

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

TESIS

**EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE SOLIDEZ AL FROTE EN SECO Y
HÚMEDO DE COLORANTES REACTIVOS ECOLÓGICOS Y NO
ECOLÓGICOS EN UN PROCESO DE TINTURA POR AGOTAMIENTO
EN FRÍO PARA LA INDUSTRIA GUATEMALTECA**

**PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA**

POR

SILVIA CAROLINA GIRÓN CORDÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICA

GUATEMALA, MAYO DE 1999

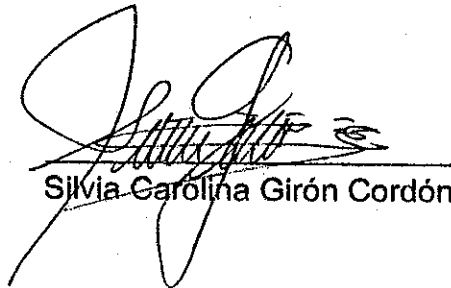
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR



Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE SOLIDEZ AL FROTE EN SECO Y HÚMEDO DE COLORANTES REACTIVOS ECOLÓGICOS Y NO ECOLÓGICOS EN UN PROCESO DE TINTURA POR AGOTAMIENTO EN FRÍO PARA LA INDUSTRIA GUATEMALTECA,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química con fecha 4 de febrero de 1999.



Silvia Carolina Girón Córdón

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

| | |
|------------|--|
| DECANO | Ing. Herbert René Miranda Barrios |
| VOCAL 1º | Ing. José Francisco Gómez Rivera |
| VOCAL 2º | Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez |
| VOCAL 3º | Ing. Jorge Benjamín Gutiérrez Quintana |
| VOCAL 4º | Br. Dimas Alfredo Carranza Barrera |
| VOCAL 5º | Br. José Enrique López Barrios |
| SECRETARIA | Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas |

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

| | |
|------------|--|
| DECANO | Ing. Herbert René Miranda Barrios |
| EXAMINADOR | Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía |
| EXAMINADOR | Ing. Byron Roberto Baldizón Cancinos |
| EXAMINADOR | Ing. Manuel Gilberto Galván Estrada |
| SECRETARIA | Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas |

Guatemala, 17 de Marzo de 1999

Ingeniero Carlos Salvador Wong Davi
Area de Microbiología
Escuela de Ingeniería Química
Universidad de San Carlos de Guatemala

Apreciable Ingeniero Wong,

Por este medio me permito informarle que he revisado el Informe Final de Tesis de la estudiante de la Carrera de Ingeniería Química Silvia Carolina Girón Cordón, quien se identifica con carnet universitario No. 92 - 12960, titulado **"Evaluación del Índice de Solidez al Frote en Seco y Húmedo de Colorantes Reactivos Ecológicos y no Ecológicos en un Proceso de Tintura por Agotamiento en frío para la Industria Guatemalteca"**.

He encontrado el trabajo satisfactorio por lo que lo remito a su consideración para proseguir con los trámites correspondientes.

Atentamente,



Ing. M. Sc. Héctor Fernando Estrada Monzón

Asesor de Tesis

Guatemala, 24 de Marzo de 1999

Ingeniero Otto Raúl De León de Paz
Director de Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero De León,

Por este medio deseo hacer de su conocimiento que he procedido a revisar el Informe Final de Tesis de la estudiante de la Carrera de Ingeniería Química Silvia Carolina Girón Córdón, quien se identifica con carnet universitario No. 92 – 12960, titulado **"Evaluación del Índice de Solidez al Frote en Seco y Húmedo de Colorantes Reactivos Ecológicos y no Ecológicos en un Proceso de Tintura por Agotamiento en frío para la Industria Guatemalteca"**.

Una vez revisado este trabajo, lo he encontrado satisfactorio para su aprobación. Por tanto le pido que se proceda con los trámites subsiguientes al efecto.

