos, cuya estructura anular envuelve a dichos iones inhibiendo su efecto catalítico y eliminándolos posteriormente mediante lavado (Berry y Nugent, 1989).^[71]

La función de los estabilizadores consiste en frenar la descomposición del anión perhidroxi (agente de blanqueo) y mantener a lo largo de toda la operación de blanqueo un potencial oxidante elevado. El peróxido residual que, en una concentración de aproximadamente 15 – 30 % con respecto a la concentración del agua oxigenada inicial queda en el material textil después del blanqueo, indica que este ha transcurrido con suavidad sin que se hayan producido descomposiciones espontáneas del peróxido por acción de los catalizadores.

2.10.1.4. Antipilling

Es la hidrólisis controlada de las fibras celulósicas por medio de celulasas, diseñadas para modificar la superficie de la tela a fin de evitar la formación de bolitas, pelusas y aumentar la suavidad de la tela.^[26]

Los géneros de punto y los tejidos se tratan en procesos continuos y discontinuos con los siguientes beneficios:

- Estructuras superficiales más limpia con menos pelusillas.
- Reducción de la formación de bolitas.
- Mejor tacto y más caída.
- Un tratamiento más respetuoso con el medio ambiente.

Las celulasas son enzimas capaces de degradar la celulosa, que realizan una acción catalítica sobre los enlaces 1,4 – β glucosídico de la molécula de celulosa. La hidrólisis de este enlace separa la molécula en fragmentos pequeños que pueden reducirse todavía más. En realidad, una enzima de celulasas es una mezcla

de diversos componentes enzimáticos, formando lo que se denomina un “complejo enzimático”, que actúa de forma sinérgica en la degradación de la celulosa. Este complejo enzimático está formado por tres tipos de enzima:^[74]

- Endoglucanasas (Egs) o Endocelulasas (β -1,4-D-glucan 4-glucanohidrolasa)
- Celobiohidrolasas (CBHs) o Exocelulasas (1,4- β -D-glucan celobiohidrolasa)
- β -glucosidasa (BGs) o Celobiasas (β -D-glucósido glucohidrolasa).

Mediante un mecanismo de hidrólisis catalítica, todos los componentes de la celulosa producen la ruptura del enlace β -1,4-glicosídico del polímero celulósico, aunque cada uno de ellos actúa de forma específica.

Las investigaciones actuales proponen el mecanismo de reacción que se muestra en la figura.^[82]

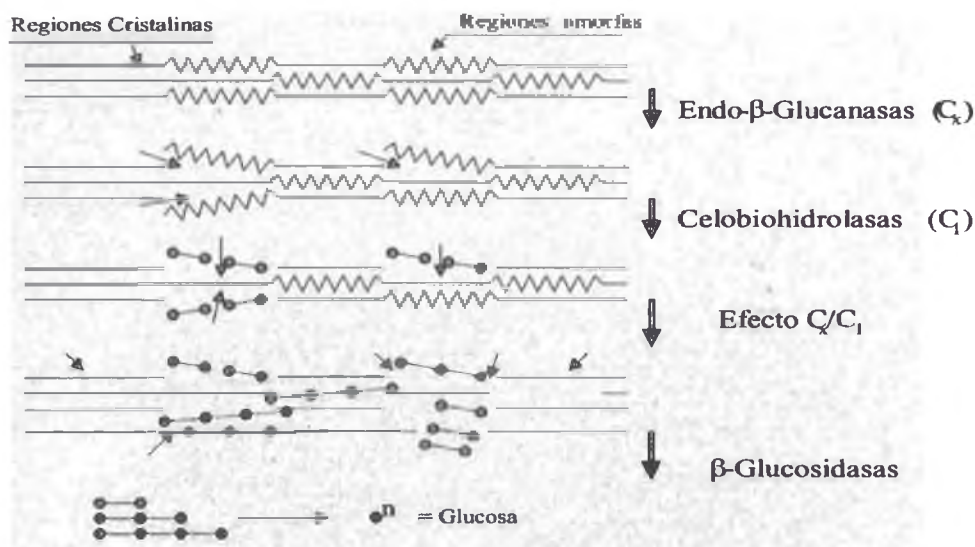


Figura 2.82. Mecanismo de hidrólisis enzimática de la celulosa.^[83]

- La primera etapa consiste en la degradación hidrolítica de las regiones amorfas, por medio de las endoglucanasas (Egs), que atacan de forma estadística el enlace β -1,4-glicosídico de las regiones amorfas del polímero de celulosa, produciendo múltiples cadenas de polímeros de diversas longitudes.
- En la etapa siguiente actúan las Celobiohidrolasas (CBs) o exoglucanasas, cuya acción se limita al extremo no reductor de la cadena, presentando una elevada

actividad frente a la celulosa amorfa y dando como producto celobiosa (dímero de β -1,4-glucosa). Esta enzima presenta gran afinidad por la celulosa, por lo que también degrada lentamente las cadenas terminales no reductoras de las regiones cristalinas accesibles del polímero, produciendo celobiosa.

- Finalmente, las β -glucosidasas hidrolizan las cadenas de celobiosa y celooligosacaridos solubles, produciendo glucosa. Este proceso no solo completa la degradación de la celulosa, sino que elimina la acumulación de celobiosa que actuaría como inhibidor de las Celobiohidrolasas, en la segunda etapa del mecanismo de hidrólisis.

Para conseguir el efecto máximo de la enzima es necesario optimizar el pH y la temperatura de la reacción, generalmente las celulasas se clasifican en dos grupos principales en base a rangos de pH óptimos:^[26]

- Las celulasas acidas, tiene mayor actividad a un pH entre 4.5 – 5.5 y a una temperatura entre 45 – 55 °C.
- Las celulasas neutras requieren un pH de 5,5 – 8,0 y una temperatura de 50 – 60 °C

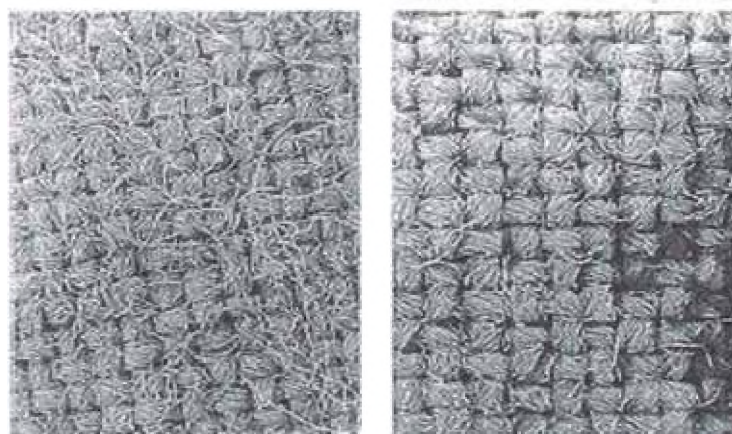


Figura 2.83. Tejido antes del tratamiento antipilling (izquierda) y después (derecha).^[26]

La hidrólisis de la celulosa no es instantánea. Además de un índice de pH y una temperatura óptimos, se requiere de un periodo de incubación cuya duración depende del sustrato y de la dosificación enzimática. Las telas pesadas y las bajas

dosificaciones enzimáticas requieren periodos de incubación prolongados. Por consiguiente, debe reducirse el tiempo de incubación si se aumenta la dosificación.

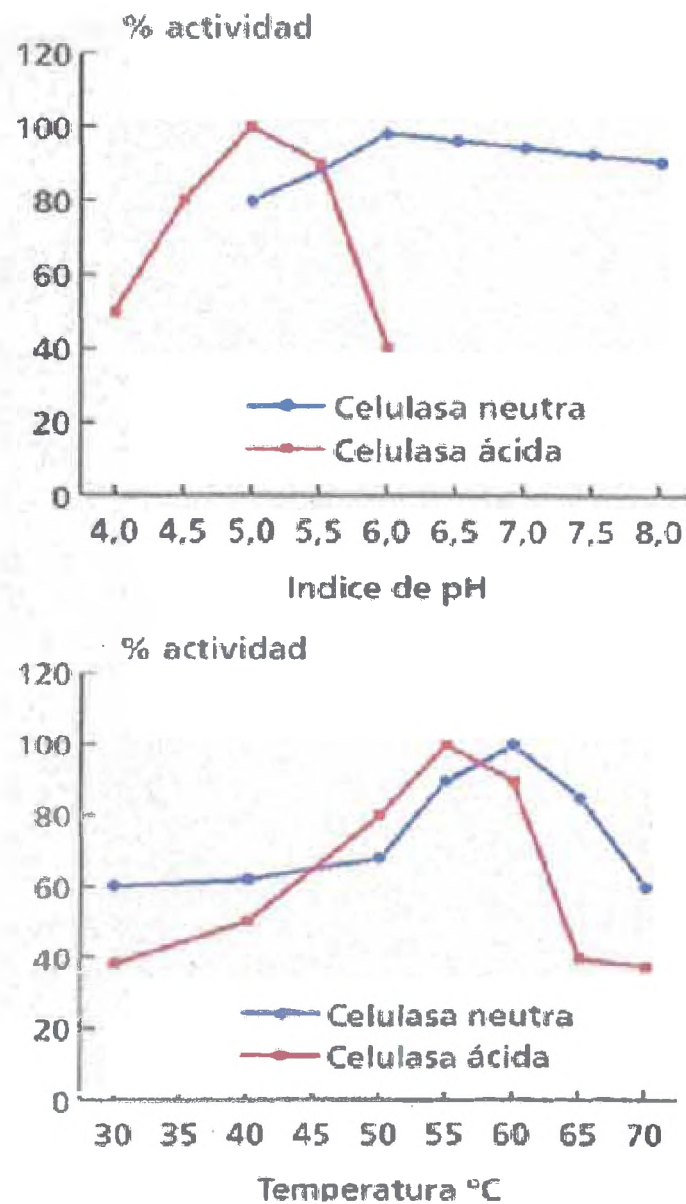


Figura 2.84. Características de pH y temperaturas de actividad enzimática de las celulasas.^[74]

Tras la incubación, se detiene la reacción desactivando la enzima. La desactivación se consigue ajustando el índice de pH a 10, o bien aumentando la temperatura a 75 °C durante 15 minutos. Ambos métodos distorsionan la estructura física de la enzima, impidiendo cualquier hidrólisis posterior.

En general, las celulasas se consideran inocuas para el medio ambiente, contrariamente a muchos de los productos químicos utilizados normalmente en un proceso textil.

2.10.1.5. Productos auxiliares usados en el tratamiento previo

A fin de lograr buenos resultados en el blanqueo y descruce como también en la tintura se requiere una serie de auxiliares diferentes:

- Productos Tensoactivos: Humectantes, detergentes, desengrasantes.
- Secuestrante.
- Antiespumante.
- Antiquiebre.
- Estabilizador de peróxido.

a) Productos tensoactivos

Los tensoactivos son compuestos químicos que adicionados en pequeñas cantidades a un disolvente, modifican las propiedades superficiales del mismo, promoviendo actividades como la humectación, detergencia, emulsificación, lubricación y otros fenómenos de superficie, estos compuestos están formados por dos grupos: ^[75]

- **Tensoactivos hidrófilos:** La parte hidrófila de un tensoactivo le confiere solubilidad. Los principales hidrófilos son:
 Surfactantes aniónicos: Conteniendo Na^+ , K^+
 Surfactantes Catiónicos: Cl^- , Br^-
 Surfactantes no iónicos: Óxidos de etileno.
- **Tensoactivos hidrófobos:** Son compuestos de estructuras alifáticas o aromáticas, saturados o insaturados, de cadenas lineales o ramificadas. Por razones ecológicas y ambientales se debe escoger o sustituir por productos de

cadena lineal. Estos productos son obtenidos de productos naturales como ceras y aceites pero se han sustituido por derivados del petróleo.

Los productos tensoactivos también se pueden clasificar de acuerdo a su carácter iónico en aniónicos, catiónicos y iónicos. En el siguiente cuadro se puede apreciar los diferentes tipos de tensoactivos y sus características principales:

Tabla 2.35. Características de los productos tensoactivos^[75]

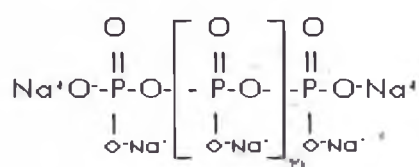
Tensoactivo		Descripción
Aniónico	Jabones	Sales metálicas de ácidos grasos • Propiedades: Alto poder detergente • Deficiencias: La presencia de aguas duras bajan su solubilidad transformándolos en jabones insolubles que se depositan sobre la fibra.
	Alcoholes grasos sulfatados	Obtenidos a partir de grasas animales y vegetales con hidrogenación catalítica y sulfatación. Entre sus propiedades destacan el elevado poder detergente. Estabilidad a la dureza del agua. Tacto más suave en el material textil.
	Alquil Aril Sulfonatos	Obtenidos de compuestos aromáticos con una cadena alifática unida al núcleo Aromático. Sus propiedades destacables son: Elevadas propiedades detergentes, buen poder humectante, buen poder espumante, resistente a los ácidos y a los álcalis.
	Olefinas Sulfonadas	Obtenidas por sulfonación de parafinas. Tienen un elevado poder dispersante y emulsionante. Son biodegradables.
	Esteres del Ácido Fosfórico	Obtenidos por la reacción de un alcohol y el ácido polifosfórico. Como propiedades principales se tienen: Buenas propiedades detergentes, baja formación de espuma, estables a los ácidos y a los álcalis. Biodegradables.
Cationicos	Sales de aminas	Obtenidas por la reacción de un ácido graso con la etilendiamina. Propiedades: Alto poder humectante, así como un buen poder espumante. Son buenos suavizantes de las fibras textiles.
	Compuestos de amonio cuaternario	Se incluyen los derivados de la piridina. Propiedades: Agentes de desmontado en medio alcalino, lo mismo que fijadores de colorantes directos. Algunos derivados de la piridina se utilizan como aprestos hidrofugantes y bactericidas.
No iónicos	Derivados de los Óxidos de Etileno y de Propileno	Generalmente son de este tipo. Propiedades principales: Tienen gran poder humectante y antiespumante. Son más estables a los agentes químicos que los aniónicos y los catiónicos. Gran estabilidad al pH.
	Alcoholes grasos etoxilados	Similares a los anteriores. Propiedades: Alto poder detergente. Estables en medios ácidos y alcalinos. También se pueden utilizar como emulsionantes y humectantes dependiendo del número de moles de oxido de etileno presentes.

b) Secuestrantes

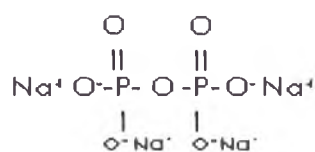
En muchos procesos industriales, la presencia de iones metálicos extraños causa problemas debido a que pueden tener efectos adversos en la calidad del producto. Para reducir al mínimo la cantidad de ion metálico libre se utilizan agentes quelatantes del mismo tipo de los usados en química analítica, que también se conocen como agentes secuestrantes. Los iones metálicos pueden ser nocivos en la industria textil (en el blanqueo y teñido, al formarse sales metálicas poco solubles), en las calderas (por formación de sedimentos o depósitos que se adhieren a ellas), en la estabilidad de grasas y aceites (al catalizar su oxidación). En la industria, hay tres tipos de agentes secuestrantes que se usan preferentemente.^[76]

- Polifosfatos
- Ácidos aminopolicarboxílicos
- Algunos ácidos hidroxicarboxílicos

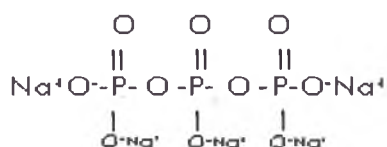
➤ **Secuestrantes Polifosfatos:** Son efectivos agentes secuestrantes en condiciones adecuadas. El más conocido es el hexametáfosfato de sodio $[\text{Na}_2 (\text{Na}_4\text{P}_6\text{O}_{18})]$. Están también el polifosfato de sodio, tripolifosfato de sodio (trifosfato de sodio) trimetáfosfato de sodio y pirofosfato de sodio.^[77]



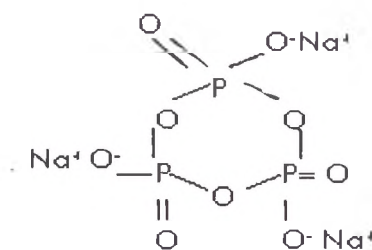
POLIFOSFATO DE SODIO



PIROFOSFATO DE SODIO



TRIPOLIFOSFATO DE SODIO



TRIMETÁFOSFATO DE SODIO

Figura 2.85. Estructura química de diferentes polifosfatos.^[77]

Estos productos forman un complejo soluble con los cationes metálicos que se quieren eliminar por un proceso de intercambio iónico, como se puede ver a continuación para el caso del hexametáfosfato de sodio con el calcio.

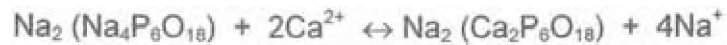


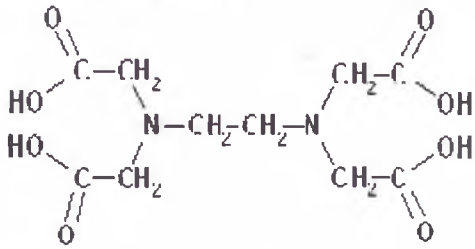
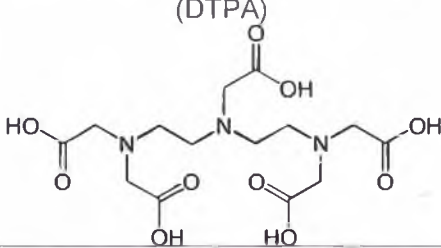
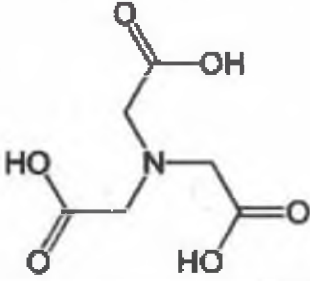
Figura 2.86. Reacción de un polifosfato con el calcio.

La desventaja de los polifosfatos es que a la temperatura usada en muchos procesos textiles, 100 °C o más, se pueden hidrolizar en fosfatos más simples que no retienen secuestrado el átomo metálico. Esta es una de las principales razones por la que los polifosfatos son utilizados en mucha menor escala que los más estables y versátiles aminopolicarboxilatos.^[77]

Características principales:

- Tienen buena capacidad secuestrante de iones Ca y Mg en pH de 6 – 12.
 - Contribuyen a la detergencia por su acción de suspensión y dispersión de la mugre.
 - No desmineralizan los colorantes que tienen grupos metálicos.
 - A temperaturas superiores a 80 °C y en condiciones ácidas (pH= 4-5) o alcalinas (pH=11), los Polifosfatos son rápidamente hidrolizados a Ortofosfato, precipitándose sobre la tela como Ortofosfato de calcio y magnesio.
 - Por su inestabilidad hidrolítica y su baja capacidad para secuestrar iones pesados, son útiles en el descruce alcalino o blanqueo, o en baños con colorantes ácidos y dispersos.
- **Secuestrantes Aminopolicarboxilados:** Por ejemplo se tiene el EDTA en diversos usos, entre otros, la eliminación de depósitos de calderas y en la industria de jabones y detergentes ya que forma complejos muy estables al calentamiento y en medio alcalino con iones como el calcio y el magnesio.^[77]

Tabla 2.36. Diferentes tipos de Secuestrantes Aminopolicarboxilados^[76]

Secuestrantes aminopolicarboxilados	Propiedades
<p>Ácido etilendiamino tetraacético (EDTA)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Secuestra Ca y Mg en pH de 5 – 14 • Secuestra Fe en pH de 1 – 6 • No secuestra Fe a pH > 8 • Puede desmineralizar colorantes que poseen metales, causando cambios de matiz y manchas.
<p>Ácido dietilen triamino pentaacético (DTPA)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Secuestra Ca y Mg en pH de 5 – 14 • Secuestra Fe en pH < 10 • Forma compuesto de granulación muy estable. • Alto poder secuestrante en baños de blanqueo
<p>Ácido nitrilotriacético (NTA)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Es más económico pero menos eficiente. • Secuestra Ca y Mg en pH < 5 • Es efectivo para prevenir incrustaciones

- **Los Ácidos Hidroxicarboxílicos:** Los ácidos Hidroxicarboxílicos más usados industrialmente son los ácidos glucónico y cítrico, en menor grado, el tartárico y el sacárido y muy raramente el ácido oxálico, por sus características tóxicas. Estos productos, como agentes secuestrantes, son mucho menos importantes que los aminopolicarboxilados y los polifosfatos. Estos ácidos se utilizan en la limpieza de metales, en la estabilización de frutas congeladas pues evita la oxidación del ácido ascórbico (catalizada por metales), y en procesos de electrodeposición. Los complejos de los ácidos Hidroxicarboxílicos son menos estables que los de los ácidos Aminopolicarboxílicos, en especial en soluciones de pH inferior a 11. Sin embargo, a pH superiores los primeros se ionizan produciendo los aniones que son mejores ligantes que los ácidos.^[77]

Características principales: ^[78]

- Su mayor acción empieza en $pH = 12$ y es más efectivo en $pH 13,5 - 14,0$
- Por debajo de $pH 12$ forma sales simple se Ca y Mg.
- No se usan en descruce y blanqueo.
- Son muy estables en baños de mercerizado.
- Tienen excelente biodegradabilidad.
- Reducen su capacidad de secuestrar en medios oxidativos.

c) Antiespumantes

En la mayoría de los casos es posible optimizar la receta y/o el proceso para reducir la espuma. De no ser posible su control se acude al uso de antiespumantes. Los requisitos que debe cumplir un antiespumante son: ^[72]

- Menor tensión superficial que la de los surfactantes que generan la espuma.
- Ser insoluble en el medio y no emulsificarse en él.
- Resistir la degradación química.
- Alta velocidad de esparcido sobre la interfase Aire-Líquido.
- Efecto antiespumante estable en el tiempo a cambios de pH , temperatura, electrólitos y esfuerzos de cizalladura.

Tabla 2.37. Diferentes tipos de antiespumantes siliconados y no siliconados^[72]

TIPOS DE ANTIESPUMANTES	
No siliconados	Siliconados
<ul style="list-style-type: none"> - Aceites minerales - Alcoholes alifáticos ramificados - Alcoholes de alto peso molecular - Esteres de alcoholes y ácidos grasos. - Copolímeros de bloque - Sílices hidrófobas. 	<ul style="list-style-type: none"> - PDMS: Polidimetilsiloxanos. - Siliconas modificadas.

d) Antiquiebres

Uno de los principales problemas en el acabado es la formación de quiebres. Su eliminación es imposible o extremadamente difícil. Los quiebres longitudinales casi siempre se producen al procesar las telas en cuerda y bajo tensión. Además de las medidas que se pueden tomar desde el punto de vista mecánico y de proceso es recomendable aplicar antiquiebres.^[72]

Su mecanismo de acción no es completamente comprendido. Probablemente actúa como lubricante favoreciendo el deslizamiento de una parte del tejido sobre la otra, de tal manera que los quiebres se abran y desaparezcan con más facilidad.

Las principales clases son:^[72]

- Productos sintéticos basados en ácidos grasos o sus ésteres, amidas y alquil amidas, alcoholes grasos generalmente etoxilados. Se usan productos iónicos con grupos carboxilsulfónicos o ésteres fosfatados.
- Productos a base de lecitina.
- Poliamidas de alto peso molecular.
- Poliacrílatos y polímeros de poliacrilamida y ácidos carboxílicos

e) Estabilizador de peróxido

Los estabilizadores de peróxido son productos auxiliares empleados para controlar y retardar la descomposición del anión perhidroxi que es el responsable por la acción del blanqueo y mantener un potencial alto de oxidación a lo largo del proceso de blanqueo. Con la estabilización se logra evitar pérdida de resistencia del textil y conseguir el máximo grado de blanco.

El pH usado generalmente es de 10,8 a 10,9, el agente estabilizador debe encontrarse en un medio alcalino para que no precipite, generalmente se encuentra en la misma proporción que el NaOH. Además se puede trabajar con sales que contengan sales de Ca y Mg. Diluidas en el agua que también actúan como estabilizadores de la descomposición del H₂O₂.