Atentamente,



Ing. Carlos Salvador Wong Davi
Revisor del Informe Final de Tesis



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Química; Ingeniero Otto Raúl de León de Paz, después de conocer el dictamen del asesor con el Visto Bueno del Jefe de Departamento, al trabajo de Tesis de la estudiante, **Silvia Carolina Girón Córdón**, titulado: **EVALUACION DEL INDICE DE SOLIDEZ AL FROTE EN SECO Y HUMEDO, DE COLORANTES REACTIVOS ECOLOGICOS Y NO ECOLOGICOS, EN UN PROCESO DE TINTURA POR AGOTAMIENTO EN FRIJO, PARA LA INDUSTRIA GUATEMALTECA**, procede a la autorización del mismo.


Ing. Otto Raúl de León de Paz
DIRECTOR ESCUELA INGENIERIA QUIMICA



Guatemala, 28 de abril de 1,999.

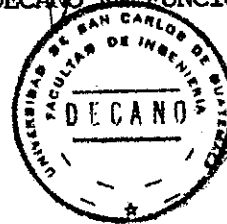


FACULTAD DE INGENIERIA

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de Tesis titulado: **EVALUACION DEL INDICE DE SOLIDEZ AL FROTE EN SECO Y HUMEDO DE COLORANTES REACTIVOS ECOLOGICOS Y NO ECOLOGICOS, EN UN PROCESO DE TINTURA POR AGOTAMIENTO EN FRIO, PARA LA INDUSTRIA GUATEMALTECA** de la estudiante Silvia Carolina Girón Córdón, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:

Ing. José Francisco Gómez Rivera
DECANO EN FUNCIONES



Guatemala, 3 de mayo de 1,999.

DEDICATORIA

ACTO QUE DEDICO:

A DIOS

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A MIS ABUELOS

A MI FAMILIA

A MIS AMIGOS

A Galya Yadira Castellanos Guillén

A USTED

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Víctor Álvarez Cajas por su valiosa colaboración para la realización del presente trabajo de tesis.

ÍNDICE GENERAL

| | Página |
|--|--------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES | III |
| GLOSARIO | IV |
| RESUMEN | VI |
| INTRODUCCIÓN | VIII |
| 1. ANTECEDENTES | 1 |
| 2. MARCO TEÓRICO | 3 |
| 2.1. Fibras textiles | 3 |
| 2.1.1. El algodón | 3 |
| 2.1.2. La fibra de algodón | 5 |
| 2.2. Colorantes | 6 |
| 2.2.1. Fabricación de colorantes | 9 |
| 2.2.2. Propiedades de los colorantes | 10 |
| 2.2.3. Clasificación de los colorantes | 11 |
| 2.2.3.1. Colorantes ácidos | 11 |
| 2.2.3.2. Colorantes básicos o catiónicos | 11 |
| 2.2.3.3. Colorantes directos | 12 |
| 2.2.3.4. Colorantes de azufre | 12 |
| 2.2.3.5. Colorantes a la tina | 12 |
| 2.2.3.6. Colorantes dispersos | 13 |
| 2.2.3.7. Colorantes mordientes | 13 |
| 2.2.3.8. Colorantes azóicos | 14 |

| | | |
|-----------|---|----|
| 2.2.3.9. | Colorantes de oxidación | 14 |
| 2.2.3.10. | Colorantes reactivos | 15 |
| 2.3. | Aplicación de los colorantes | 20 |
| 2.4. | Ensayo y evaluación de colorantes | 21 |
| 2.4.1. | Método de ensayo para determinar la firmeza de color de textiles | 21 |
| 2.4.2. | Solidez al frote en seco y húmedo | 23 |
| 2.4.3. | Procedimiento | 24 |
| 2.4.3.1. | Solidez al frote en seco | 24 |
| 2.4.3.2. | Solidez al frote en húmedo | 25 |
| 3. | METODOLOGÍA | 26 |
| 3.1. | Recursos materiales | 26 |
| 3.2. | Equipo | 27 |
| 3.3. | Procedimiento experimental | 27 |
| 4. | RESULTADOS | 30 |
| 5. | DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 32 |
| | CONCLUSIONES | 35 |
| | RECOMENDACIONES | 36 |
| | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 37 |
| | BIBLIOGRAFÍA | 38 |
| | APÉNDICE | 39 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| No. | Título | Página |
|-----|--|--------|
| 1 | Estructuras básicas de los colorantes reactivos | 40 |
| 2 | Desarrollo esquemático de la fijación del colorante como reacción química en el proceso de tintura | 41 |
| 3 | Procedimiento de tintura de colorantes reactivos | 42 |