Mientras se selecciona el estabilizador, se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

- Efectos de estabilización bajo diferentes condiciones de pH, temperatura, rango de licor, y dureza del agua.
- Secuestro de los iones metálicos contaminantes.
- Efecto en la absorbencia.
- Grado de blancura.
- Influencia en la fibra.
- Economía.
- Contenido de ceniza en los bienes.
- Efecto en el manejo de los materiales blanqueados.
- Manejo físico.

Cuando se blanquean fibras celulósicas, la estabilización se puede obtener con el uso de silicato de sodio, pero debido a ciertas desventajas como la deposición, los estabilizadores orgánicos y sin silicato son los más convenientes.

Después del blanqueo, el peróxido residual en la tela si no es eliminado, resulta en el debilitamiento de la tela y en un teñido con parches. Los eliminadores enzimáticos de peróxido (catalasas) catalizan el rompimiento del peróxido de hidrógeno y lo convierten en agua, la cual es amigable ecológicamente.



Figura 2.87. Descomposición del peróxido.

Ventajas de un neutralizador de peróxido enzimático:

- Asegura consistencia en el matiz cuando se utilizan colorantes reactivos después de un blanqueo con peróxido.
- Pequeños niveles de peróxido residual puede reducir el matiz de ciertos colorantes.
- Reduce la complejidad, el costo, y el tiempo de uso de reductores químicos para neutralizar peróxido residual.

2.10.2. Teñido

Tiene como objetivo la aplicación del colorante de manera uniforme en la fibra. Para obtener tinturas impecables de la fibra es indispensable adoptar el procedimiento de tintura más apropiado, el tipo y la presentación de la materia a teñir.

2.10.2.1. Fase de tintura neutra: Absorción

Es la primera etapa de la tintura reactiva, en esta fase, el colorante reactivo no sufre ninguna descomposición produciéndose tan solo la difusión hacia el interior de la fibra. Como los colorantes reactivos poseen habitualmente baja sustantividad (baja relación entre el colorante en la fibra y el colorante en el baño en el equilibrio de absorción), el agotamiento en baño neutro es generalmente bajo y los procesos que ocurren son casi enteramente físicos, porque la concentración de iones oxidrilo y celulosato son extremadamente bajas.

En la absorción influyen los siguientes parámetros:

- Naturaleza del colorante
- Relación de baño
- Concentración del electrolito
- pH
- Temperatura
- Tipo de fibra

a) Influencia de la naturaleza del colorante

Sabemos que los colorantes son de baja afinidad, en comparación con los colorantes directos, de tal forma que el más sustantivo de los colorantes reactivos no supera en afinidad al de menos afinidad de los colorantes directos. Pero es importante recordar que los colorantes reactivos presentan un elevado coeficiente de difusión.

El motivo de la baja afinidad es que al final de la tintura, siempre existe una parte mayor o menor de colorante hidrolizado sobre la fibra. Si el colorante fuese de elevada afinidad, el grado del colorante hidrolizado sería también del mismo orden por presentar la misma estructura química con la única diferencia de cambiar un cloro por un hidroxilo.

Es preferible que el colorante tenga baja afinidad, porque la cantidad de colorante hidrolizado será menor y por ende será más fácilmente extraíble de la fibra en un lavado posterior y no manchará otras prendas que estén en contacto con él en un lavado doméstico.

Su afinidad es importante de tener en cuenta en la selección de un colorante reactivo en proceso determinado, por ejemplo un colorante de baja afinidad debe ser apto para estampación por la posibilidad que existe en el lavado final, zonas donde el colorante hidrolizado manche zonas del estampado y en procesos por agotamiento, donde la relación de baño es elevado 1:10 a 1:30; es imprescindible utilizar los colorantes de afinidad mayor para que los agotamientos sean más elevados.

La afinidad es a su vez función de la temperatura, de tal forma que al aumentar esta, disminuye la afinidad; sin embargo como tienen coeficientes de difusión elevada, es posible teñir a bajas temperaturas. Cabe diferenciar aquí la reactividad entre los colorantes diclorados y monoclorados; los primeros se realizan en tintura en frío (20 – 25 °C), mientras que la segunda trabajan a temperaturas elevadas.

b) Influencia de la relación de baño

Es uno de los factores que más influencia tiene en el agotamiento de este tipo de colorante. A mayor relación de baño el porcentaje de agotamiento es menor. La relación de baño influye también en la hidrólisis del colorante, por lo que se recomienda trabajar en relaciones de baño inferiores.

c) Influencia de la concentración de electrolito

La presencia de electrolitos influye en la absorción de los colorantes y se utiliza para neutralizar el potencial electronegativo de la fibra; en el caso de los colorantes reactivos se utilizan cantidades más elevadas que llegan a 30 – 90 g/L.

La cantidad de sal a utilizar esta en función de la relación de baño y de la concentración del colorante; a mayores intensidades de tintura se requiere mayor concentración de electrolito y a menor relación de baño se requiere menor cantidad de electrolito.

d) Influencia del pH

El pH es un factor importante en la primera etapa de absorción, puesto que la elevación de pH produce la reacción del colorante con la fibra o con el agua, y si el colorante no ha sido aun absorbido en la fibra, se aumentara la hidrólisis. La reacción solo toma lugar en medio alcalino cuando los grupos hidroxilos de la celulosa son convertidos en agentes nucleofilicos celulosatos capaces de reaccionar con el colorante.

El efecto del álcali es doble: En primer lugar, al aumentar el pH del medio aumenta la velocidad de reacción; pero al excederse de 11, disminuye considerablemente el poder de agotamiento del colorante y con este la eficiencia de fijación.

El pH óptimo es un compromiso entre el más bajo posible para obtener un agotamiento completo en un tiempo apropiado de fijación. De esto se hace uso en la práctica para evitar la hidrólisis del colorante en solución, se usa álcalis más débiles y se prolonga el tiempo de reacción a una temperatura constante.

e) Influencia de la temperatura

Al igual que en todos los sistemas tintóreos, el incremento de la temperatura reduce el agotamiento al equilibrio. En los colorantes reactivos la temperatura de trabajo varía entre 20 °C a 90 °C debido a sus altos coeficientes de difusión se puede

realizar la tintura en frío, llegándose al equilibrio en tiempos inferiores a una hora; en los colorantes diclorotriazínicos que también reaccionan en frío, todo el proceso se realiza a temperatura ambiente, mientras que en los menos reactivos como los monoclorados se eleva posteriormente la temperatura. Realizar la tintura en frío no siempre es posible, ya que en algunos casos, como en tejidos pesados, en filamentos gruesos de rayón viscosa, o en hilados muy retorcidos, puede ser necesario elevar la temperatura para lograr la penetración del colorante, aún con los colorantes más reactivos.

f) Influencia del tipo de 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.

Este hecho se explica a través del mayor contenido de materia amorfa que tiene la viscosa en comparación con el algodón con “volúmenes internos” de 0,45 L/kg y 0,22 L/kg, respectivamente.

2.10.2.2. Fase intermedia alcalina: Absorción y reacción

En la primera etapa de la absorción se consigue el equilibrio a pH neutro y en estas condiciones, los procesos que ocurren son casi enteramente físicos, por las concentraciones de iones oxhidrilo y celulosato son extremadamente bajas. Sin embargo cuando agregamos el álcali al baño de tintura, el colorante absorbido reacciona con la celulosa a una velocidad sustancial, debido al aumento de concentraciones de iones celulosato. Estos actúan como reactivos nucleofílicos y van a atacar un átomo de carbono del colorante deficiente de electrones (electrófilo), mediante una reacción de sustitución nucleofílica. La función del álcali es producir los iones celulosato capaces de reaccionar con dicho carbono (sin álcali no habría reacción). Desde este momento se inicia la formación de un compuesto colorante – celulosa (Col – O – Cel) y la desorción que ocurra en medio neutro frena. La velocidad a la cual las moléculas del colorante llegan a la superficie de la celulosa desde la solución en el interior de la fibra, no se ve afectada, de tal manera

que ocurra una absorción como reacción y fijación adicionales. Esto a su vez, reduce la concentración del colorante dentro de la fibra y permite la entrada de más colorante desde el baño de tintura, de tal manera que el agotamiento aumente cuando se agrega el álcali.

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

Debemos recordar que los tres factores más importantes que pueden influir sobre el comportamiento tintóreo son:

- La velocidad de difusión del colorante dentro de la celulosa.
- La afinidad del colorante por la celulosa.
- + La reactividad química del colorante.

2.10.2.3. Fase final: Eliminación del colorante hidrolizado

Esta etapa consiste en la eliminación del colorante hidrolizado, a fin de obtener una tintura con altas solidez al frote o al lavado.

El colorante hidrolizado se encuentra en dos formas distintas, uno se encuentra disuelto en la fase acuosa ($\text{Col} - \text{OH}$), con lo cual su eliminación se reduce al vaciado del baño de la fibra con el arrastre consiguiente del colorante.

La otra forma el colorante se encuentra absorbido por la fibra y en este caso puede ser más difícil de eliminar cuando mayor sea su afinidad por la fibra. La situación de este equilibrio depende de tres factores: Afinidad del colorante, electrolitos y temperatura.

La presencia de electrolitos en el agua del jabonado, da lugar a un aumento de afinidad del colorante hidrolizado dificultando su extracción.

Como la temperatura mejora la solubilidad del colorante hidrolizado, es conveniente realizar un lavado en caliente para que se desplace el equilibrio del colorante absorbido por la fibra hacia el colorante que se encuentra disuelto en la fase acuosa y así será más fácil su eliminación.

2.10.2.4. Curvas de agotamiento y fijado

Como podemos observar en el gráfico una parte del colorante agregado inicialmente al baño de tinción sufre reacción de hidrólisis y queda inactivo. Este colorante debe ser eliminado de la fibra por un proceso de lavado final (jabonado), a fin de obtener una tintura con altas solidez húmedas. En la gráfica de la figura 2.89. Se representa el mecanismo de tincura por agotamiento de los colorantes reactivos con fibras celulósicas^[68].

- **En una primera etapa (Fase A):** Se trabaja en $pH \approx 6,0 - 6,5$ y con sal, para agotar el colorante.
- **En la segunda etapa (Fase B):** Se añade el álcali para que el colorante reaccione con la fibra.

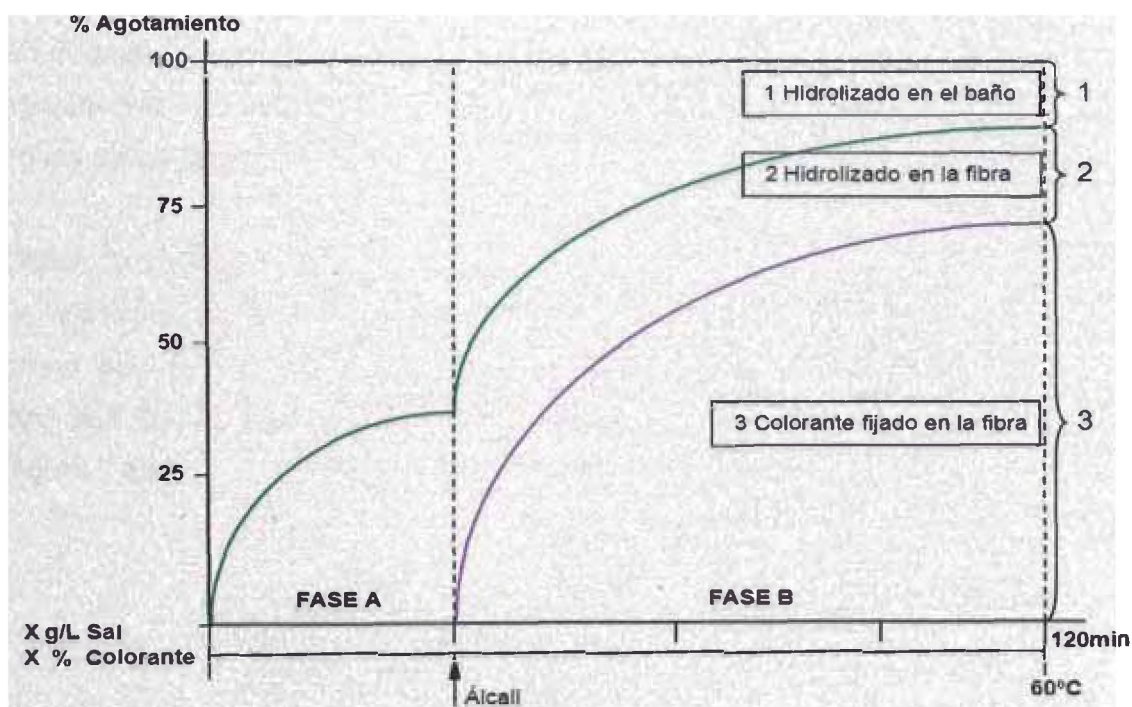


Figura 2.88. Esquema del mecanismo de tincura de fibras celulósicas con colorantes reactivos.

Después de la tintura, se drena el baño y la materia se enjuaga, neutraliza y jabona, con adición de auxiliares. Al final del proceso el colorante se encuentra en tres formas:

- Colorante fijado en la fibra (3 en la figura 2.89.).
- Colorante hidrolizado en el baño (1 en la figura 2.89.). Se drena con el efluente al vaciar la maquina después de la tintura.
- Colorante hidrolizado en la figura (2 en la figura 2.89.). Debe extraerse de las fibras durante los lavados y enjuagados posteriores a la tintura. Se elimina junto con los efluentes de los baños de lavado.

La fijación de los colorantes reactivos a la celulosa puede expresarse como porcentaje del total de colorante aplicado (% de fijación o fijación absoluta) o como porcentaje del colorante agotado (% de agotamiento o eficiencia de fijación).

En el caso de los colorantes mono funcionales, el porcentaje de fijación es aproximadamente del 60 % (con un % de agotamiento de un 70 %) mientras que el 40 % del colorante aplicado se pierde en el efluente.

En el caso de los bifuncionales, se consigue un 80 % de fijación con un 90 % de agotamiento. La consecuencia inmediata es una reducción significativa de colorante en las aguas residuales (reducción de color y de carga orgánica).

Debido a sus 2 grupos reactivos, los colorantes bireactivos tienen una probabilidad de reacción con la celulosa incrementada respecto a los colorantes con un solo grupo, porque aunque uno de los grupos reactivos se hidrolice durante la tintura, el otro aún puede reaccionar químicamente con el grupo hidroxilo de la celulosa (figura 2.89.).

medirse en términos empíricos. Los suavizantes logran mejorar las siguientes propiedades:^[69]

- Textiles: Tacto, volumen, suavidad, aroma.
- Mecánicas: Elongación, elasticidad, resistencia, tendencia al pilling, costura.
- Funcionales: Humedad, neutralización de la carga estática, cocibilidad, antiarrugas, resistencia a la suciedad.
- De uso: Atoxicidad, no irritante para la piel

b) Siliconado: Las siliconas se obtienen a partir de la hidrólisis de precursores llamados metil clorosilanos. A partir del material hidrolizado pasando por diferentes procesos químicos se obtienen diversas familias de siliconas modificadas.

El uso de siliconas como acabados textiles permite ennoblecer y/o modificar la calidad final de los artículos textiles.

Actualmente las siliconas para uso en acabados textiles se encuentran básicamente en dos formas: Como emulsión y micro emulsiones. En ambos casos, la silicona se dispersa en agua con auxilio de agentes emulsionantes adecuados. La diferencia entre ambos es el tamaño de partícula. Mediante el uso de siliconas en el acabado textil pueden modificarse los siguientes parámetros del sustrato:

Tacto, hidrofiliadad, hidrorepelencia, costurabilidad, efectos antiestáticos, brillo, cuerpo, efectos anti abrasivos, aumento a la resistencia al rasgado.

c) Resinado: Los acabados con resina se aplican a las fibras celulósicas y consiste en impartirles características especiales: Resistencia a la fijación de las arrugas durante el uso (inarrugabilidad), eliminación durante el secado de las arrugas producidas por el lavado (efecto wash and wear), mejor estabilidad dimensional después de la limpieza húmeda y en seco, en los tejidos de punto disminución del enrollado de los orillos facilitando la confección, secado más rápido, etc.

Consiste en aplicar productos capaces de producir la fijación de la estructura de la celulosa por ligaduras cruzadas (crosslinking) entre el producto y la celulosa o por formación de polímeros insolubles en el interior de las fibras.

La mayor parte de los productos usados contienen formaldehído, en mayor o menor grado, ya sea combinado o libre. Esta presencia constituye el mayor problema de contaminación en los procesos de acabado, ya sea en el lugar de trabajo, en los efluentes líquidos, en el aire y en la prenda terminada.

CAPITULO III

3.1. PROCESO EXPERIMENTAL DE TINTURA CON COLORANTES REACTIVOS

3.1.1. Descripción de la parte experimental

- ✓ Se programó el proceso de teñido según formulación de laboratorio.
- ✓ Se verificó peso de la tela cruda.
- ✓ Se verificó el preparado.



Figura 3.0. Preparado de tela cruda.

- ✓ Se verificó que la formulación enviada por el programador de laboratorio a la planta de tintorería sea la correcta.
- ✓ Se verificó pesado del colorante.
- ✓ Se activó en la máquina de teñido la curva del proceso programado.
- ✓ Luego de iniciado el programa de teñido, se esperó aviso para cargar la tela cruda (figura. 3.1).



Figura 3.1. Ingreso de la tela cruda a la máquina de teñido.

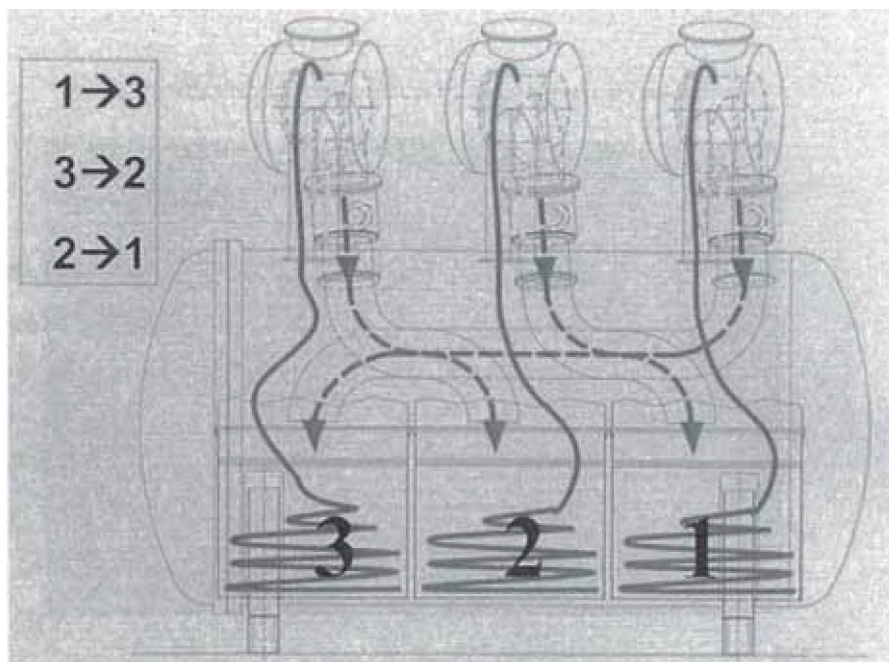


Figura 3.2. Máquina MCS Multiflow, esquema del recorrido de la tela.

- ✓ Se cargó la tela y se verificó durante el proceso los controles respectivos:

Tabla 3.0. Controles que se debe cumplir durante el proceso de teñido

Controles		
Máquina	Previo	Tintura
<ul style="list-style-type: none"> - Volumen inicial del previo - Volumen inicial de teñido - Posición de la tobera - Velocidad de la bomba - Velocidad de la cuerda 	<ul style="list-style-type: none"> - Hidrofilidad - Grado de blanco - Pilling - pH extracción - Agua 	<ul style="list-style-type: none"> - Dureza - Peróxido residual - Bicarbonatos - pH de teñido y jabonado - Muestra del teñido - Relación de baño

- ✓ Finalizado el proceso se descargó la tela teñida de máquina
- ✓ Se separó la cuerda (si la tela fue carga en doble cuerda).
- ✓ Se continuó con la ruta de acabado (tabla 3.1).

Tabla 3.1. Rutas de acabado de tela de tejido de punto

Rutas de acabado	
Abierta	Tubular
<ul style="list-style-type: none"> - Se abre la tela y se exprime con presión 6 bar - Acabar tela por rameta ó rama con presión 3 bar - Compactar 	<ul style="list-style-type: none"> - Acabar por la hidroextractora con presiones de entrada y salida de 6 y 3 bar. - Secar tela. - Compactar

En el siguiente mapa (figura 3.2) se puede apreciar los principales procesos de la unidad de de tintorería.

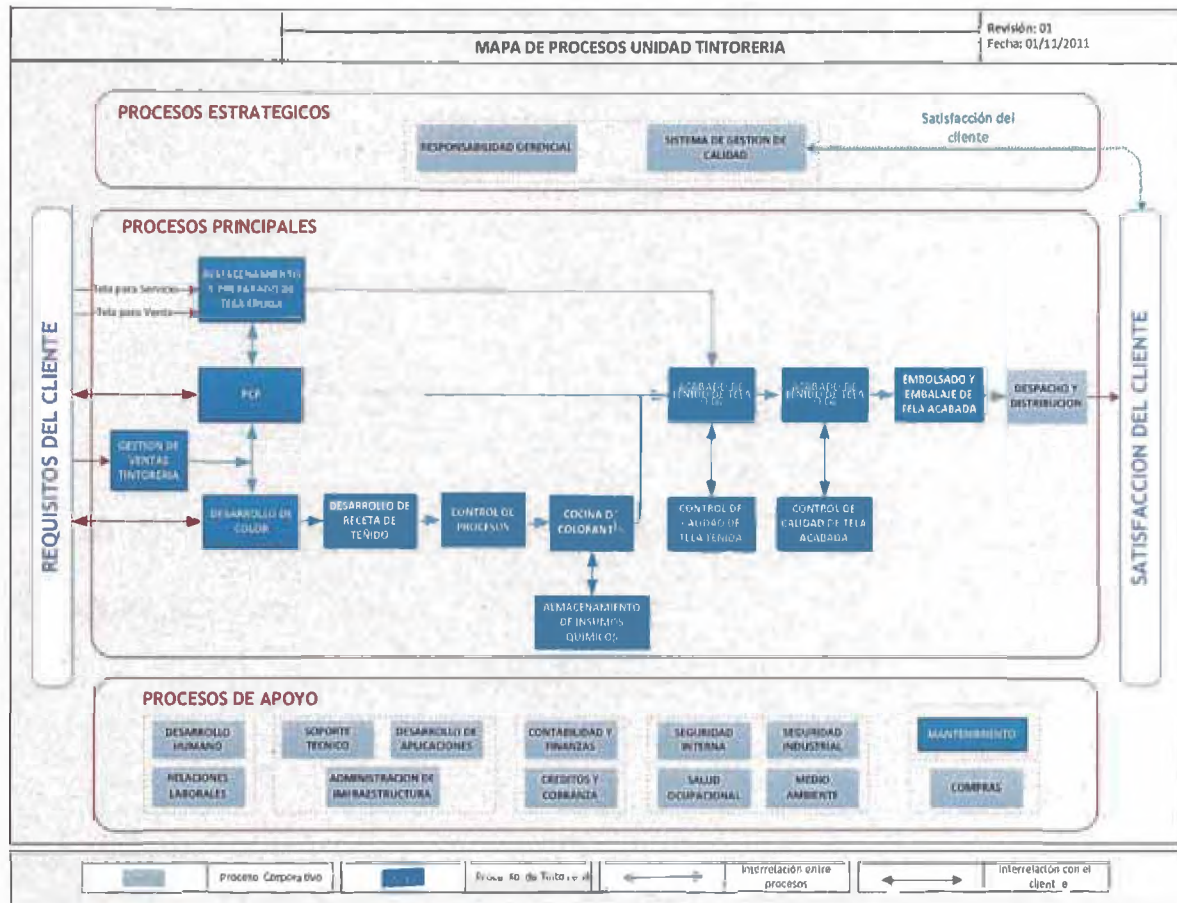
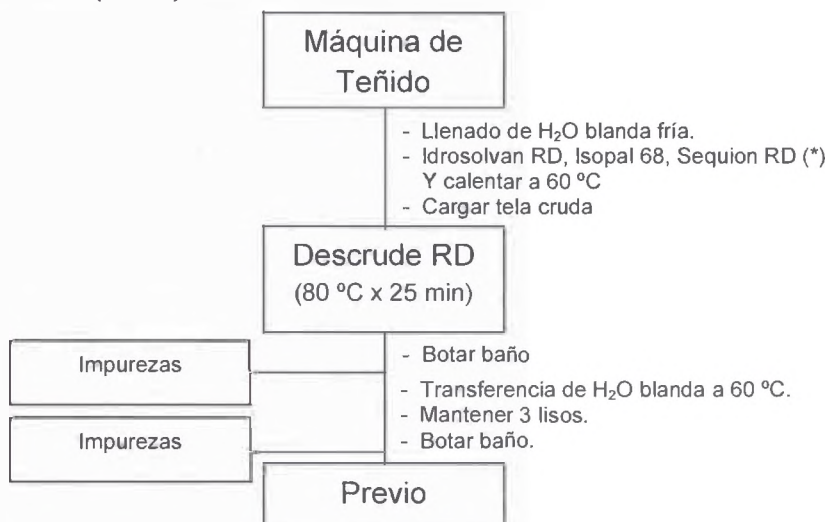


Figura 3.3. Procesos principales en el mapa de procesos unidad de tintorería.

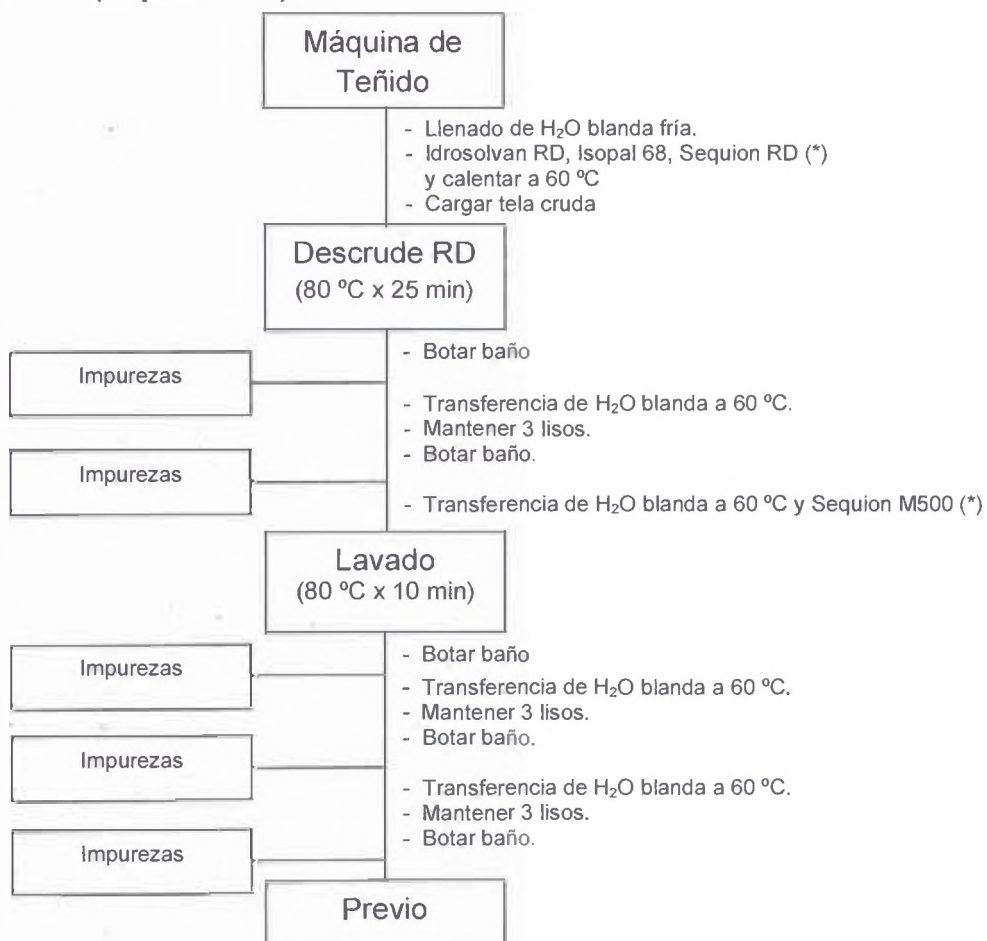
3.1.2. Diagrama de flujo

➤ Descrude RD (local):



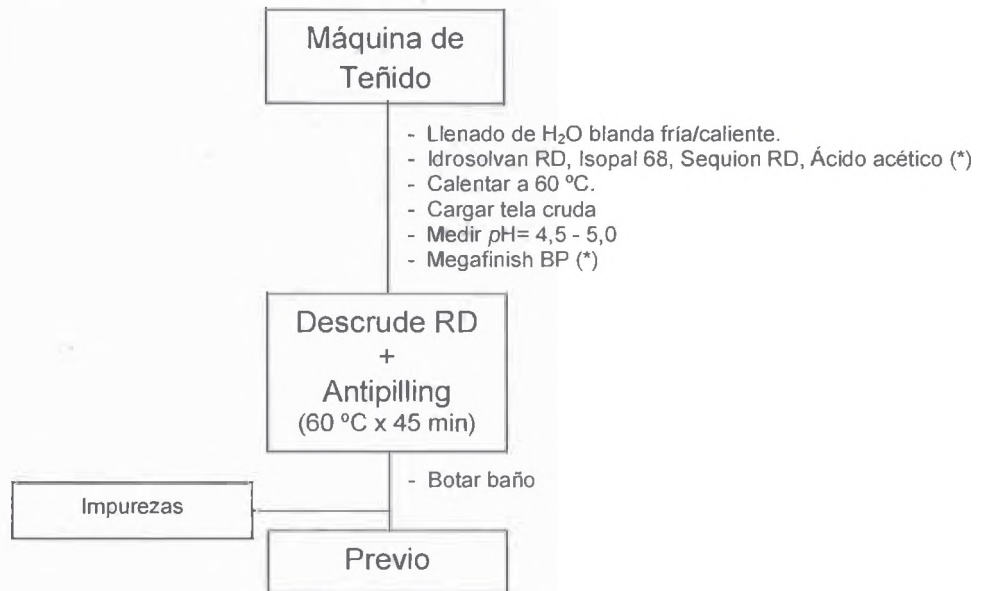
(*) Ver tabla 3.1.

➤ Descrude RD (Exportación):



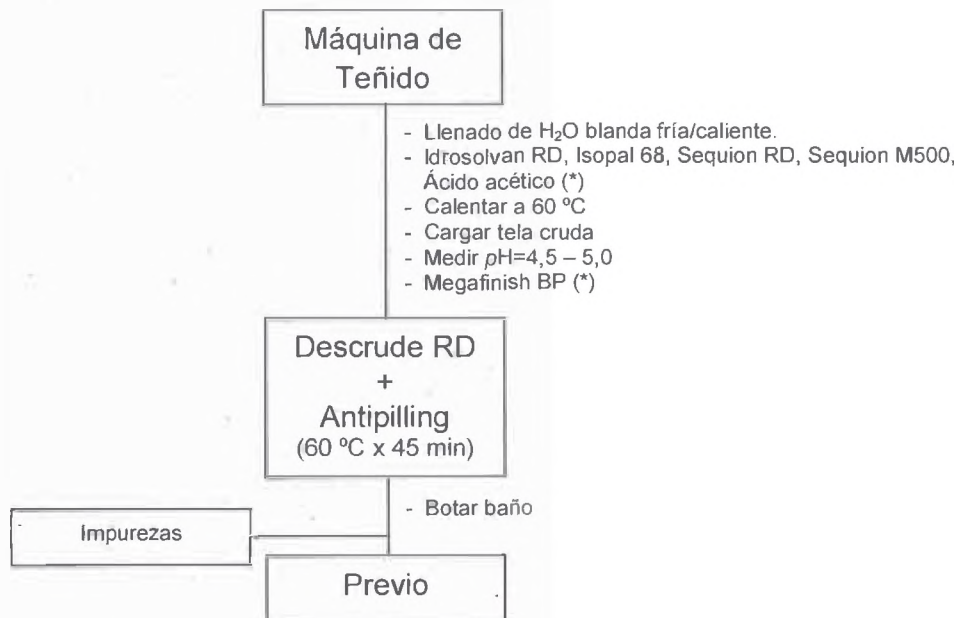
(*) Ver tabla 3.2.

➤ **Descrude RD (local) + antipilling:**



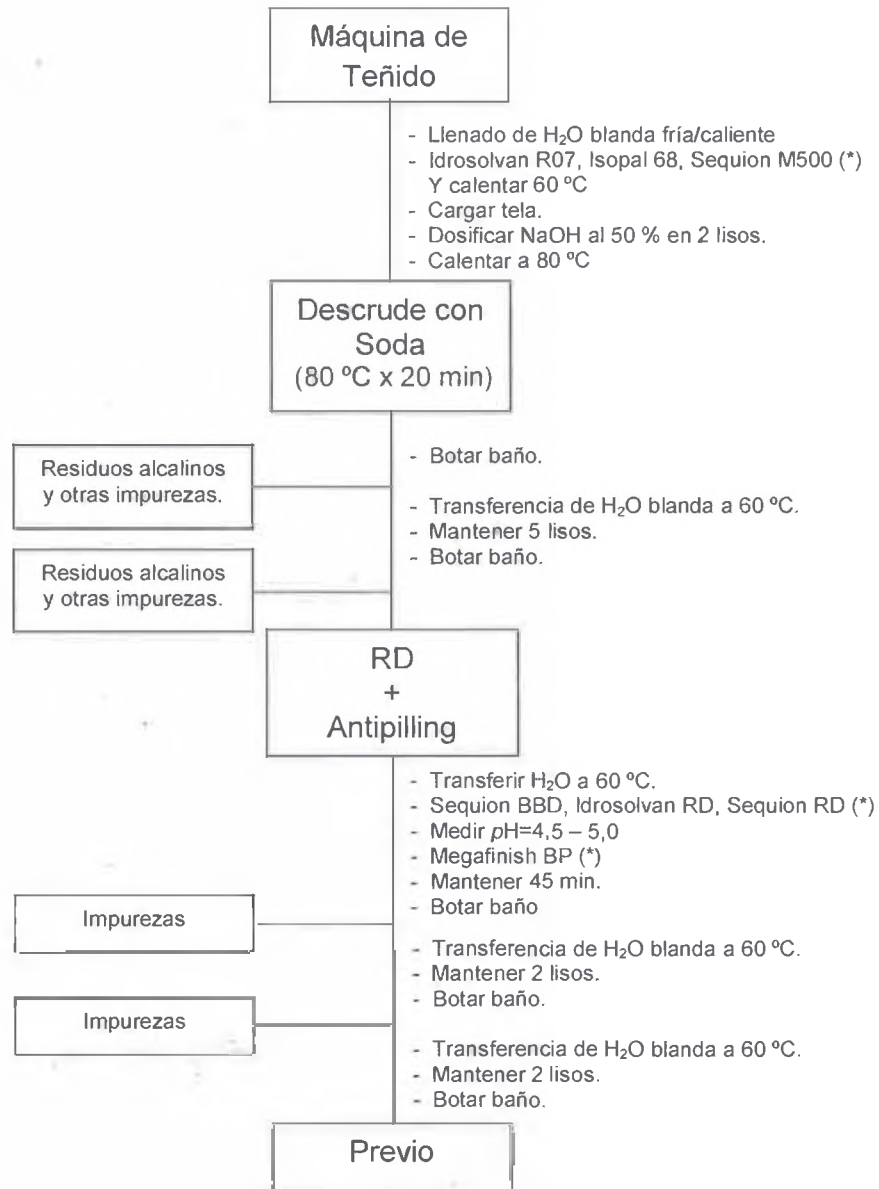
(*) Ver tabla 3.3.

➤ **Descrude RD (exportación) + antipilling:**



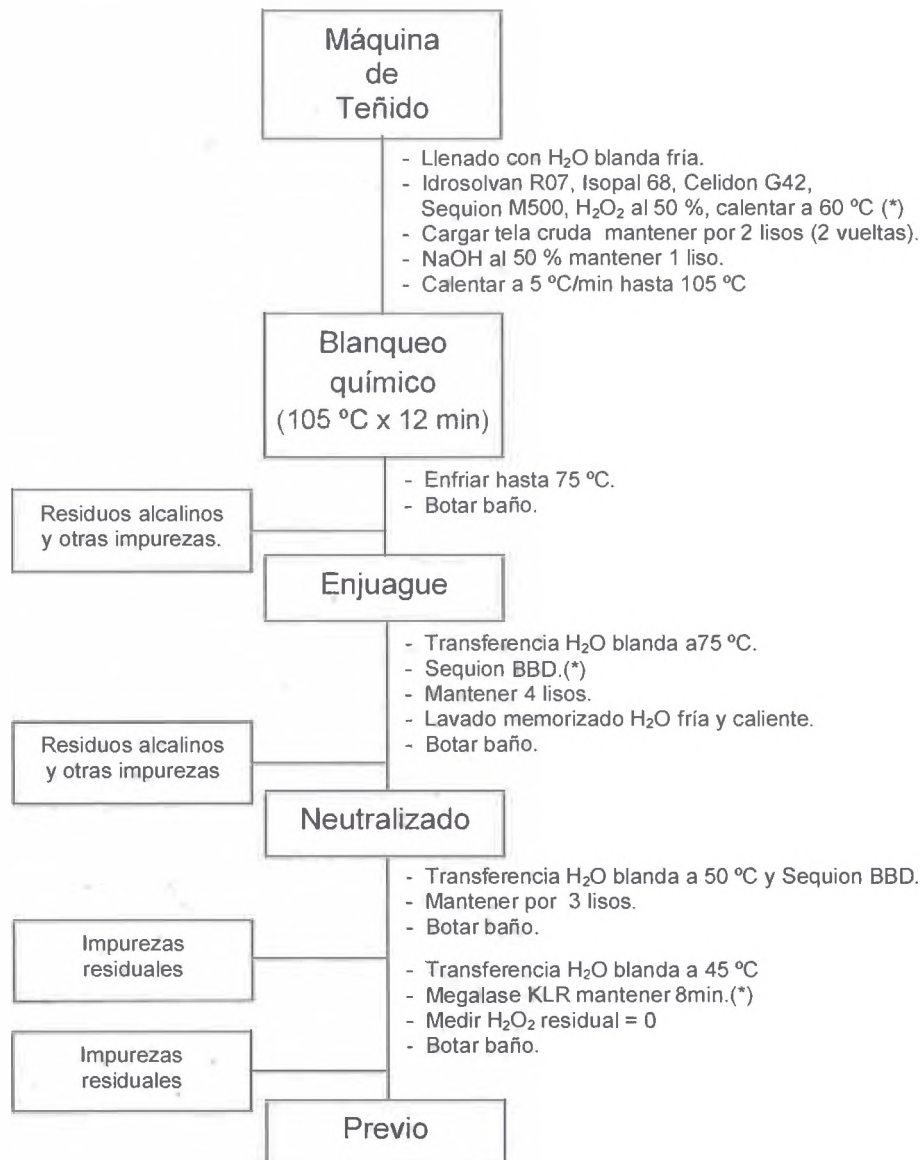
(*) Ver tabla 3.3.

➤ **Descrude RD con soda + RD + antipilling:**



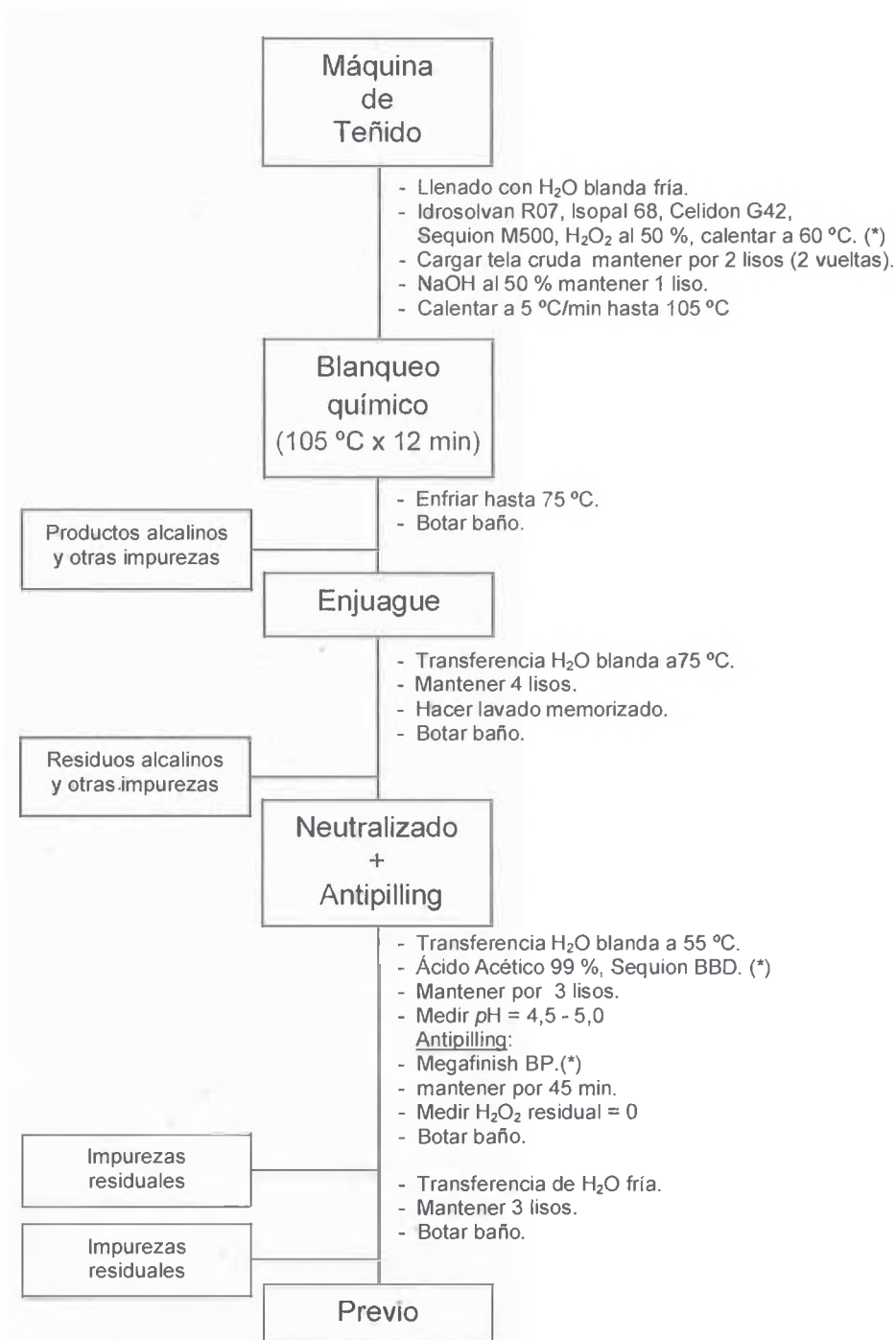
(*) Ver tabla 3.4.

➤ **Blanqueo químico:**



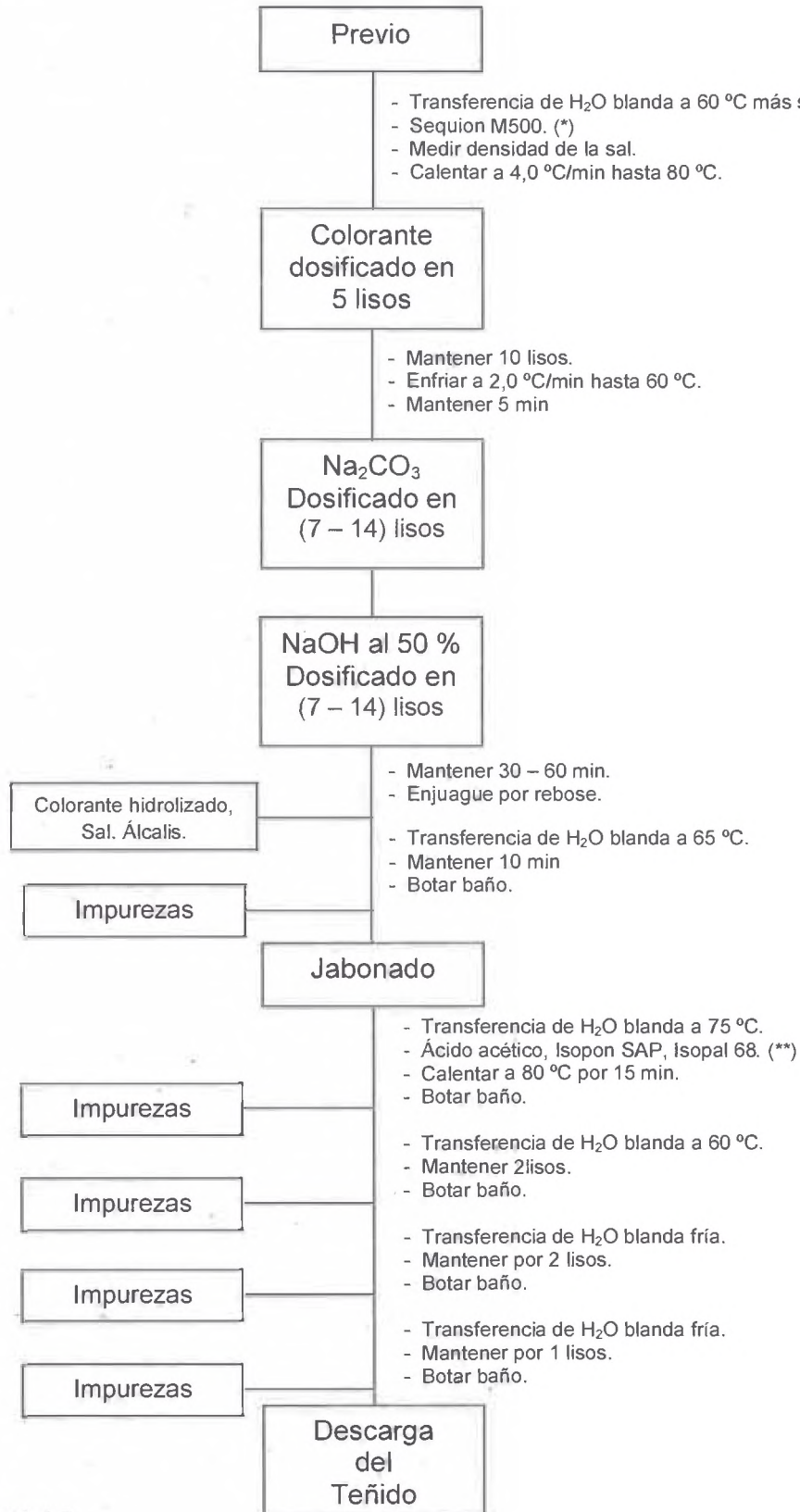
(*) Ver tabla 3.5.

➤ **Blanqueo químico + antipilling:**



(*) Ver tabla 3.6.

➤ **Teñido:**



(*) Ver tabla 3.7.

(**) Ver tabla 3.8.

3.1.3. Formulación del tratamiento previo y teñido

- **Descrude RD (Para mercado local):** Temperatura 60 °C x 45 min

Tabla 3.2. Concentraciones de reactivos utilizados para el descrude RD (local)

Reactivos	Concentración (g/L)	Función
IDROSOLVAN RD	2,0	Detergente
ISOPAL 68	2,0	Antiquebre
SEQUION RD	2,0	Secuestrante

- **Descrude RD (Para Exportación):** Temperatura 60 °C x 45 min

Tabla 3.3. Concentraciones de reactivos utilizados para el descrude RD (exportación)

Reactivos	Concentración (g/L)	Función
IDROSOLVAN RD	2,0	Detergente
ISOPAL 68	2,0	Antiquebre
SEQUION RD	2,0	Desmineralizador
SEQUION M - 500	0,5	Secuestrante

- **Descrude RD + antipilling:** Temperatura 60 °C x 45 min

Tabla 3.4. Concentraciones de reactivos utilizados para el descrude RD mas antipilling. El uso del Sequion M-500 es solo para descrude exportación

Reactivos	Concentración	Función
IDROSOLVAN RD	2,0 g/L	Detergente
ISOPAL 68	2,0 g/L	Antiquebre
SEQUION RD	2,0 g/L	Desmineralizador
MEGAFINISH BP	0,5 - 1,5 %	Celulasa (Antipilling)
ÁCIDO ACÉTICO	0,35 g/L	Regulador de pH
SEQUION M-500	0,5 g/L	Secuestrante

➤ **Descrude RD con soda + antipilling:**

Tabla 3.5. Concentraciones de reactivos utilizados para el descrude RD con soda más antipilling

Reactivos	Concentración	Función
IDROSOLVAN R07	1 g/L	Detergente
ISOPAL 68	2 g/L	Antiquebre
SEQUION M-500	0,5 g/L	Secuestrante
NaOH Líquida al 50 %	3 g/L	Álcali
SEQUION BBD	0,8 g/L	Desmineralizador
IDROSOLVAN RD	2 g/L	Detergente
SEQUION RD	2 g/L	Secuestrante
MEGAFINISH BP	0,5 - 1,5 %	Celulasa (Antipilling)

➤ **Blanqueo químico:** Temperatura 105 °C x 12 min

Tabla 3.6. Concentraciones de reactivos utilizados para el blanqueo químico

Reactivos	Concentración (g/L)	Función
IDROSOLVAN R07	1	Detergente
ISOPAL 68	2	Antiquebre
CELIDON G 42	0,52	Estabilizador de H ₂ O ₂
SEQUION M – 500	0,5	Secuestrante
H ₂ O ₂ al 50%	4	Blanqueo
NaOH Líquida al 50 %	2	Álcali
SEQUION BBD	1	Desmineralizador
ÁCIDO ACÉTICO 99 %	0,2	Regulador de pH
MEGALASE KLR	1	Catalasa

➤ **Blanqueo químico + antipilling:**

- Blanqueo químico a Temperatura 105 °C x 12 min
- Antipilling pH = 4,5-5,0 a Temperatura 55 °C x 45 min

Tabla 3.7. Concentraciones de reactivos utilizados para el blanqueo químico mas antipilling

Reactivos	Concentración	Función
IDROSOLVAN R07	1 g/L	Detergente
ISOPAL 68	2 g/L	Antiquebre
CELIDON G 42	0,52 g/L	Estabilizador de H ₂ O ₂
SEQUION M – 500	0,5 g/L	Secuestrante
H ₂ O ₂ al 50%	4 g/L	Blanqueo
NaOH Líquida al 50%	2 g/L	Álcali
SEQUION BBD	1 g/L	Desmineralizador
ÁCIDO ACÉTICO 99%	0,2 g/L	Regulador de pH
MEGALASE KLR	1 g/L	Catalasa
MEGAFINISH BP	0,5 - 1,5%	Celulasa

➤ **Teñido de la fibra de algodón:**

Tabla 3.8. Formulación de la receta de teñido

Reactivos	Concentración
COLORANTE REACTIVO (Tricromía)	α % β % Φ %
DISPERSANTE - SECUESTRANTE	0,5 – 2 g/L
SAL (NaCl o Na ₂ SO ₄)	20 – 75 g/L
ÁLCALI (Na ₂ CO ₃ o NaOH Liq. Al 50 %)	0,5 – 3,0 g/L

Condiciones:

Relación de baño : 6 L de agua / kg de tela
 Volumen : kg de tela x Relación de baño
 Temperatura : (40 – 95) °C
 Tiempo : (30 – 60) min

- **Jabonado:** Temperatura 80 °C x 15 min

Tabla 3.9. Concentraciones de reactivos utilizados en el jabonado

Reactivos	Concentración (g/L)	Funciones
ÁCIDO ACÉTICO	0,45 – 0,60	Regulador de pH
ISOPON SAP	2,0 – 2,5	Jabón
ISOPAL 68	2,0	Antiquebre

3.1.4. Curvas de los procesos

- **Descrude RD local:**

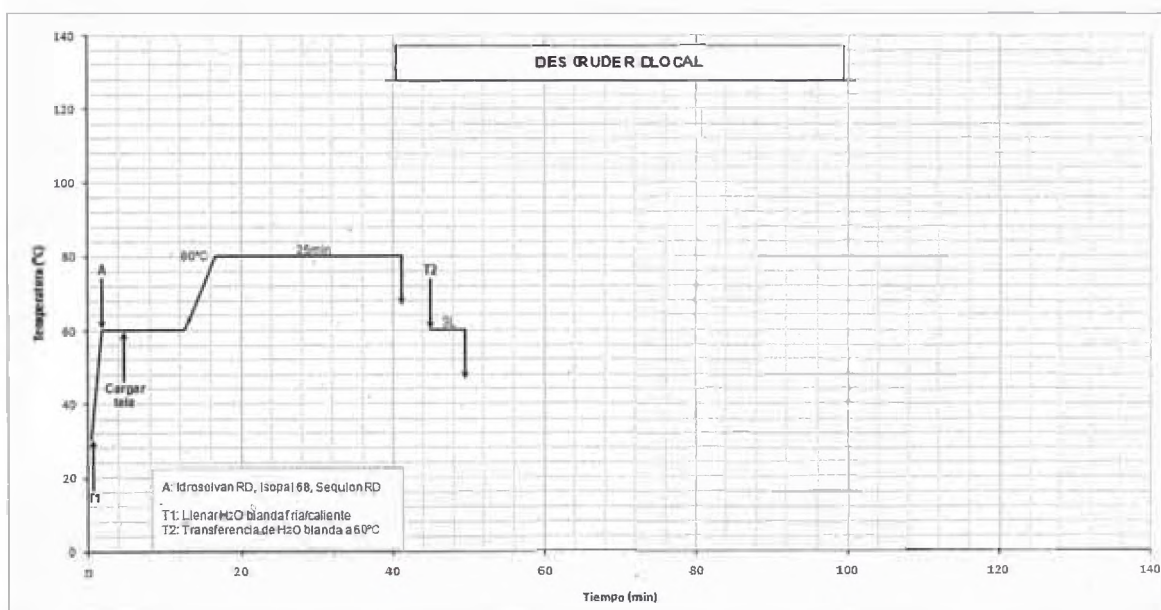


Figura 3.4. Curva de proceso del descrude RD local.

➤ **Descrude RD local + antipilling:**

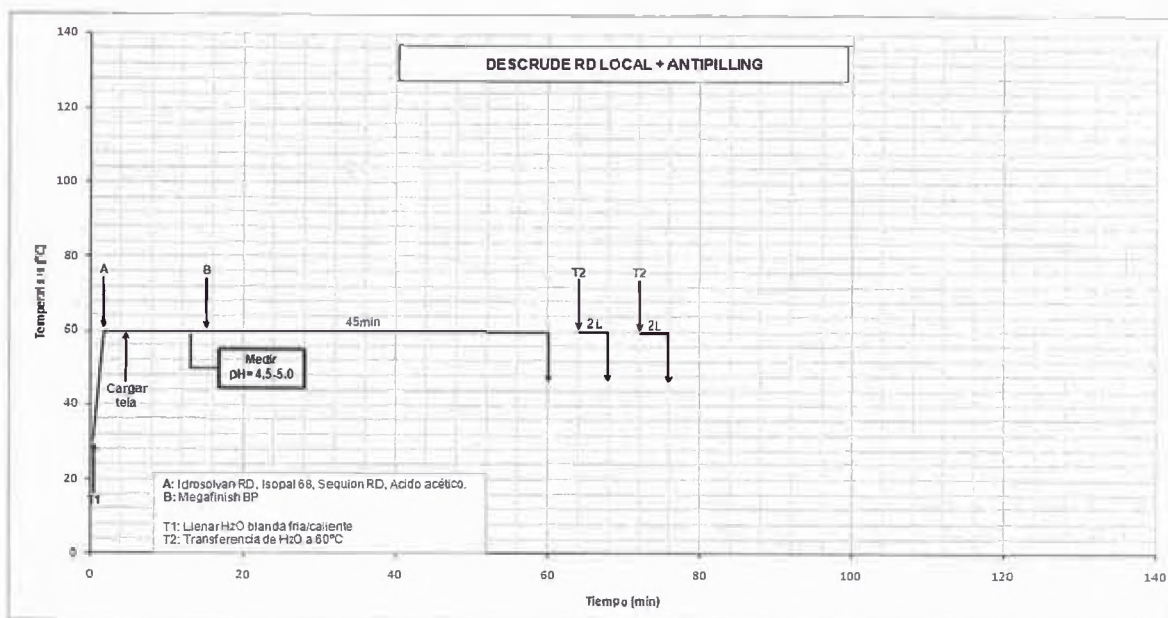


Figura 3.5. Curva de proceso del descrude RD local más antipilling.

➤ **Descrude RD exportación:**

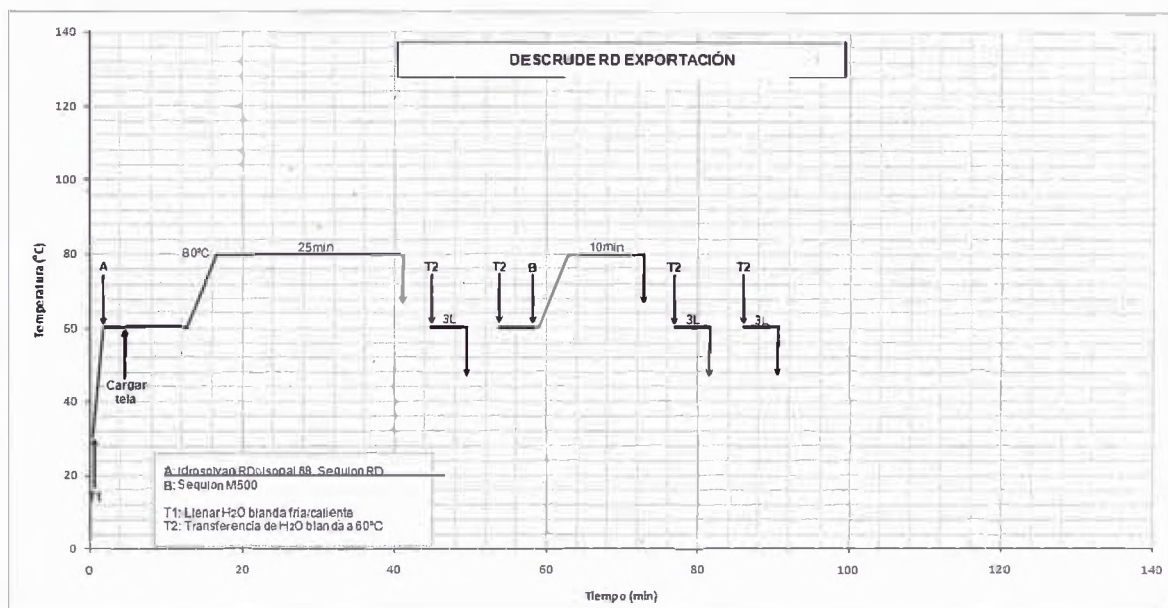


Figura 3.6. Curva de proceso del descrude RD exportación.

➤ **Descrude RD exportación + antipling:**

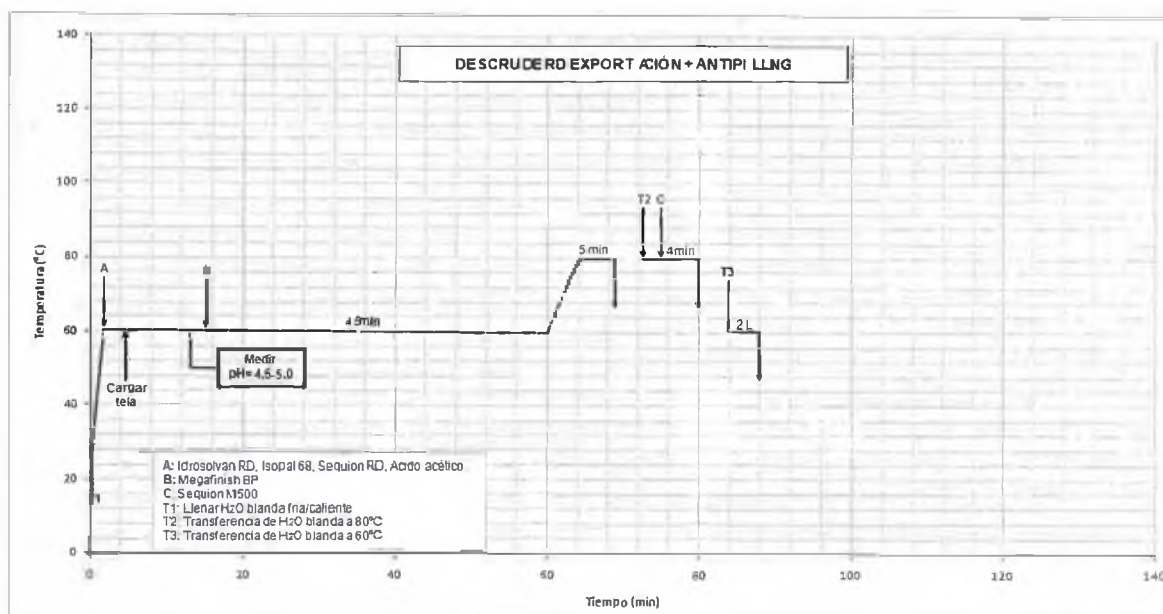


Figura 3.7. Curva de proceso del descrudo RD exportación más antipling.

➤ **Descrude con soda + RD + antipling:**

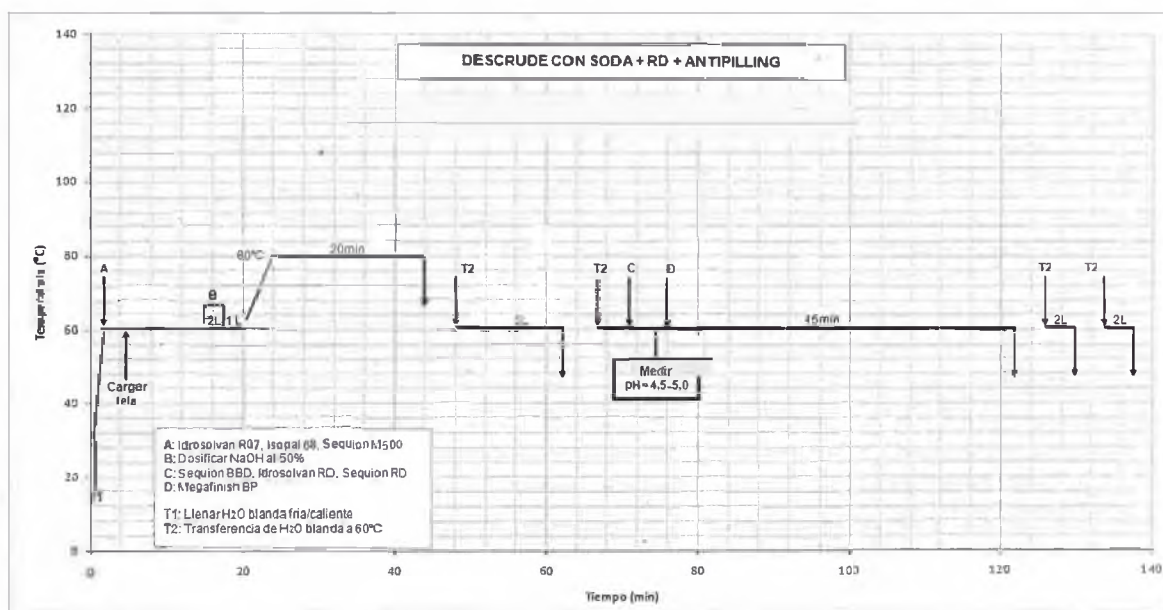


Figura 3.8. Curva de proceso del descrudo RD exportación con soda más antipling.

➤ **Blanqueo químico:**

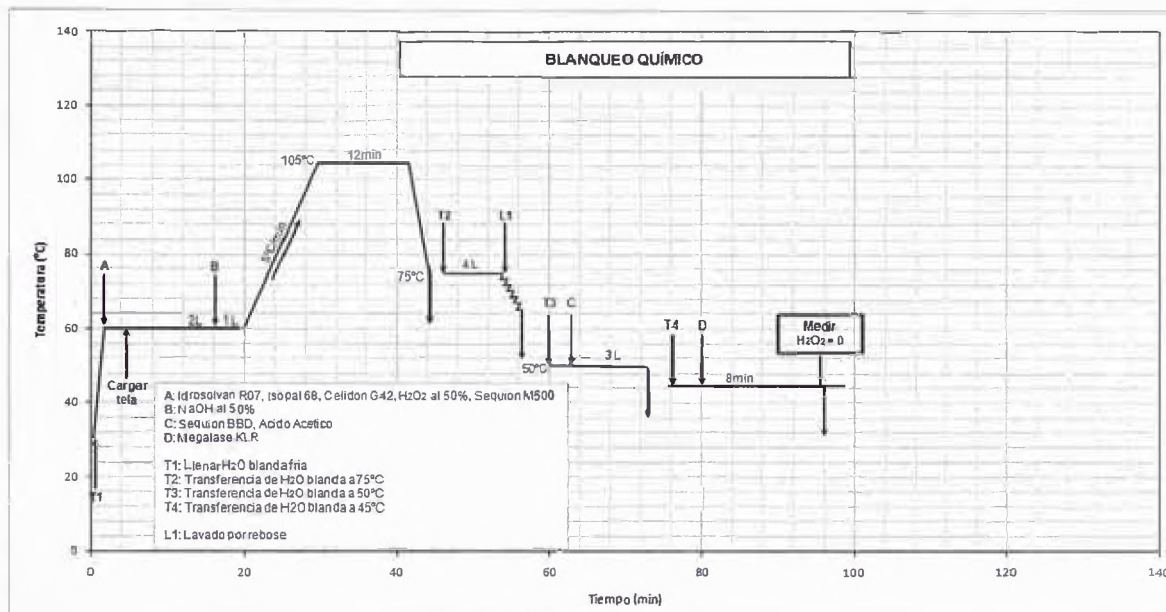


Figura 3.9. Curva de proceso del blanqueo químico.

➤ **Blanqueo químico + antipilling:**

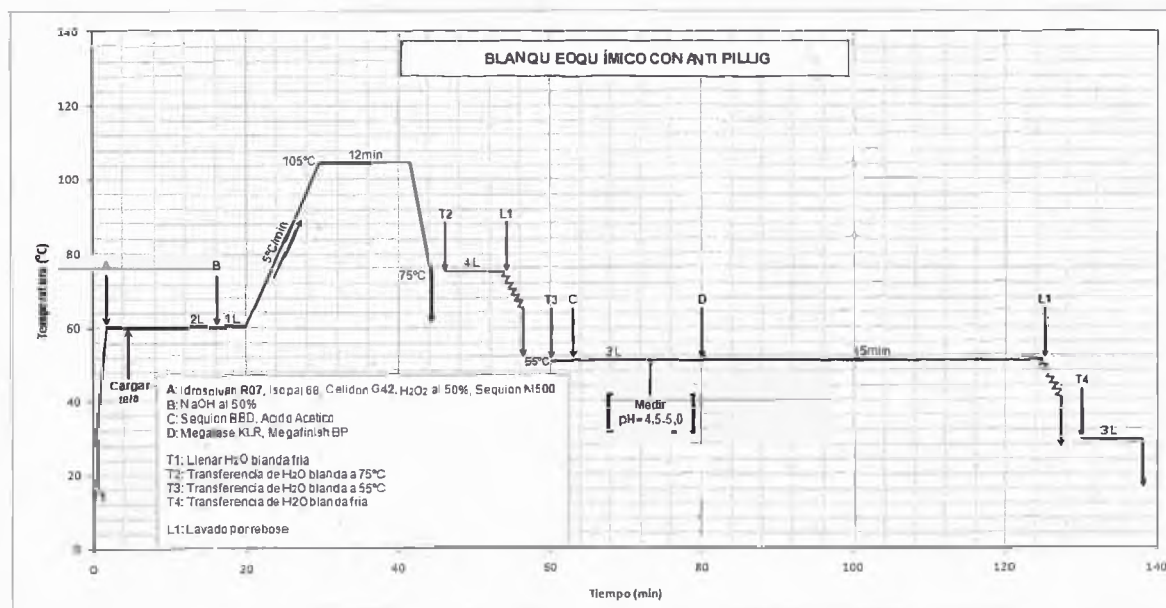


Figura 3.10. Curva de proceso del blanqueo químico con antipilling.

➤ **Teñido:**

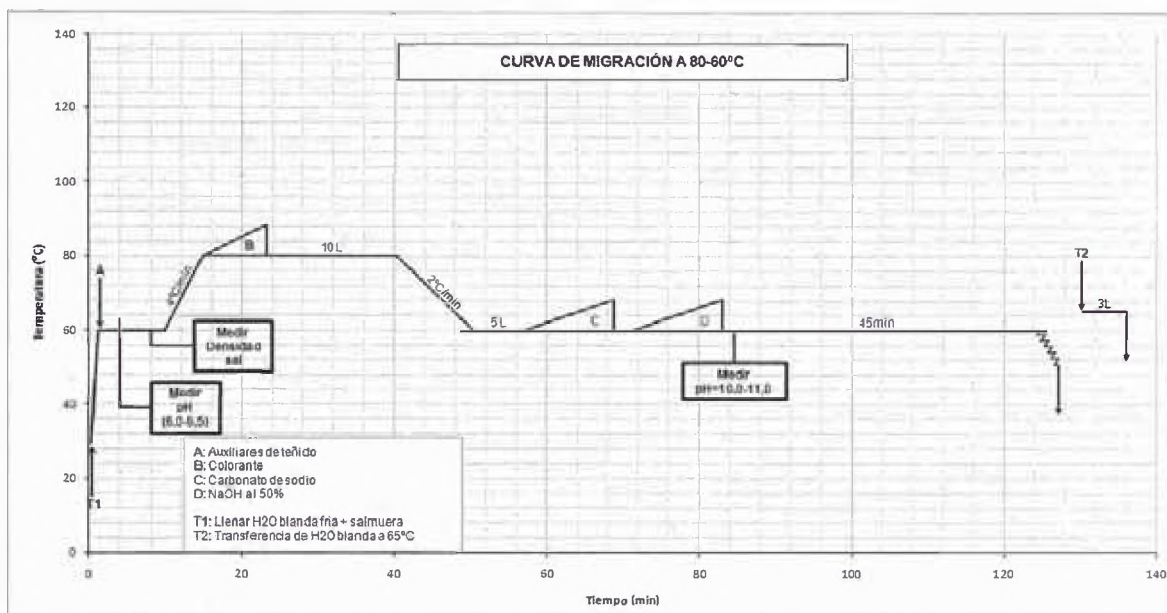


Figura 3.11. Curva del proceso de teñido

Tiempo de agotamiento:

- Colores claros = 30 min
- Colores medios = 45 min
- Colores oscuros = 60 min

Nota: En las figuras donde se muestran las curvas de los procesos L representa 1 liso = 90 s

➤ **Jabonado:**

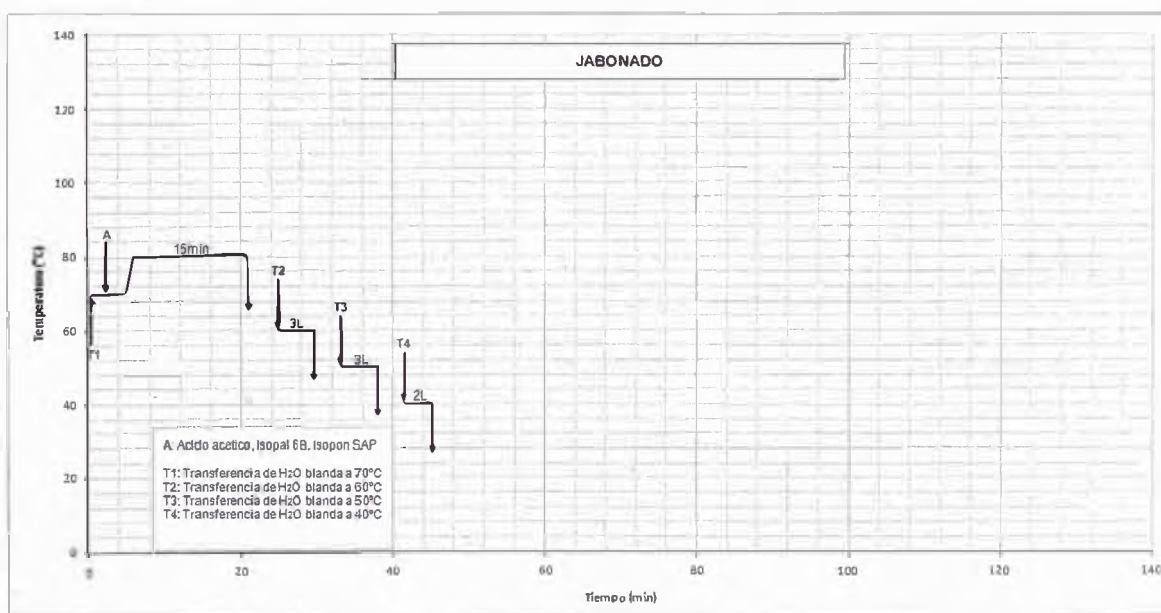


Figura 3.12. Curva del proceso de Jabonado.

3.1.5. Tricromías estandarizadas

Tabla 3.10. Tricromías estandarizadas para diferentes tipos de matices

Colores claros	Colores oscuros
Amarillo Everzol Lx ó NPN Rojo Everzol LFB Azul Everzol LX	Amarillo Everzol 3RS Rojo Everzol 3BS Marino Everzol FBN
Amarillo claro brillante	Amarillo Limón
Amarillo Everzol CGL Rojo Everzol LFB Azul Everzol LX	Amarillo Everzol 3GL Amarillo Everzol LX ó 3RS Azul Everzol LX
Celestes	Rosados
Amarillo Everzol LX Rojo Everzol LFB Azul Everzol LX ó EDG	Amarillo Levafix CA Rubí Levafix CA Azul Levafix CA
Corales	Rojos y Guindas
Amarillo Everzol LX ó CGL Rojo Everzol LFB ó F2B Azul Everzol LX	Amarillo Everzol 3RS ó ED ó Naranja Everzol ED-2R Rojo Everzol 3BS ó ED ó ED-3B ó ED-7B Azul Everzol LX ó ED
Púrpura y Morados	Negro
Amarillo Everzol LX ó 3RS Rojo Everzol 3BS Azul Everzol LX	Amarillo Everzol 3RS Rojo Everzol 3BS ó ED-3B ó ED-7B Negro Everzol GSP ó ED-G ó ED-R
Naranjas claros	Naranjas medio y oscuros
Naranja Everzol C2R Rojo Everzol LFB Amarillo, Rojo y Azul Everzol LX	Amarillo Everzol 3RS Naranja Everzol ED-2R ó ED Rojo Everzol 3BS Azul Everzol Lx
Beige, Verde olivo, Kaki, grises (claros a medios)	Beige, Verde olivo, Kaki, grises (medios a oscuros)
Amarillo Everzol Lx ó NPN Rojo Everzol LFB Azul Everzol LX (menor que 1 %)	Amarillo Everzol ED Rojo Everzol LFB ó ED-3B Azul Everzol ED (mayor 1 %)
Azulinos	Marrones, Verde Militar
Amarillo Everzol 3RS ó LX Rojo Everzol LFB ó 3RS ó F2B Azul Everzol R-Especial ó EDG	Amarillo Everzol ED Rojo Everzol LFB ó ED-3B Azul Everzol ED (mayor 1 %) ó Marino Everzol ED ó FBN
Turqueza claro (1º opción)	Turqueza claro (2º opción)
Amarillo Everzol LX Rojo Everzol LFB Azul Everzol EDG	Amarillo Everzol 3GL Turqueza Everzol G Azul Everzol EDG
Verde perico	Turqueza oscuro
Amarillo Everzol 3GL Verde Everzol GW ó 6B Azul Everzol EDG ó Turqueza Everzol G	Amarillo Everzol 3GL Turqueza Everzol G Azul Everzol EDG ó Azul Everción HERD ó HEGN

3.1.6. Principales controles a considerar en la planta de tintorería.

➤ Controles del previo

- Hidrofilidad
- Grado de blanco
- pH extracción
- Agua

➤ Controles de tintura

- pH de teñido y jabonado
- Dureza
- Peróxido residual
- Bicarbonatos
- Muestra del teñido
- Relación de baño

➤ Controles de maquina

- Volumen inicial del previo
- Volumen inicial de teñido
- Posición de la tobera
- Velocidad de la bomba
- Velocidad de la cuerda

3.1.6.1. Controles del previo

Tabla 3.11. Objetivos y procedimientos de los controles del previo

Control	Objetivo	Procedimiento
Hidrofilidad	<ul style="list-style-type: none"> - Asegurar la uniformidad del tratamiento previo. - Controlar la hidrofilidad del tratamiento previo antes de ser teñido 	<ul style="list-style-type: none"> - Prepara una solución de colorante turqueza reactivo o directo al 1 % de contracción. - Agregar una gota sobre la superficie de la tela. - Analizar el tiempo de humectación así como la forma de la gota.
Grado de blanco	<ul style="list-style-type: none"> - Asegurar tener la misma base del desarrollo de laboratorio o en todo caso el mismo fondo de una partida ya trabajada. - Esto debe verificarse tanto para el blanqueo como para el descruce. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cortar una muestra del previo que se viene desarrollando en planta y secarlo a una temperatura no mayor a 110 °C. - Compararlo con la muestra que se desarrollo en laboratorio o en la partida anterior según fuese el caso.
pH de extracción	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar el correcto neutralizado del tratamiento previo antes de entrar al teñido, evitando así una prefijación durante la dosificación del colorante. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cortar 10 g de una muestra de tela tratada y agregarle 200 ml de agua blanda sin bicarbonato (pH neutro). - Elevar la temperatura solo hasta que de un hervor. - Enfriar la solución y medir el pH.
Agua	<ul style="list-style-type: none"> - Controlar la calidad de agua blanda a usar durante los procesos. 	<ul style="list-style-type: none"> - La calidad de agua debe ser evaluada constantemente usando un kit de dureza (≤ 17 ppm CaCO_3) o (≤ 0.95 °dH).

3.1.6.2. Controles de tintura

Tabla 3.12. Objetivos y procedimientos de los controles del teñido

Control	Objetivo	Procedimiento
<p>pH inicial</p> <p>Teñido y Jabonado</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Evitar una prefijación del colorante. - Evitar una hidrólisis del colorante durante el jabonado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Muestrear una solución de baño de teñido con todos los auxiliares incluidos, y medir el pH con el potenciómetro. - Para el jabonado proceder de la misma manera.
<p>pH final</p> <p>Teñido</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar el pH durante el agotamiento, según receta de laboratorio. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sacar una muestra de baño de agotamiento y medir el pH con el potenciómetro.
Dureza	<ul style="list-style-type: none"> - Evitar la formación de precipitados por efectos de la dureza. 	<ul style="list-style-type: none"> - El método de medición puede realizarse con las cintas o con el Kit de dureza. - Para el teñido, se mide de la misma solución del pH de extracción. - Para el caso de la sal se recomienda trabajarlo sobre una solución de 100 g/L.
Peróxido residual	<ul style="list-style-type: none"> - Evitar la influencia que pueda tener el peróxido residual sobre los colorantes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Antes de teñir verificar la presencia de peróxido residual sobre los colorantes. - Sobre la tela húmeda blanqueada se debe de colocar la cinta del kit de peróxido.
Bicarbonatos	<ul style="list-style-type: none"> - Evitar la prefijación que puede generar en el teñido. 	<ul style="list-style-type: none"> - Muestrear y medir el pH de una solución determinada de agua de planta. - Hervir por 5 min y enfriar, medir pH y evaluar la presencia de bicarbonatos.
Muestra del teñido	<ul style="list-style-type: none"> - Tener un indicio final del teñido 	<ul style="list-style-type: none"> - Al final del proceso de teñido muestrear y dar su ruta de acabado correspondiente archivar y enviar a control de calidad para su previa evaluación.
Relación de baño	<ul style="list-style-type: none"> - Controlar la cantidad de agua correcta a usar 	<ul style="list-style-type: none"> - Después de agregar la sal, retirar una muestra de baño y agregar sobre una probeta, evitando se forme espuma. - Colocar el densímetro y el termómetro y según las tablas evaluar la cantidad de volumen de baño.

A continuación se muestra los controles de diferentes colores:

Tabla 3.13. Formulación y control de procesos color Navy

Formulación de Laboratorio Color Navy			
Datos	Peso de Tela = 160,60 Kg Relación de baño = 6 Volumen = 963 L		
Previo	Idrosolvan RD	2,0 g/L	1926,000 g
	Isopal 68	2,0 g/L	1926,000 g
	Sequion RD	2,0 g/L	1926,000 g
	Megafinish BP	1,0 %	1606,000 g
	Ácido acético	0,5 g/L	481,500 g
	Sequion M500	1,0 g/L	963,000 g
Teñido	Sequion M500	1,0 g/L	963,000 g
	Isopal 68	0,5 g/L	481,500 g
	Fimbil E-AS	1,0 g/L	963,000 g
	Amarillo Everzol 3RS	0,875 %	1405,250 g
	Rojo Everzol 3BS	0,710 %	1140,260 g
	Azul Marino Everzol FBN	1,701 %	2731,806 g
	Sal Inglesa	75 g/L	72225,000 g
	Carbonato de Sodio	5,0 g/L	4815,000 g
Jabonado	NaOH Líquida al 50 %	2,6 g/L	2503,800 g
	Ácido acético	0,6 g/L	577,800 g
	Isopon SAP	2,5 g/L	2407,500 g
	Isopal 68	2,0 g/L	1926,000 g

Parámetros de máquina				
RPM (Molinete)	RPM (Bomba)	Hidrobario	Tiempo de cuerda (s)	Nº de Cuerdas
272	1100	55 %	100	1
65 %	55 %			

Blanqueo químico	Descrude	Antipilling (pH = 4,5-5,0)	H ₂ O residual	Dureza
-	60 °C x 45 min	60 °C x 45 min pH = 4,8	-	0

Controles de tintura					
V _{inicial}	Densidad de sal	V _{Colorante}	V _{Carbonato}	V _{Soda}	Tiempo Agotamiento
223 L	1,047 g/L	150 L	80 L	80 L	60 °C x 60 min

Correcciones			
NaCl (g)	8044.73	H ₂ O (L)	0

pH (50 °C)	Inicial de teñido	Agotamiento (60 °C x 60 min)	Jabonado (80 °C x 15 min)	Muestra
Laboratorio	6,10	10,69	6,10	
Planta	6,30	11,00	5,70	

- Corrección de volumen y sal en el teñido color Navy:

Tabla 3.14. Corrección de volumen y sal en el teñido color Navy

Datos de la formulación:	
Peso de la tela (kg)	160,6
Relacion de baño	6
Volumen total (L)	963
Cantidad de sal (g/L)	75
Datos de la densidad de sal:	
Densidad de la sal	1,047
Cantidad de sal (g/L)	95
Calculo del volumen inicial de teñido:	
$V_{\text{inicial real}} = (V_{\text{total}} \times \text{g/L de sal según formulación}) / \text{g/L de sal según tabla}$	
$V_{\text{inicial de teñido (L)}}$	760,26
Calculo de valor inicial real:	
Volumen inicial de teñido (L)	760,26
Volumen del colorante	150
Volumen del 1º alcali	80
Volumen del 2º alcali	80
$V_{\text{total real}} = V_{\text{inicial de teñido}} + V_{\text{colorante}} + V_{1^\circ \text{ alcali}} + V_{2^\circ \text{ alcali}}$	
Volumen total real	1070,2632
Correccion de sal o agua	
Si: $V_{\text{total real}} > V_{\text{total}} \rightarrow$ Agregar sal : g/L de sal x ($V_{\text{total real}} - V_{\text{total}}$)	
Cantidad de sal (g)	8044,7368
Si: $V_{\text{total real}} < V_{\text{total}} \rightarrow$ Agregar agua: : $V_{\text{total}} - V_{\text{total real}}$	
Cantidad de agua (L)	0

- Diferencia de color CIE L*a*b*: Navy estándar VS Partidas de producción

Tabla 3.15. Diferencia de color de diferentes partidas evaluados contra el Navy estándar

Partidas	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*	L*a*b* Pasa/ Falla
1°	-0,10	-0,07	-0,12	0,17	Pasa
2°	-0,28	-0,01	-0,08	0,29	Pasa
3°	0,08	-0,12	-0,17	0,22	Pasa
4°	-0,30	-0,06	-0,10	0,32	Pasa
5°	0,16	-0,15	-0,13	0,25	Pasa

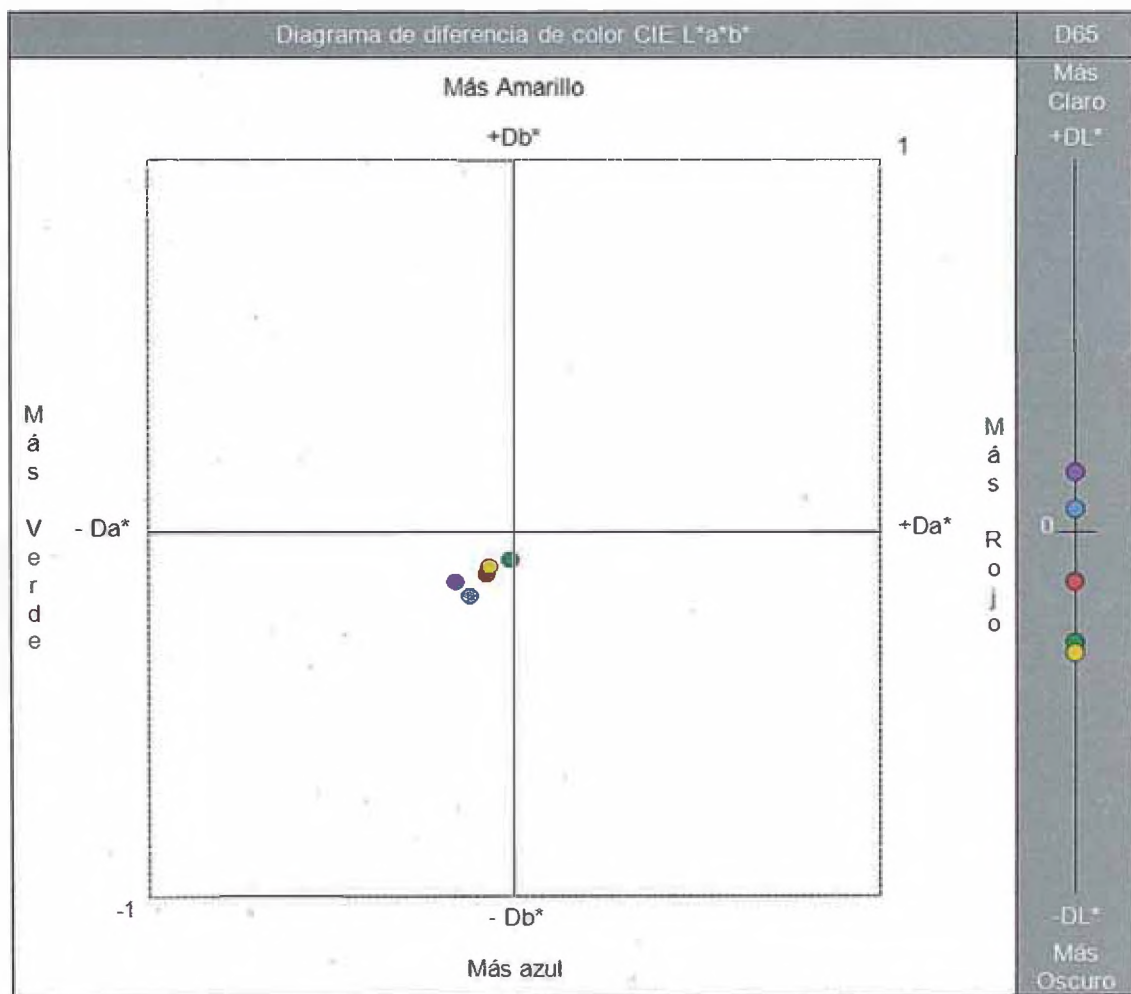


Figura 3.13. Diagrama de diferencia de color indicando el punto de distribución para cada partida evaluada contra el Navy estándar.

Formulación de Laboratorio Color Yellow					
Datos	Peso de Tela = 198,6 kg Relación de baño = 6 Volumen = 1191 L				
Previo	Idrosolvan RD	1,0 g/L	1191,000 g		
	Isopal 68	2,0 g/L	2382,000 g		
	Seguion M500	0,5 g/L	595,500 g		
	Celidon G42	0,52 g/L	619,320 g		
	Agua oxigenada 50 %	4,0 g/L	4764,000 g		
	Soda caustica al 50 %	2,0 g/L	2382,000 g		
	Seguion BBD	1,0 g/L	1191,000 g		
	Acido acético	0,2 g/L	238,200 g		
	Megalase KLR	1,0 g/L	1191,000 g		
	Megafinish BP	1,5 %	2979,000 g		
	Seguion M500	1,0 g/L	1191,000 g		
	Isopal 68	0,5 g/L	595,500 g		
	Fimbil E-AS	1,0 g/L	1191,000 g		
	Amarillo Everzol 4GL	0,875 %	694,901 g		
Amarillo Everzol LX	0,710 %	29,790 g			
Teñido	Sal Inglesa	30,00 g/L	35730,000 g		
	Carbonato de Sodio	5,00 g/L	5955,000 g		
	NaOH Liquida al 50 %	1,00 g/L	1191,000 g		
	Acido acético	0,70 g/L	833,700 g		
	Jabonado				
	Parametros de máquina				
RPM (Molnate)	RPM (Bomba)	Hidrobatio	Tiempo de cuerda (s)	Nº de Cuerdas	
281	1100	55 %	112	2	
68 %	73 %				
Blanqueo químico	Descruce	Antipilling (pH = 4,5-5,0)	H ₂ O residual	Dureza	
105 °C x 12 min	-	60 °C x 45 min	0	0	
Controles de tintura					
V Inicial	Densidad de sal	V Colorante	V Carbonato	V Soda	Tiempo Agotamiento
337 L	1,012 g/L	150 L	80 L	80 L	60 °C x 30 min
Correcciones					
NaCl (g)		367,5	H ₂ O (L)		0
pH (50 °C)	Inicial de teñido	Agotamiento (60 °C x 60 min)	Neutralizado	Muestra	
	6,39	10,68	6,48		
	6,00	11,13	6,47		
Planta					
Laboratorio					

Tabla 3.16. Formulación y control de procesos color Yellow

- Corrección de volumen y sal en el teñido color Yellow:

Tabla 3.17. Corrección de volumen y sal en el teñido color Yellow

Datos de la formulación:	
Peso de la tela (kg)	198,6
Relacion de baño	6
Volumen total (L)	1191
Cantidad de sal (g/L)	30
Datos de la densidad de sal:	
Densidad de la sal	1,012
Cantidad de sal (g/L)	40
Calculo del volumen inicial de teñido:	
$V_{\text{inicial real}} = (V_{\text{total}} \times \text{g/L de sal según formulación}) / \text{g/L de sal según tabla}$	
Vinicial de teñido (L)	893,25
Calculo de valor inicial real:	
Volumen inicial de teñido (L)	893,25
Volumen del colorante	150
Volumen del 1º alcali	80
Volumen del 2º alcali	80
$V_{\text{total real}} = V_{\text{inicial de teñido}} + V_{\text{colorante}} + V_{1^\circ \text{ alcali}} + V_{2^\circ \text{ alcali}}$	
Volumen total real	1203,25
Correccion de sal o agua	
Si: $V_{\text{total real}} > V_{\text{total}} \rightarrow$ Agregar sal : g/L de sal x ($V_{\text{total real}} - V_{\text{total}}$)	
Cantidad de sal (g)	367,5
Si: $V_{\text{total real}} < V_{\text{total}} \rightarrow$ Agregar agua: : $V_{\text{total}} - V_{\text{total real}}$	
Cantidad de agua (L)	0

- Diferencia de color CIE L*a*b*: Yellow estándar VS Partidas de producción

Tabla 3.18. Diferencia de color de diferentes partidas evaluados contra el Yellow estándar

Partidas	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*	L*a*b* Pasa/ Falla
1°	-0,28	-0,06	-0,47	0,55	Falla
2°	0,17	0,06	-0,19	0,26	Pasa
3°	0,31	0,07	0,58	0,66	Falla
4°	0,37	0,13	0,05	0,40	Pasa
5°	0,20	0,06	0,17	0,27	Pasa

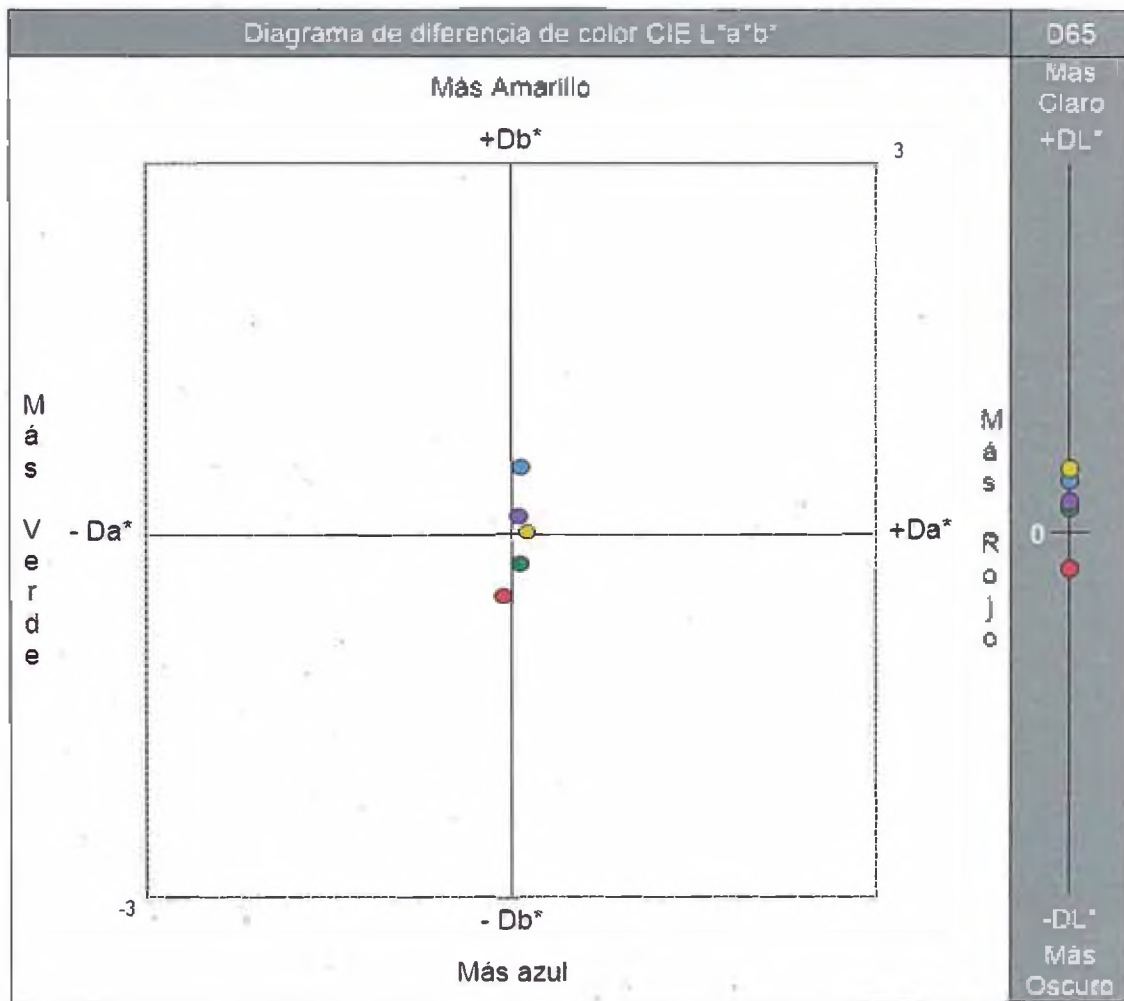


Figura 3.14. Diagrama de diferencia de color indicando el punto de distribución para cada partida evaluada contra el Yellow estándar.

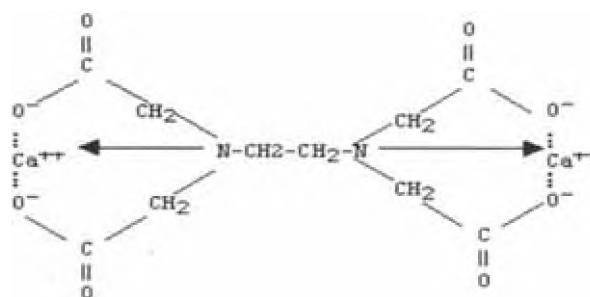
3.1.6. Reacciones involucradas en el proceso de teñido

a) Tratamiento previo

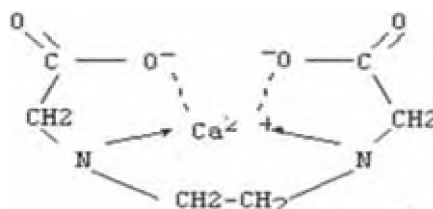
➤ Desmineralizado:



EDTA – Ca pH < 11,0

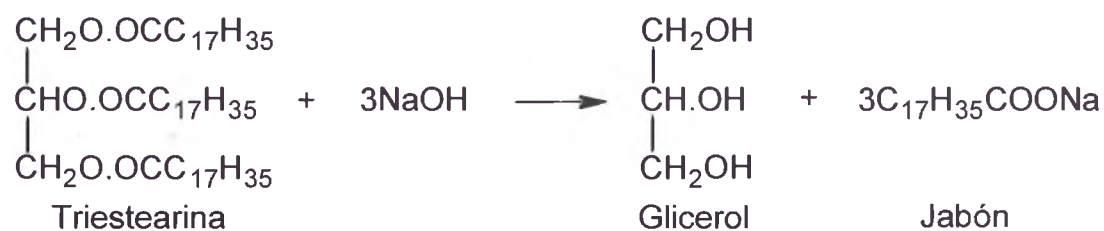


EDTA – Ca pH > 11,0



b) Descrude:

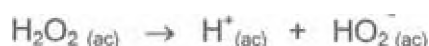
➤ Reacción de saponificación:



c) Blanqueo químico:

El mecanismo de la reacción química del blanqueo es el siguiente:

- El H_2O_2 es un ácido débil que se ioniza según la reacción:



- En solución alcalina, se activa el agua oxigenada y se forma cierta cantidad de aniones perhidroxi HO_2^- especie activa encargada de producir el blanqueo:



Una concentración mayor de iones OH^- tiene efecto activante con una cantidad creciente de aniones de peróxido de hidrogeno disponible en el licor, el efecto de blanqueo se incrementa.

- Los aniones perhidroxi se descomponen en sus formas más estables en ion hidroxilo y oxígeno nascente; estos aniones perhidroxi son la fuente del oxígeno activo (nascente) 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:



- El oxígeno activo formado reacciona químicamente con los dobles enlaces de los sistemas cromóforos, por ejemplo de los pigmentos carotenoides que, entre otras cosas, confiere al algodón crudo su color amarillo pardusco característico:

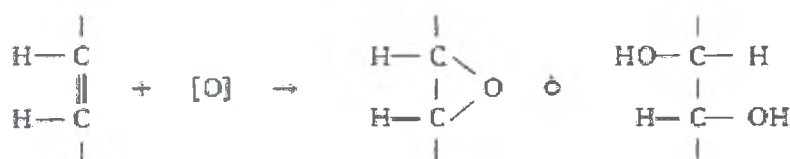


Figura 3.15. Reacción de un cromóforo con el oxígeno activo.

- No obstante, en una solución acida, los aniones de peróxido de hidrógeno se estabiliza:



d) Antipilling:

- Degradación enzimática de la celulosa:

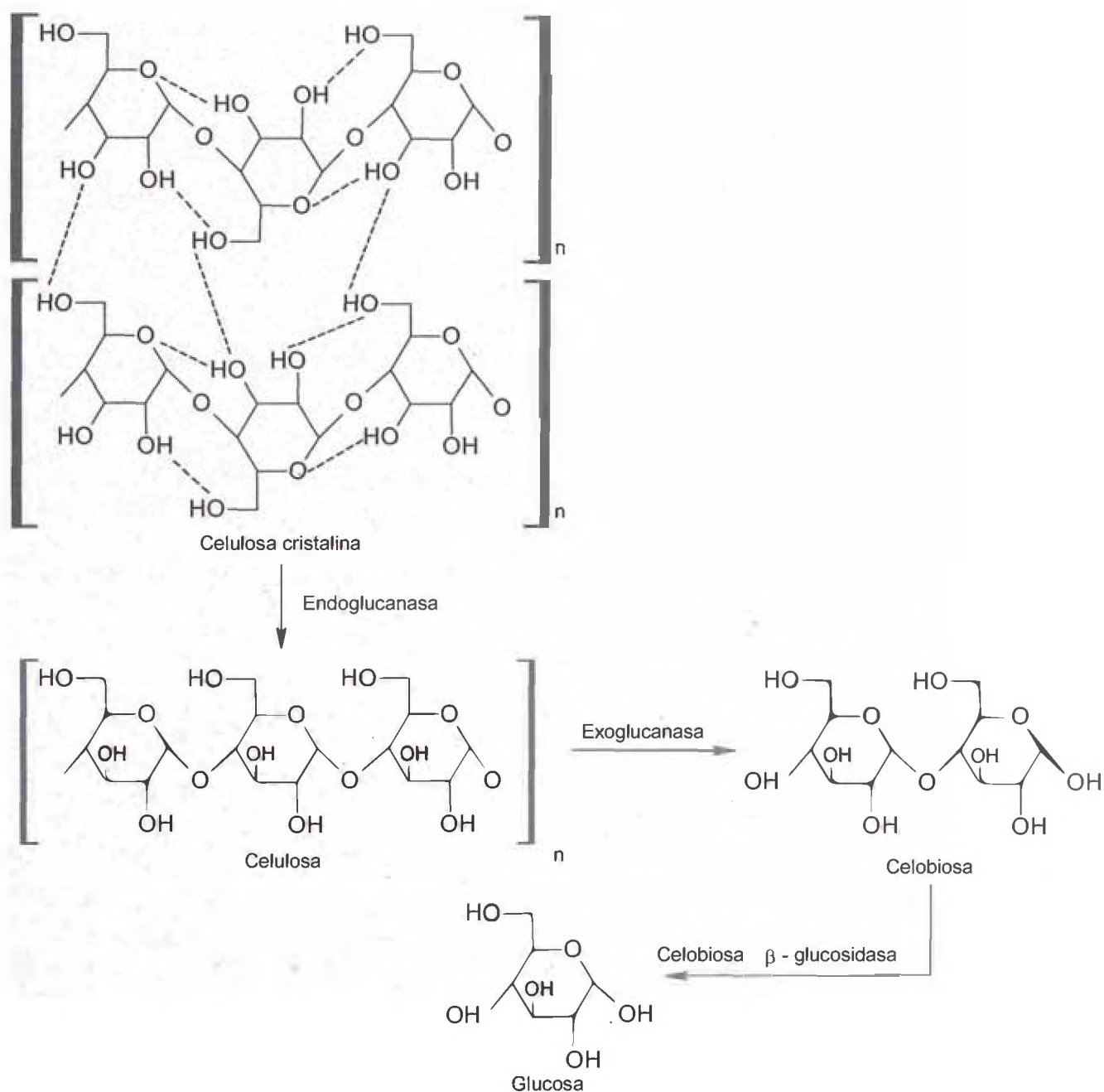
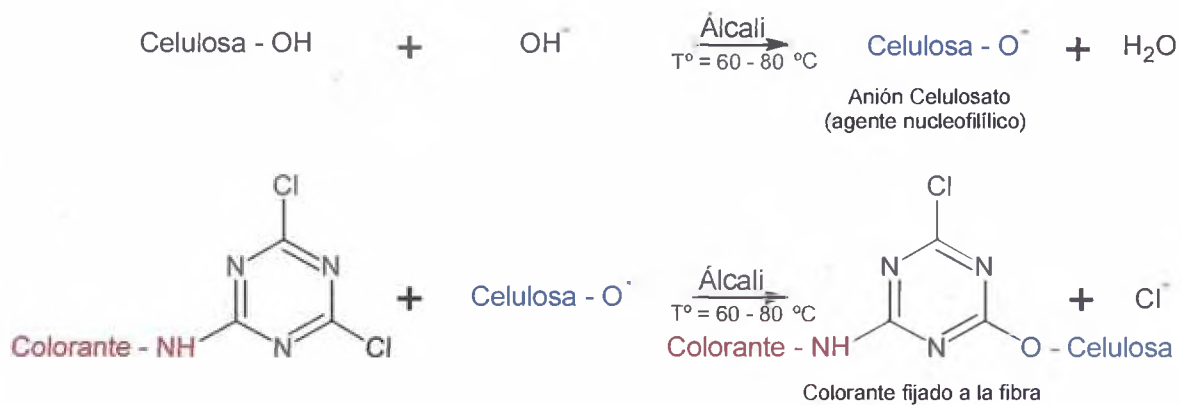


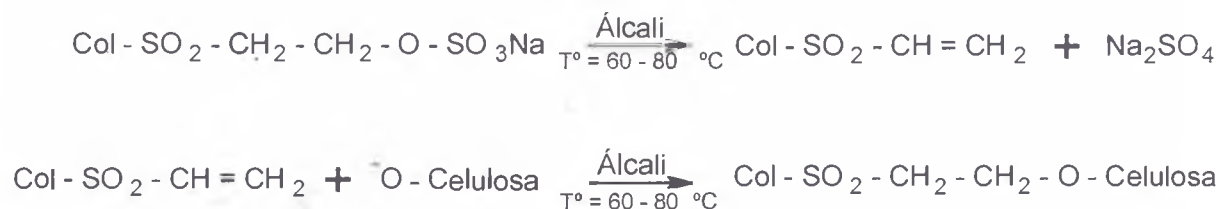
Figura 3.16. Mecanismo de la hidrólisis de la celulosa.

e) Teñido:

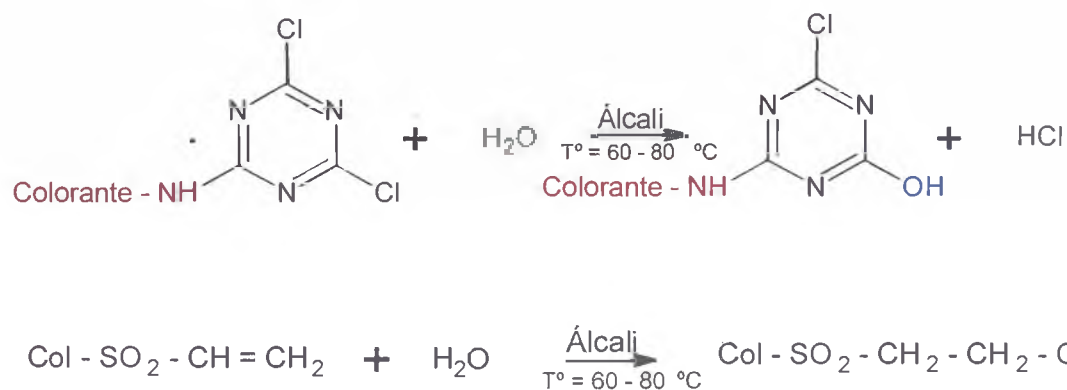
➤ Reacción de sustitución nucleofílica:



➤ Reacción de adición nucleofílica:



➤ Reacción de Sustitución: Hidrólisis.



CAPITULO IV

4.1. ACTIVIDADES Y MEJORAS REALIZADAS

- Uno de los cambios principales fue la adaptación del sistema de dosificación en las maquinas de teñido MCS para el ingreso de los álcalis en la tintura, haciendo uso de curvas progresivas (figura 4.0) y no lineales, permitiendo tener un cambio de pH menos brusco, durante el dosificado del 1º álcali.

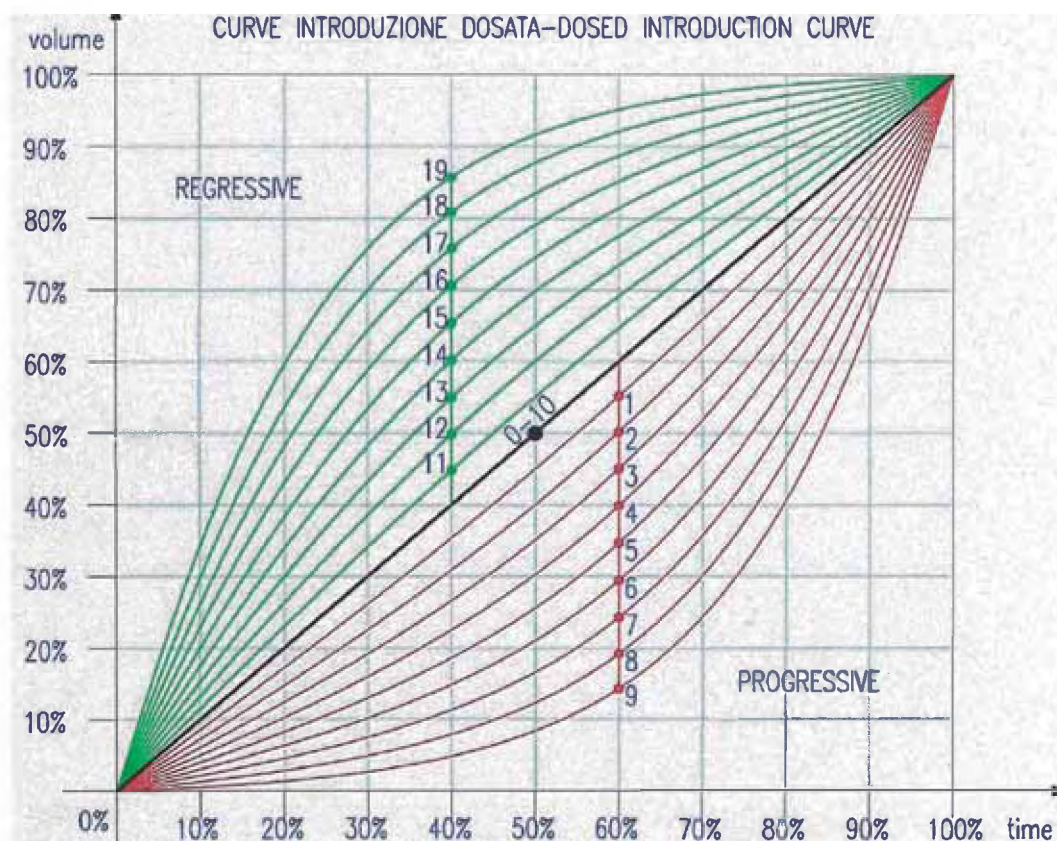


Figura 4.0. Gráfica de curvas regresivas y progresivas.

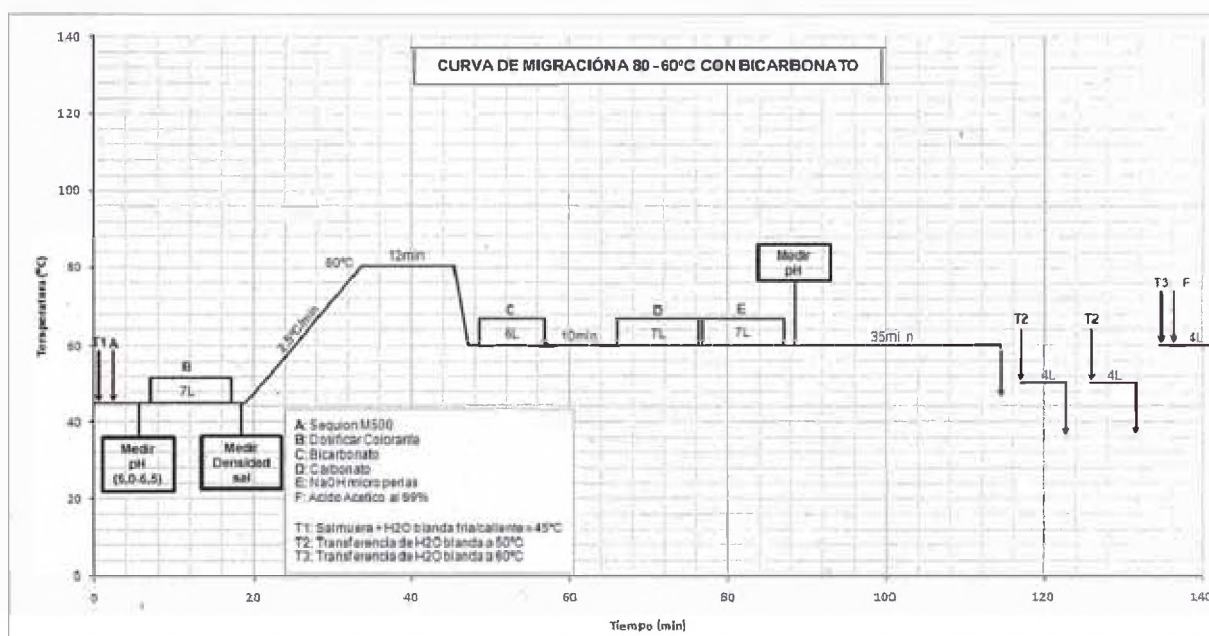
Anterior a este cambio con la primera dosificación de un 5% de álcali, el pH subía a 9,0-9,5. Esta forma tan rápida de subir el pH , producía un alto riesgo de generar manchas, obteniendo teñidos mal igualados.

- El cambio del dosificado progresivo de los álcalis ha hecho posible establecer tipos de curvas para diferentes colores:

Tabla 4.0. Curva y tiempo en lisos (1liso = 90 s) para la dosificaciones de los álcalis

Colores	1° Dosificación		2° Dosificación	
	Curva	Tiempo(lisos)	Curva	Tiempo(lisos)
Azul brillante, Turquezas, Verdes brillantes,	9	14	7	14
Claros y medios	9	14	7	7
Oscuros (Negros, marinos, granate, rojos)	5	14	5	14
Verde militar, marrones	9	14	5	14

- Un cambio importante en la curva de teñido fue la eliminación del bicarbonato de sodio y el cambio del ingreso del colorante a 80 °C en la tintura de la figura 4.1:

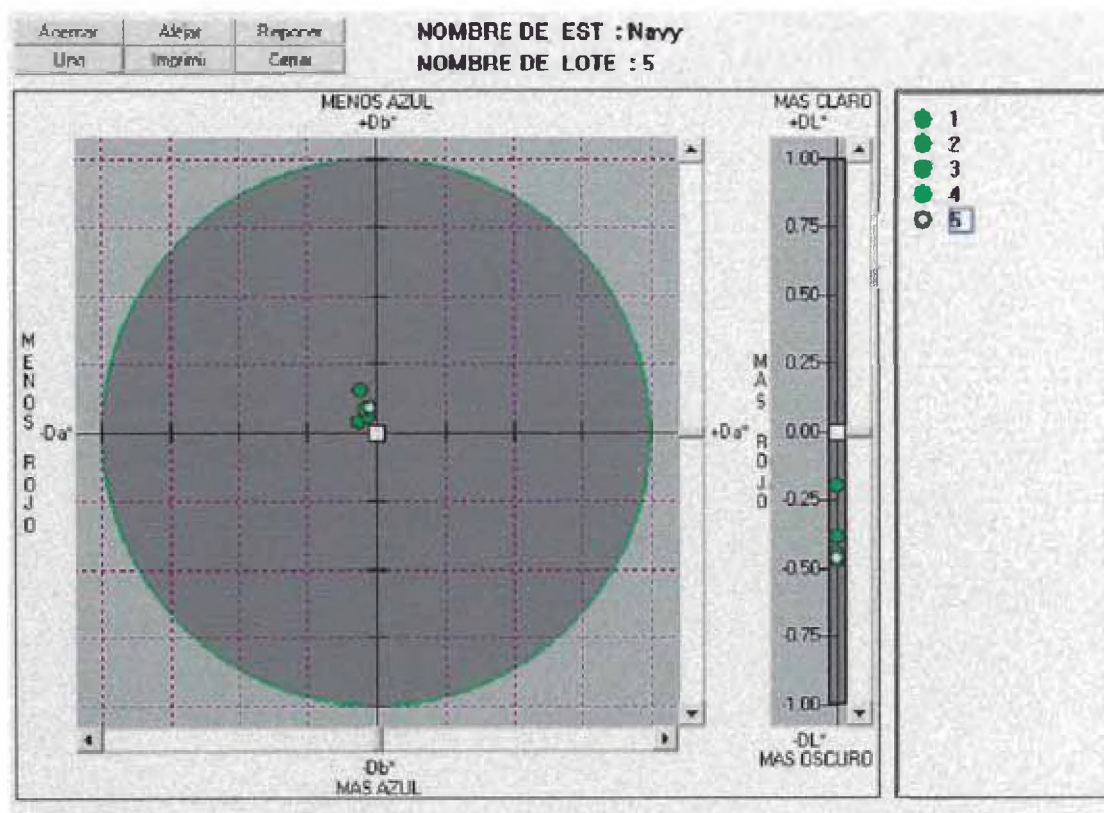
**Figura 4.1.** Curva de teñido con bicarbonato de sodio.

Al tener el baño bicarbonato de sodio, el pH de agotamiento no logra llegar al pH indicado por la formulación de laboratorio, por tener un pH tamponado igual a 8,82 (límite superior al que llega el pH). Las diferencias del pH de agotamiento de laboratorio y planta variaban aproximadamente entre 0,8 - 1,0. Por esta razón, el resultado del color salía más bajo al que debería llegar, teniendo una mala solidez, tonos sin brillo y mala reproducibilidad.

- Manteniendo los parámetros y variables enviados por laboratorio, se realizaron 5 pruebas para cada color con la nueva curva de teñido, obteniendo los siguientes resultados de pH y DE*:

Tabla 4.1. Valores de pH para diferentes lotes de teñido color Navy


Formulación color Navy (Curva 80 – 60 °C x 60 min)				
Tricromía	%	g/L de Na ₂ CO ₃	g/L de NaOH 50 %	
Amarillo Everzol 3RS	0,87500	5,0	2,6	
Rojo Everzol 3BS	0,71000			
Azul Marino Everzol FBN	1,70100			
Datos de pH _(50 °C) de laboratorio	Inicial	Agotamiento	Jabonado	Partida
	6,05	10,79	6,51	
Datos de pH _(50 °C) de planta para diferentes telas del mismo lote (Peso aprox. por partida = 620 kg)	6,09	10,80	6,23	1
	6,10	10,80	6,30	2
	6,18	11,12	6,14	3
	6,16	11,10	5,96	4
	6,18	10,95	6,22	5

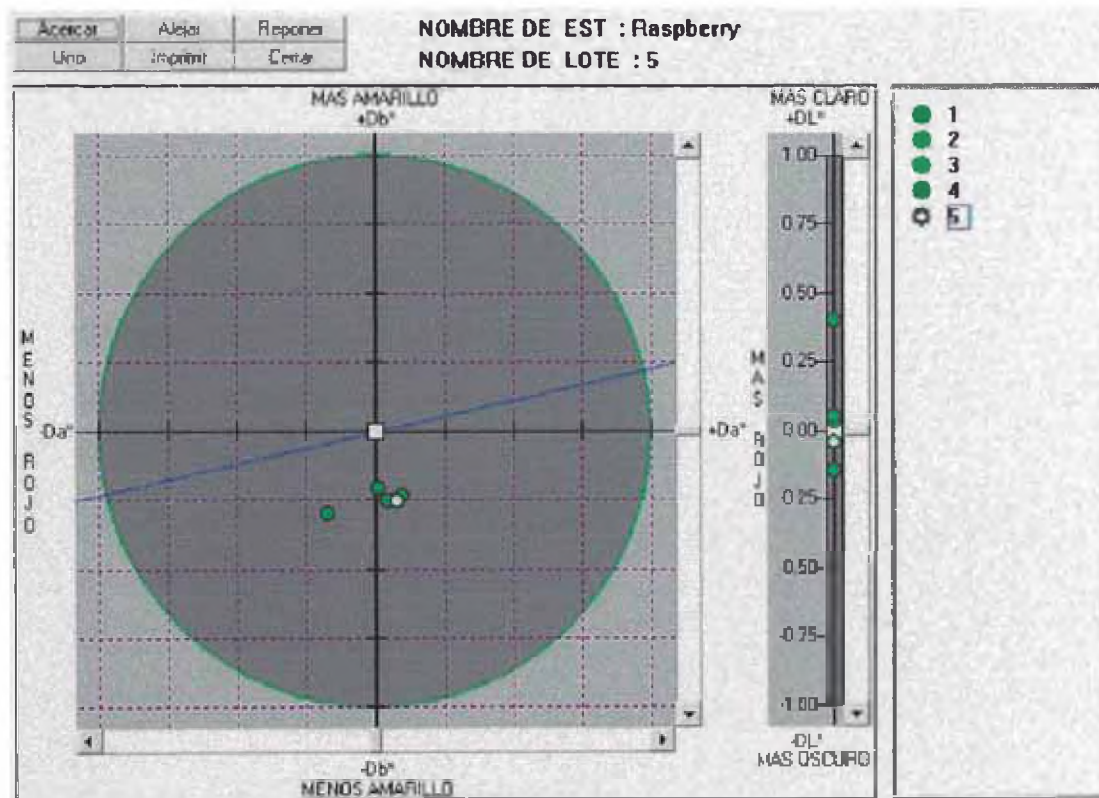


Nombre de estándar	Diferencia de color L*a*b* CIE				
Navy	F11 10 Deg				
Nombre de lote	DL*	Da*	Db*	DE*	L*a*b* Pasa/Falla
1	-0.46	-0.06	0.04	0.46	Pasa
2	-0.39	-0.06	0.15	0.42	Pasa
3	-0.19	-0.03	0.06	0.21	Pasa
4	-0.48	-0.04	0.08	0.49	Pasa
5	-0.48	-0.02	0.09	0.49	Pasa

Figura 4.2. Diagrama y diferencia de color CIE L*a*b* para el color Navy.

Tabla 4.2. Valores de pH para diferentes lotes de teñido color Raspberry

Formulación color Raspberry (Curva 80 – 60 °C x 45 min)				
Tricromía	%	g/L de Na ₂ CO ₃	g/L de NaOH 50 %	
Rojo Everzol LX	1,63000	5,0	1,5	
Rojo Everzol F2B	0,05940			
Azul Everzol LX	0,11400			
Datos de pH _(50 °C) de laboratorio	Inicial	Agotamiento	Jabonado	Partida
	6,34	10,75	6,32	
Datos de pH _(50 °C) de planta para diferentes telas del mismo lote (Peso aprox. por partida = 415 kg)	6,12	10,84	6,80	1
	6,28	10,84	6,56	2
	6,24	10,90	5,59	3
	6,23	10,94	6,85	4
	6,20	10,90	5,56	5



Nombre de estándar	Diferencia de color L*a*b* CIE				
Raspberry	F11 10 Deg				
Nombre de lote	DL*	Da*	Db*	DE*	L*a*b* Pasa/Falla
1	0.03	0.01	-0.21	0.21	Pasa
2	0.40	0.10	-0.23	0.48	Pasa
3	0.05	0.04	-0.25	0.26	Pasa
4	-0.14	-0.17	-0.30	0.37	Pasa
5	-0.04	0.08	-0.25	0.27	Pasa

Figura 4.3. Diagrama y diferencia de color CIE L*a*b* para el color Raspberry.

Tabla 4.3. Valores de pH para diferentes lotes de teñido color Lime

Formulación color Lime (Curva 80 – 60 °C x 45 min)				
Tricromía	%	g/L de Na ₂ CO ₃	g/L de NaOH 50 %	
Amarillo Everzol LX	0,23000	5,0	1,0	
Verde Everzol 6B	0,21200			
Azul Everzol LX	0,05270			
Datos de $pH_{(50^{\circ}C)}$ de laboratorio	Inicial	Agotamiento	Neutralizado	Lote
	6,32	10,69	6,32	
Datos de $pH_{(50^{\circ}C)}$ de planta para diferentes telas del mismo lote (Peso aprox. por partida = 415 kg)	6,11	10,95	5,90	1
	6,12	10,84	6,80	2
	6,28	10,84	6,56	3
	6,23	10,94	6,85	4
	6,20	10,90	5,92	5

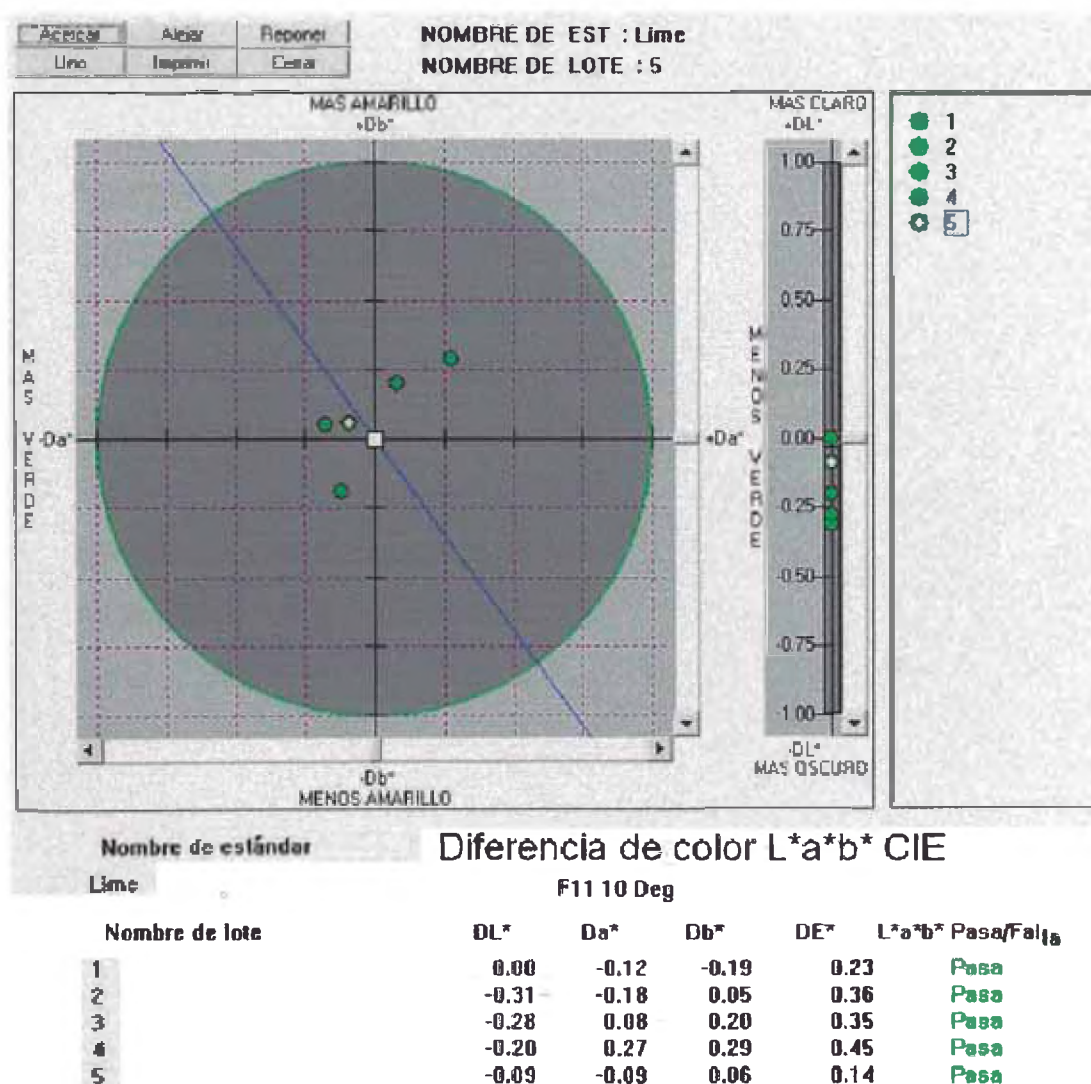

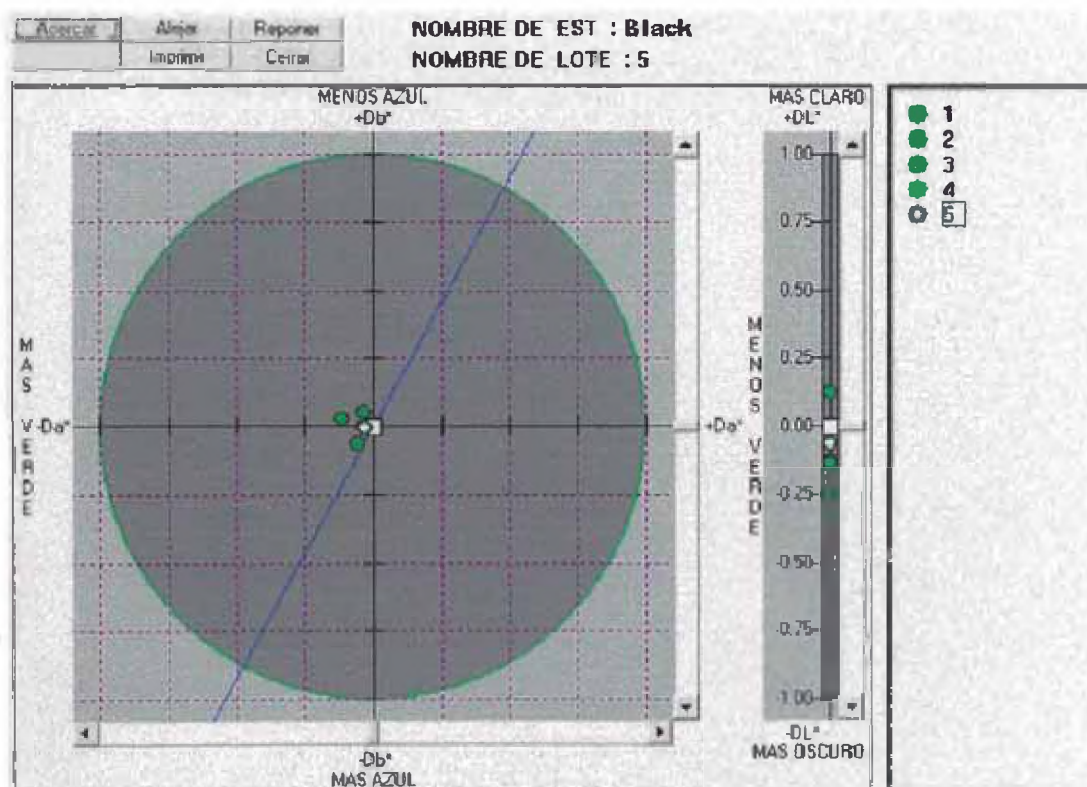


Figura 4.4. Diagrama y diferencia de color CIE L*a*b* para el color Lime.

Tabla 4.4. Valores de pH para diferentes lotes de teñido color Black

Formulación color Black (Curva 80 – 60 °C x 60 min)				
Tricromía	%	g/L de Na ₂ CO ₃	g/L de NaOH 50 %	
Amarillo Everzol 3RS	0,29000	5,0	2,6	
Rojo Everzol ED-7B	0,26780			
Negro Everzol EDG	2,60000			
Datos de pH _(50 °C) de laboratorio	Inicial	Agotamiento	Jabonado	Lote
	6,08	10,97	6,42	
Datos de pH _(50 °C) de planta para diferentes telas del mismo lote	6,11	10,78	5,90	1
	6,12	10,84	6,80	2
	6,28	10,80	6,56	3
	6,24	10,82	5,59	4
(Peso aprox. por partida = 620 kg)	6,23	10,79	6,85	5



Nombre de estándar
black

Diferencia de color L*a*b* CIE

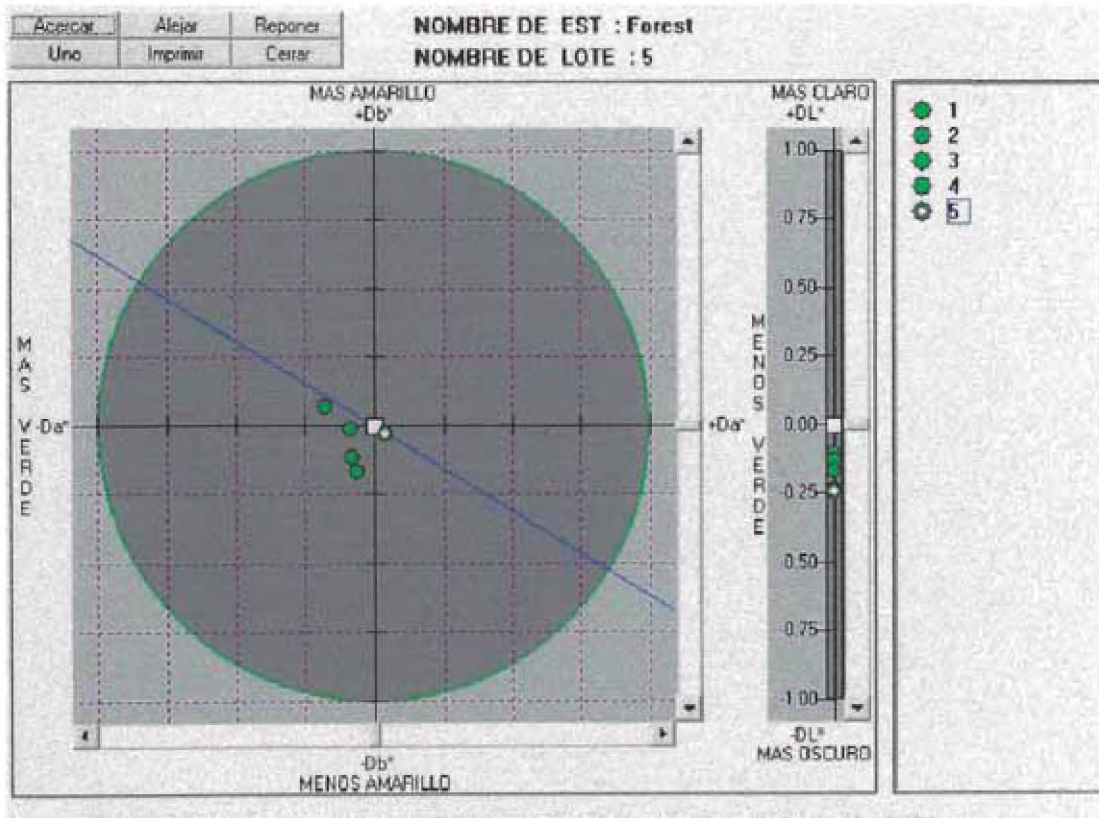
F11 10 Deg

Nombre de lote	DL*	Da*	Db*	DE*	L*a*b* Pasa/Falla
1	-0.13	-0.04	0.05	0.14	Pasa
2	-0.13	-0.11	0.03	0.18	Pasa
3	-0.25	-0.06	-0.06	0.26	Pasa
4	0.13	-0.04	0.00	0.13	Pasa
5	-0.07	-0.03	0.00	0.07	Pasa

Figura 4.5. Diagrama y diferencia de color CIE L*a*b* para el color Black.

Tabla 4.5. Valores de pH para diferentes lotes de teñido color Forest


Formulación color Forest (Curva 80 – 60 °C x 60 min)				
Tricromía	%	g/L de Na ₂ CO ₃	g/L de NaOH 50 %	
Amarillo Everzol 3GL	0,875%	5,0	2,6	
Amarillo Everzol ED	0,710%			
Azul Everzol ED	1,701%			
Datos de pH _(50 °C) de laboratorio	Inicial	Agotamiento	Jabonado	Lote
Datos de pH _(50 °C) de planta para diferentes telas del mismo lote (Peso aprox. por partida = 415 kg)	6,16	10,61	6,35	1
	6,18	10,70	5,98	2
	6,10	10,67	6,12	3
	6,21	10,72	6,16	4
	6,20	10,69	6,22	5
6,12	10,67	6,20		

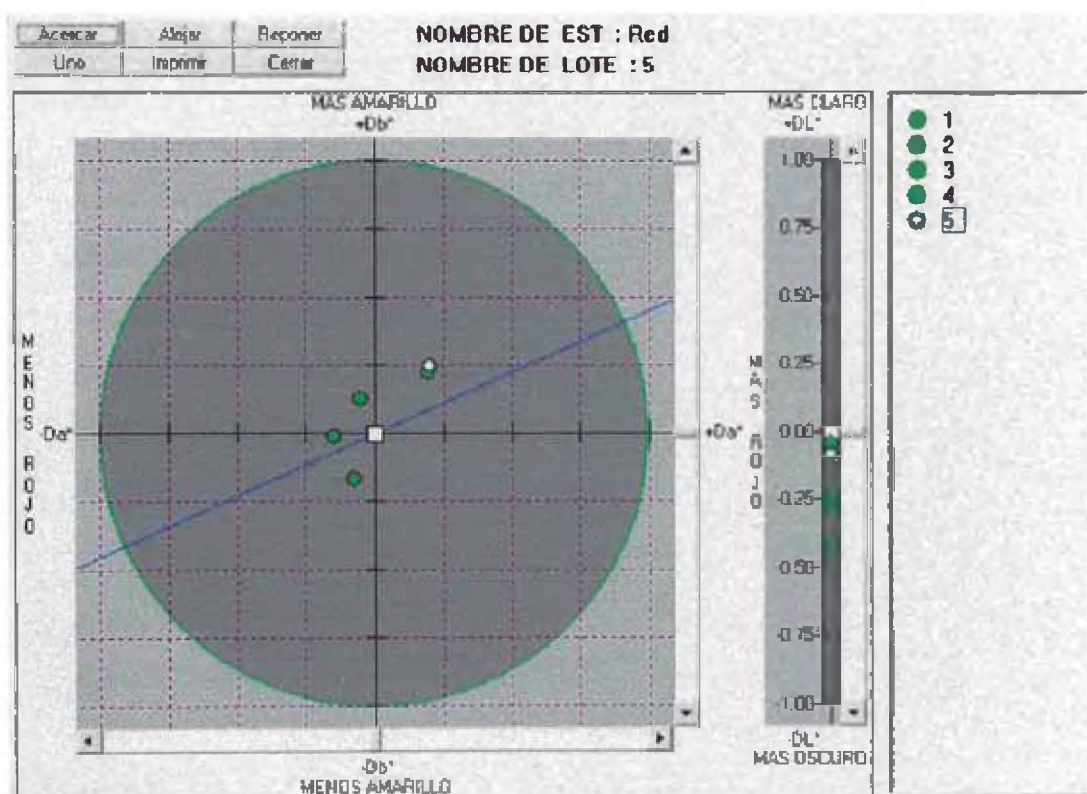


Nombre de estándar	Diferencia de color L*a*b* CIE					
Forest	F11 10 Deg					
Nombre de lote	DL*	Da*	Db*	DE*	L*a*b*	Pasa/Falla
1	-0.11	-0.18	0.07	0.22		Pasa
2	-0.24	-0.09	-0.01	0.25		Pasa
3	-0.13	-0.06	-0.17	0.22		Pasa
4	-0.17	-0.08	-0.12	0.22		Pasa
5	-0.24	0.04	-0.03	0.25		Pasa

Figura 4.6. Diagrama y diferencia de color CIE L*a*b* para el color Forest.

Tabla 4.6. Valores de pH para diferentes lotes de teñido color Red

Formulación color Red (Curva 80 – 60 °C x 60 min)				
Tricromía	%	g/L de Na ₂ CO ₃	g/L de NaOH 50 %	
Amarillo Everzol 3RS	0,762%	5,0	2,6	
Rojo Everzol 3BS	2,150%			
Azul Everzol BRF 150%	0,028%			
Datos de pH _(50 °C) de laboratorio	Inicial	Agotamiento	Jabonado	Lote
Datos de pH _(50 °C) de planta para diferentes telas del mismo lote (Peso aprox. por partida = 415 kg)	6,13	10,69	6,36	1
	6,20	10,81	6,48	2
	6,18	10,80	6,39	3
	6,25	10,81	6,44	4
	6,15	10,77	6,26	5
6,21	10,79	6,35		



Nombre de estándar	Diferencia de color L*a*b* CIE				
Red	F11 10 Deg				
Nombre de lote	DL*	Da*	Db*	DE*	L*a*b* Pasa/Falla
1	-0.23	-0.15	-0.01	0.28	Pasa
2	-0.04	-0.07	-0.17	0.19	Pasa
3	-0.28	0.20	0.22	0.41	Pasa
4	-0.43	-0.05	0.13	0.45	Pasa
5	-0.08	0.20	0.25	0.33	Pasa

Figura 4.7. Diagrama y diferencia de color CIE L*a*b* para el color Red.

Tabla 4.7. Valores de DE* y tendencia de los colores obtenidos

Color	Partida	DE*	Tendencia
Navy	1	0,46	Más intenso, más verde, más amarillo
	2	0,42	Más intenso, más verde, más amarillo
	3	0,21	Más intenso, más verde, más amarillo
	4	0,49	Más intenso, más verde, más amarillo
	5	0,49	Más intenso, más verde, más amarillo
Raspberry	1	0,21	Más azul
	2	0,48	Más bajo, más rojo, más azul
	3	0,26	Más azul
	4	0,37	Más intenso, más verde y más azul
	5	0,27	Más intenso, más rojo y más azul
Lime	1	0,23	Más verde, más azul
	2	0,36	Más intenso, más verde, más amarillo
	3	0,35	Más intenso, más rojo, más amarillo
	4	0,45	Más intenso, más rojo, más amarillo
	5	0,14	Más intenso, más verde, más amarillo
Black	1	0,14	Más intenso, más verde, más amarillo
	2	0,18	Más intenso, más verde, más amarillo
	3	0,26	Más intenso, más verde, más azul
	4	0,13	Más bajo, más verde
	5	0,07	Más intenso, más verde
Forest	1	0,22	Más intenso, más verde, más amarillo
	2	0,25	Más intenso, más verde, más azul
	3	0,22	Más intenso, más verde, más azul
	4	0,22	Más intenso, más verde, más azul
	5	0,25	Más intenso, más rojo, más azul
Red	1	0,28	Más intenso, más verde, más amarillo
	2	0,19	Más intenso, más verde, más azul
	3	0,41	Más intenso, más verde, más azul
	4	0,45	Más intenso, más verde, más azul
	5	0,33	Más intenso, más rojo, más azul

Las lecturas de las tonalidades realizadas por el espectrofotómetro contra el estándar indicaron valores dentro del rango de aprobación con $DE^* < 0,5$; estos valores presentan variaciones de tonalidad poco apreciables por el ojo humano.

- El ingreso del colorante a 80 °C en la nueva curva de teñido implica una mayor difusión y mejor distribución del colorante dentro de la fibra, logrando obtener un teñido con mejor igualación.
- Cambio en el uso innecesario de 2 dosificaciones (5 g/L Na_2CO_3 + 0,5 g/L NaOH microperlas) por una de 5 g/L de Na_2CO_3 para colores claros con concentración de colorante hasta 0,1 %, disminuyendo tiempo y costo en el teñido.

CAPITULO V

5.1. CONCLUSIONES

- a) Las lecturas de cada color contra su estándar, indicaron valores de $DE^* < 0,5$ donde cada tonalidad se encontró dentro del rango de aprobación.
- b) Uno de los parámetros que define el éxito de la tintura con colorantes reactivos, es el control del pH en cada una de las fases del teñido, y estos valores son establecidos por el laboratorio y planta para cada desarrollo de color. El pH inicial de teñido debe comprender valores entre 6,0 - 6,5. El rango del pH de agotamiento debe comprender valores según la tabla 5.0. en:

Tabla 5.0. Rango de valores de pH de agotamiento para diferentes porcentajes de colorante

Tabla de auxiliares y productos químicos							
% de colorante	Auxiliares	NaCl (g/L)	Na ₂ CO ₃ (g/L)	NaOH al 50 % (g/L)	Neutralizado Ac. Acético al 99 % (g/L) (pH=6,5-7,0)	Tiempo de agotamiento (min)	pH de agotamiento
Claros (0,000% < 0,1%)	0,5 g/L Sequion M500 1,0 g/L Fimbil AS (*)	20	5	-	0,70	30	10,10
Claros (0,100% - 0,500%)	0,5 g/L Sequion M500 1,0 g/L Fimbil AS (*)	30	5	1,0	0,45	30	10,50
Claros (0,501% - 1,000%)	0,5 g/L Sequion M500 1,0 g/L Fimbil AS (*)	40	5	1,0	0,45	30	10,50 – 10,70
Medios (1,001% - 3,000%)	0,75 g/L Sequion M500 1,0 g/L Fimbil AS (*)	60	5	1,5	0,45	45	10,70 – 10,80
Oscuros (3,001% - 4,500%)	1,0 g/L Sequion M500 1,0 g/L Fimbil AS (*)	75	5	2,6	0,60	60	10,80 – 11,00
Oscuros (4,501% - 7,000%)	1,0 g/L Sequion M500 1,0 g/L Fimbil AS (*)	75	5	3,0	0,60	60	10,80 – 11,00
Oscuros (4,501% - 7,000%)	1,0 g/L Sequion M500 1,0 g/L Fimbil AS (*)	75	5	4,0	0,60	60	10,80 – 11,00

(*) Solo para RD

- c) Los parámetros que regulan el teñido de las fibras celulósicas con los colorantes reactivos son: El tipo de fibra, la preparación previa del material, la relación baño, el pH del medio, la temperatura del baño de teñido, el tiempo a la temperatura de fijación, el agregado de electrolitos (sulfato de sodio, cloruro de sodio), el álcali utilizado y la tricromía utilizada para cada color.
- d) Tener en cuenta que un pretratamiento eficiente ayudará a obtener un buen resultado de tintura, la aplicación de auxiliares modernos y multifuncionales, muy

eficaces, permiten realizar procesos mejorados y económicos.

- e) Lo más importante en lo que compete a tintorería, es que la tela obviamente salga bien teñida (sin degrade, manchas, veteaduras, quebraduras, etc.), que se comporte bien durante toda su ruta y tenga una buena estabilidad dimensional.
- f) Durante el desarrollo textil y producción se debe tomar en cuenta muchas consideraciones:
- El desarrollo textil tenga reproducibilidad y trazabilidad (que la ruta sea reproducible).
 - Fichas validadas por el área de desarrollos textiles, significa que la primera partida debe de ser acabada conjuntamente con producción, para corroborar que los resultados sean reproducidos y sean muy semejantes o similares.
 - Tipos de hilado y fibras (peinados, cardados, variedades de algodón, polialgodón, modal, viscosa, mezclas con Spandex, etc.).
 - Tipos de artículos (jersey, piques, ribs, interlook, waffle, flame, etc.).
 - Programación correcta de los crudos, según las maquinas de teñido (peso, cargas y tipo de máquina de teñido, RB, etc.).
 - Información de la ruta: Pre-tratamiento, teñido y acabado (que sea clara).
- g) Se debe tener claro que el desarrollo textil es importante y que la ruta de la tela debe ser analizada; desde la compra de la fibra, hilado, etc., hasta la prenda y saber a qué procesos posteriores serán sometidas.
- h) Es importante conocer las maquinas donde van a trabajar las telas, los artículos que se van a teñir y acabar en ellas. Esto va muy de la mano con el desarrollo textil y del color, ya que hay colorantes que se tiñen a diferentes temperaturas y artículos que tienen diferentes tipos de acabados.

5.2. RECOMENDACIONES

- a) Es importante conocer la composición de los productos utilizados, el pH, y la ionicidad.
- b) Los previos utilizados a nivel de laboratorio deben tener las mismas condiciones de planta y el secado no debe realizarse en planta ya que el gas usado afecta la reproducibilidad del color. Es necesario secar en lavadoras provistas de secadora.
- c) Se debe controlar la calidad al agua empleada en todo el proceso de tintura para garantizar que esta variable no afecte los resultados deseados.
- d) Para obtener una mayor eficiencia en los procesos capacitar al personal que opera tanto en laboratorio como en planta, para reducir los errores humanos en las tinturas y alimentar el conocimiento de los mismos para tener la capacidad de tomar decisiones rápidas y pertinentes con las funciones y labores que desempeñan

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Jaime Pey Clemente. (Junio 2008). Aplicación de procesos de oxidación avanzada (Fotocatálisis solar) para tratamiento y reutilización de efluentes textiles [Internet]. [Acceso el 10 de Agosto del 2012]; p.17-18,25-39. Disponible en: <http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/2241/tesisUPV2816.pdf>.
- [2] Diego Betancourt. (Marzo 2013). Fibrología e Hilatura [Internet]. [Acceso el 1 Abril 2013]. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/136001732/fibras-1-pptx>.
- [3] Fibras Textiles. (1998). [Internet]. [Acceso el 1 Abril del 2013]. Disponible en: http://html.rincondelvago.com/fibras-textiles__1.html.
- [4] Propiedades de las fibras. (Mayo 2012). [Internet]. [Acceso el 1 Abril de 2013]. Disponible en: <http://www.buenastareas.com/ensayos/Propiedades-De-Las-Fibras/4180051.html>.
- [5] Las fibras textiles y sus características. (Marzo 2013). [Internet]. [Acceso el 1 Abril de 2013]. Disponible de: <http://mitpam-tec-confev.blogspot.com/2013/03/las-fibras-tex>
- [6] Fibras textiles. (Junio 2013). [Internet]. [Acceso el 29 Junio del 2013]. Disponible en: <http://www.slideshare.net/fernantin/fibras-textilesytejidos-presentacion1>.
- [7] Escobar Sariz Carlos. (1996). Blanqueo, tintorería, acabados y estampación textil. ed. Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica, p. 11-20.
- [8] Technische Chemie S.A.C. Información Técnica Tintorería y acabados textiles.
- [9] Fidel Eduardo Lockuán Lavado. (Marzo del 2013). La industria textil y su control de calidad. II Fibras textiles [Internet]. [Acceso el 1 de Abril 2013]; p. 33-40, 86-88, 91-96. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/129384589/II-La-industria-textil-y-su-control-de-calidad>.
- [10] Agricultura Orgánica en el Trópico y subtrópico. (2000). Algodón (ed.) [Internet]. Asociación Naturland. [Acceso el 9 Setiembre 2012]; p. 1-2. Disponible en:<http://www.naturland.de/fileadmin/MDB/documents/Publication/Espanol/algodon.pdf>.
- [11] Totorá, Phyllis G; Collier B. (2001). Understanding Textiles, (6a. ed.). New Jersey: Prentice Hall, p. 68-70.
- [12] Cotton Incorporate. (2000). Guía técnica del algodón, [Internet]. [Acceso el 3 Agosto 2012]. Disponible en: <http://es.cottoninc.com/Cotton-Nonwoven-Technical-Guide-es/>.
- [13] Universidad Politécnica de Valencia. (2004). La Pared Celular Vegetal [Internet]. [Acceso el 9 Setiembre del 2012]. Disponible en: <http://www.euita.upv.es/varios/biologia/Temas/Pared%20celular%20ampliada.htm>.

- [14] The Chemical Company Basf Peruana S.A., Información Técnica: Descrudado, Blanqueo y Teñido del algodón con colorantes reactivos.
- [15] Wikipedia. La Celulosa [Internet]. [Acceso el 9 Setiembre del 2012]. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Celulosa>.
- [16] Wikipedia. Colorimetría [Internet]. [Acceso el 21 Abril del 2013]. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Colorimetr%C3%ADa>.
- [17] La Colorimetría [Internet]. [Acceso el 21 Abril del 2013]. Disponible en: <http://www.coloryapariencia.com.ar/colmtria.htm>.
- [18] BYK-Gardner. Germany, Introducción: La percepción del color [Internet]. Germany. [Acceso el 21 Abril del 2013]; p. 71-74. Disponible en: http://old.altana.com/fileadmin/BYK/downloads/support-downloads/instruments/theory/color/es/Intro_Color_Solido.pdf.
- [19] Alain Chrisment (1998). Color & Colorimetría, Editions 3C Conseil: Paris. p. 3.
- [20] X-Rite (2002), Guía para entender la comunicación de color, Incorporate [Internet]. [Acceso el 21 Abril del 2013]; p. 7-9. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf4/comunicacion-del-color-artes-graficas/comunicacion-del-color-artes-graficas.pdf>.
- [21] Fidel Eduardo Lockuán Lavado. (Noviembre del 2012).La industria textil y su control de calidad. V Tintorería [Internet]. [Acceso el 1 de Abril 2013], p. 115-117. Disponible en: http://books.google.com.pe/books?id=6yjBvmYZrTsC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false.
- [22] UTP, Principios de tintorería (ed) [Internet], Imprenta Grupo IDAT: Lima-Perú. [Acceso 15 Setiembre del 2012]; p. 59-60. Disponible en: <http://aulavirtual.utp.edu.pe/file/20112/IE/E4/03/CE58/20112IEE403CE58T099.pdf>.
- [23] Helmut Schubart, Colorimetría y cálculo de diferencia de color, Extracto de los apuntes de Ralph Stanzola: Datacolor international, p. 1-24.
- [24] Datacolor (2005), Guía de color para telas con colores sólidos, p. 1-4.
- [25] Bruno Meyer Sandoz AG, Basilea (Suiza), H.R. Zollinger, Sandoz S.A., San Pablo (Brasil). (2000). Colorimetría, Una introducción para técnicos tintoreros de la industria textil, papelera y de curtidos. p. 1-13.
- [26] Fidel Eduardo Lockuán Lavado. (Noviembre del 2012).La industria textil y su control de calidad. V Tintorería [Internet]: [Acceso el 1 de Abril 2013]; p. 15-16, 138-147. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/114240277/V-La-industria-textil-y-su-control-de-calidad>.
- [27] Samuel Bergolla. (Octubre 2012). Teoría del color [Internet]. [Acceso el 1 de Abril 2013]. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/110721380/Colorantes>.

- [28] Olga Lock Sing de Ugaz. (1997). *Colorantes Naturales* (ed.). Lima: Fondo Editorial PUCP, p. 137-163.
- [29] Fernando Burriel Martí. (1994). *Química Analítica Cualitativa* (15a. ed.). Madrid: Paraninfo, p. 262-268.
- [30] Allinger. N; Jhonson. C; Lebel. N. (1984). *Química Orgánica* (2a. ed.). Barcelona: Reverté, p. 825.
- [31] Ralph J. Fessenden. (1983). *Química Orgánica* (2a. ed.). México: Grupo Editorial Iberoamericana, p. 935-939.
- [32] Colorantes. [Internet]. [Acceso el 7 Enero 2013]. Disponible en: http://html.rincondelvago.com/colorantes_1.html.
- [33] Omar Alejandro Pérez López. (Mayo 2001). *Cinética y Extracción de Colorantes Naturales para la Industria Textil* [Internet]. [Acceso el 7 de Enero del 2013]; p. 57-69. Disponible en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/meiq/perez_l_oa/capitulo4.pdf.
- [34] López. (2012). *Flavonoles* [Internet]. [Acceso el 7 de Enero del 2013]; p. 3-4. Disponible en: <http://en.calameo.com/read/00175228104e8b13035f6>.
- [35] Roxana Flores. *Flavonoide* [Internet]. [Acceso el 7 de Enero del 2013]; Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/143447788/Flavonoide-pdf>.
- [36] Álvaro Peña. (Febrero 2006). *El Color de los vinos* [Internet]. [Acceso el 7 de Enero del 2013]; Disponible en: <http://www.gje.uchile.cl/pdf/Alvaro%20Pe%F1a/Color%20del%20vino.pdf>.
- [37] Wikipedia. *Antocianinas* [Internet]. [Acceso el 7 Enero del 2013]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Antocianinas>.
- [38] José E. Báez. *Carotenoides* [Internet]. [Acceso el 7 Enero del 2013]. Disponible en: <http://quimica.ugto.mx/revista/7/carotenoides.htm>.
- [39] Alejandro Martínez Martínez. (Noviembre 2012). *Quinonas y compuestos* [Internet]. [Acceso el 7 Enero del 2013]. Disponible en: <http://farmacia.udea.edu.co/~ff/quinonas.pdf>.
- [40] Olga Lock Sing de Ugaz. (1994). *Investigación Fotoquímica* (2a. ed.). Lima: Fondo Editorial PUCP, p. 188.
- [41] Segundo Gibaja. (1998). *Pigmentos Naturales Quinónicos*. Lima: Fondo Editorial UNMSM, p. 43-44.
- [42] Eduardo Prima Yúfera. (1996). *Química Orgánica Básica y Aplicada, Tomo I* (ed.). Barcelona: Editorial Reverté, p. 768

- [43] Carmen Avendaño. El Poder de la Química [Internet]. [Acceso el 7 Enero del 2013]; p. 14-15. Disponible en: <http://www.analesranf.com/index.php/ie/article/viewFile/849/819>.
- [44] Wikipedia. Delfinidina [Internet]. [Acceso el 7 Enero del 2013]. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Delfinidina>.
- [45] F. Klages. (1968). Tratado de Química Orgánica, Tomo III, Zaragoza: Reverté. p. 200
- [46] Verónica Avalos Palomera. (2000). Algunos colorantes de origen vegetal [Internet]. [Acceso el 7 Enero del 2013]. Disponible en: <http://www.cucba.udg.mx/anterior/sitiosinteres/coaxican/categorias/vero-color.htm>.
- [47] Francisco García Carmona, Fernando Gandía Herrero, Josefa Escribano. (Abril 2011). Flores Fluorescentes [Internet]. [Acceso el 7 Enero del 2013]. Disponible en: <http://www.investigacionyciencia.es/files/2981.pdf>.
- [48] Xango. (Diciembre 2012). Xantonas [Internet]. [Acceso el 7 Enero del 2013]. Disponible en: <http://xantonas.blogspot.com/>.
- [49] Luis Alfredo Vásquez Villa. (Diciembre 2012). Taninos [Internet]. [Acceso el 7 Enero del 2013]; p. 10. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/674/1/T-UTC-0536.pdf>.
- [50] Katherina Fernández E. (Octubre 2007). Caracterización de taninos [Internet]. [Acceso el 7 Enero del 2013]. Disponible en: <http://www.feng.pucrs.br/laboratorios/taninos/restrito/caracterizacion-taninos.pdf>
- [51] Adolfo Ávalos García. Elena Pérez-Urria Carril. (2009). Metabolismo secundario de plantas [Internet]. [Acceso el 7 Enero del 2013]. Disponible en: http://eprints.ucm.es/9603/1/Metabolismo_secundario_de_plantas.pdf.
- [52] Wikipedia. Clorofila [Internet]. [Acceso el 7 Enero del 2013]. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/E140>.
- [53] Miriam Martín Macías. (2011). Tintura digital de tejidos con colorantes dispersos y reactivos [Internet]. [Acceso el 7 Enero del 2013]; p. 28-35, 47-55. Disponible en: http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/10921/1/Volum_I.pdf.
- [54] Jazadri. (Noviembre 2012). Colorantes artificiales en los textiles [Internet]. [Acceso el 10 Enero del 2013]. Disponible en: <http://www.buenastareas.com/ensayos/Colorantes-Artificiales-En-Los-Textiles/6559963.html>.
- [55] Colour Index. (2002). Published by The society of Dyers and Colourists [Internet]. [Acceso el 10 Enero del 2013]. Disponible en: <http://www.colour-index.org>.

- [56] Cegarra, J.; Puente, P.; Valldeperas, J. (1980). Fundamentos científicos y aplicados de la tintura de materias textiles, Capítulo 22: Tintura con colorantes reactivos. Barcelona: Universidad Politécnica de Barcelona.
- [57] J. Shore. (1990). Colorants and auxiliaries. Organic chemistry and application Properties (Vol.1 – Colorants) (2a. ed.). , Chapter 7: Chemistry of reactive dyes. Manchester: Society of Dyers and Colourists, p. 1-43.
- [58] Química Suiza, Ciba Specialty Chemicals, Información Técnica, Colorantes Cibacron.
- [59] Química Suiza. (2005). Conferencia CIBA Ontinyent. Innovación en la tintura de: Algodón, Poliéster, Poliamida.
- [60] Asociación Venezolana de Químicos y Técnicos Textiles. Guía para la tintura con colorantes reactivos [Internet]. [Acceso 10 Noviembre del 2012]. Disponible en: <http://www.detextiles.com/files/COLORANTES%20REACTIVOS.pdf>.
- [61] Mirko Raimondo Costa. (1990). Las fibras textiles y su tintura (Tomo II), Lima: Vencatacoa, p. 4 -17, 197-210
- [62] Kyung-In Synthetic Corporation, Materias, Colorantes y Teñidos, p. 7-39
- [63] A.R. Horrocks and S.C. Anand. (2000). Handbook of technical textile. (ed.). Woodhead Publishing Limited. p. 196-197.
- [64] Kyung-In Synthetic Corporation. Teñido y Colorantes Synozol, ver. 2.0 p. 34-35.
- [65] Tanveer Hussain. (Abril 2012). Exhaust Dyeing with Reactive Dyes [Internet]. [Acceso 10 Noviembre del 2012]. Disponible en: http://www.academia.edu/1517547/Exhaust_Dyeing_with_Reactive_Dyes.
- [66] Chemical Principles of Reactive Dyeing of Cellulose. [Internet]. [Acceso 10 Noviembre del 2012]. Disponible en: <http://dystarlp.custhelp.com/ci/fattach/get/410/1281639232/redirect/1>.
- [67] Franklin Joao Reinoso Zarate. (Marzo 200). Diagnostico y análisis del proceso de lavado posterior a la Tintura con colorantes reactivos por agotamiento sobre tejidos de punto de algodón 100% en la ciudad de quito. [Internet]. [Acceso 10 Noviembre del 2012]. Disponible en: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/10115/1/22551_1.pdf.
- [68] Daniel C. Harris. (2007). Análisis Químico Cuantitativo. (3ª. ed.). Barcelona: Reverte. p. 186
- [69] Tintorería Industrial Maldonado. (Diciembre 2011). Tendencias textiles [Internet]. [Acceso 13 de Mayo del 2013]. Disponible en: <http://www.tintoreriamaldonado.com/blog/%C2%BFque-acabados-especiales-se-le-puede-dar-a-las-telas>.

- [70] Compendio de las conferencias del XIV Congreso Latinoamericano de Química Textil. (1996). (ed.). Caracas: Federación Latinoamericana de Químicos Textiles. p.172
- [71] Cristina de la Macorra García, Anne Brizard, Pedro Rincón Arévalo, Rosa Nieves Sánchez. (2004). Estudio cinético de la descomposición del peróxido de Hidrógeno en condiciones de extrema alcalinidad. [Internet]. [Acceso 7 Enero 2013]. Disponible en: <http://www.uax.es/publicacion/estudio-cinetico-de-la-descomposicion-del-peroxido-de-hidroegno-en-condiciones.pdf>.
- [72] Amtex. (Diciembre 2009). Pretratamiento y tintura de algodón, mezclas y fibras sintéticas [Internet]. [Acceso 7 Enero del 2013]. Disponible en: <http://api.ning.com/files/wqbv5AjFkJ5GvjJqHSK3TWQV90gJOe3nFOZ5PR1x9K6U1q1XQWDhou1S4S6czUwJFkltPtvxuxvLSdEXubfTSKSBfkEHN7b1/PRET RATAMIENOTINTURAYACABADOS.pdf>.
- [73] Journal of the Mexican Chemical Society, Mayo-Agosto, año 1999/vol. 43, número 3-4 Sociedad Química de México, Celulosomas: Sistemas Multienzimáticos, p. 138-139
- [74] Fredy Molina Rodríguez. La biotecnología aplicada a la industria textil: El bio-pulido de la tela. [Internet]. [Acceso 5 Abril del 2013]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos98/biotecnologia-aplicada-industria-textil-bio-pulido-tela/biotecnologia-aplicada-industria-textil-bio-pulido-tela.shtml#ixzz2mGrMi44e>.
- [75] Eduardo Manrique. Los Tensoactivos y su aplicación en la industria textil [Internet]. [Acceso 5 de Abril del 2013]. Disponible en: <http://www.artisam.org/descargas/pdf/TENSOACTIVOS.pdf>.
- [76] Universidad Nacional de Colombia. Química De Coordinación-Aplicaciones [Internet]. [Acceso 5 de Abril del 2013]. Disponible en: http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2000189_1/html/quimica-de-coordinacion-aplicaciones.html.
- [77] María Graciela Frey. (1997-1998). Impacto ambiental de productos químicos auxiliares usados en la industria textil argentina [Internet]. [Acceso 5 de Agosto del 2013]. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/eswww/repamar/gtzproye/impacto/anexo2.html>
- [78] Edgard Augusto Acosta Ríos. (Junio 2013). Sustitución de materias primas para la industria textil [Internet]. [Acceso 5 de Agosto del 2013]. Disponible en: <http://www.yumpu.com/es/document/view/14413972/tema-1-sustitucion-de-materias-primas-corporacion-ambiental->
- [79] Giovanni Bozzetto (2000), Technical Information Service nº 58, Sequestering Agents. (ed). Bergamo, p. 20-27
- [80] Víctor Gonzales. (2008). Manual de Auxiliaries Textiles. (ed). Lima: Letras Mayores.

- [81] Giovanni Bozzetto, Technical Information, Company with certificate Quality System, 24040 Filago (Bergamo – Italia).
- [82] Van Ee J. H., Misset O., Baas E. J. (1990). Enzymes in detergency. Surfactant Science Series Vol. 69, p.177
- [83] Nidetzky B., Steiner W. (1993). A New Approach for Modeling Cellulase-Cellulase Adsorption and the Kinetics of the Enzymatic hydrolysis of Microcrystalline Cellulose, Biotechnology Bioengineering., Vol. 42, p. 469-479

ANEXOS

Tabla 1. Propiedades de insumos químicos 1^[81]

NOMBRE	COMPOSICIÓN	FUNCIONES	PESO ESPECIFICO (g/mL) a 20 °C	pH solución 10 g/L	CARGA	APARIENCIA
IDROSOLVAN RD	Mezcla de tensoactivos no iónicos con solventes de origen natural	Detergente biodegradable, de baja espuma, con solvente no tóxico, no peligroso, utilizado especialmente en flow-jet creado para el proceso RD	0,98	7,0	No iónico	Líquido transparente
IDROSOLVAN R07	Mezcla de tensoactivos no iónicos con solventes de origen natural	Detergente biodegradable, de baja espuma, con solvente no tóxico, no peligroso, utilizado especialmente en flow-jet	0,98	7,0	Aniónico/ No iónico	Líquido transparente
ISOPAL 68	Derivado poliglicólico	Antiarrugas - Antiquiebre	1,00	7,0	No iónico	Líquido viscoso de color crema
SEQUION RD	Mezcla de ácidos especiales	Secuestrante, dispersante, anti incrustante, ácido, creado específicamente para el proceso RD	1,43	< 2	Ausente	Líquido transparente
SEQUION M-500	Fosfonados y carboxilados	Secuestrante dispersante para todos los procesos textiles húmedos específicos para blanqueo alcalino, teñido y jabonado.	1,35	8,5	Ligeramente aniónico	Líquido transparente amarillento
SEQUION BBD	Ácidos órgano-fosfónicos	Secuestrante desmineralizante	1,19	2,2	aniónico	Líquido amarillo
CELIDON G 42	Ácidos orgánicos salificados	Estabilizador para el blanqueo alcalino con agua oxigenada, específico para procesos mojado sobre mojado exento de tensoactivos, fácilmente biodegradable.	1,25	10,5	Ausente	Líquido transparente amarillento
ÁCIDO ACÉTICO	CH ₃ COOH	Agente nivelador del pH.	1.052	1,0	Ausente	Líquido transparente
MEGALASE KLR	Catalasa	Auxiliar enzimático para eliminar residuos de agua oxigenada permite reducir consumo de agua y tiempo	1,02	6,5	Ausente	Líquido pardo amarillento
MEGAFINISH BP	Mezcla de enzimas celulásicas	Para el tratamiento anti-pilling de tejidos de algodón, celulosa regenerada y mezclas y de prendas confeccionadas	1,15	4,5	Ausente	Líquido pardo
MEGAFINISH NET	Mezcla de enzimas celulásicas	Para el tratamiento anti-pilling neutro de tejidos de algodón, celulosa regenerada y mezclas y de prendas confeccionadas	1,05	7,5	Ausente	Líquido pardo amarillento
FIMBIL E-AS	Ester-éster salificado	Humectante ecológicamente avanzado, no produce espuma, exento de silicona, específico para artículos no descrudados.	1,10	8,0	Aniónico/ No iónico	Líquido transparente amarillento
PERMULSIN DMNS	Sal sódica de ácido polialquil-naftalensulfónico	Dispersante y solubilizante de fácil dosificación	1,21	7,5	Aniónica	Líquido pardo
ISOPAL HF	Mezcla de sales inorgánicas con carácter de tampón	Producto dosificador de álcali en el teñido de fibras celulósicas con colorantes reactivos	1,50	12,5	Ausente	Líquido transparente incoloro
ISOPON SAP	Mezcla de polímeros y tampones	Producto con alto poder dispersante y antiredepositante para el jabonado a 80 °C	1,06	3,0	No iónico	Líquido ligeramente amarillo