TABLAS

| No. | Título | Página |
|-----|---|--------|
| I | Tolerancia de metales pesados presentes en aguas residuales | 19 |
| II | Resultados experimentales | 31 |
| III | Resultados de corridas experimentales | 44 |
| IV | Resultados de análisis estadístico | 45 |

GLOSARIO

| | |
|---------------------------|---|
| Baño de tintorería | Incluye los químicos utilizados en el proceso y el solvente para diluir estos químicos (agua). |
| Blanqueo químico | Proceso de oxidación, mediante el cual la materia coloreada del algodón es destruida (no removida). |
| Criterio Eco – Tex | Criterios del consorcio Eco - Tex, fundación compuesta por las empresas, Scotdic, Textil Farben GmbH, Colonia y tgd, Textile Designe Group. Eco - Tex constituye una empresa de asesoría y servicio que ofrece su labor para todas las etapas del proceso textil, con la finalidad de obtener textiles "óptimos desde el punto de vista ecológico". |
| Crockmeter | Equipo con el cual se procede a frotar la tela con la ayuda de un testigo blanco, para verificar la cantidad de colorante o pigmento transferido al testigo. |
| DCCH | Dicloroquinoxalina, ancla del colorante reactivo. |
| DCT | Diclorotriacina, ancla del colorante reactivo. |
| Descrude | Proceso de limpieza que remueve las grasas e impurezas propias del algodón, así como las parafinas o aceites, para brindar cierta flexibilidad al hilo en el momento de ser tejido. |
| DFCP | Difluorcloropirimidina, ancla del colorante reactivo. |

| | |
|---------------------------|---|
| Firmeza del color | Resistencia del material al cambio de las características de su color, por transferencia de colorante a otro material, o como resultado de la exposición del material involucrado durante el proceso, alguna prueba, almacenaje o utilización del material. |
| MCT | Monoclorotriacina, ancla del colorante reactivo. |
| MFT | Monofluortriacina, ancla del colorante reactivo. |
| Relación de baño | Término que define la dependencia de la cantidad de baño en función del peso de la tela que se procesará. Una relación de baño usual es de 1:10, la cual indica que por cada kilogramo de tela se utilizan 10 litros de baño. |
| Solidez al frote | Transferencia de colorante desde la superficie de la fibra coloreada o tela, hacia otra superficie o a un área adyacente de la misma fibra principal, por frotamiento o fricción. |
| TCP | Tricloropirimidina, ancla del colorante reactivo. |
| Tejido de punto | Tela obtenida por el enlace de varios hilos. Cada estilo de tejido se diferencia entre sí por la combinación y la cantidad de hilos utilizados. |
| Testigo blanco | Cuadro de 5 x 5 cm de tela descrudada y blanqueada, generalmente algodón 100 %. |
| Tratamiento previo | Serie de procesos de limpieza partiendo del estado original de la fibra que se va a tratar. |
| VS | Vinilsulfónico, ancla del colorante reactivo. |

RESUMEN

Uno de los procesos que más auge ha tenido en la industria textil es la tintura de la fibra de algodón con colorantes reactivos. Actualmente, se cuenta en el mercado con colorantes reactivos ecológicos y no ecológicos.

En la presente práctica, se procedió a evaluar una de las propiedades de uso final de los colorantes, la solidez al frote en seco y húmedo para uno ecológico, el Basilen Azul F – R, y uno no ecológico, el Apollosol Azul R, a diferentes concentraciones. Para ello se realizaron varias tinturas, empleando el proceso por agotamiento en frío, variando la cantidad de colorante agregada y ensayando las pruebas de solidez al frote en seco y húmedo para cada tintura.

El método de análisis estadístico que se efectuó, para comprobar si el índice de solidez al frote en seco y húmedo, de los colorantes reactivos ecológicos es mejor o igual que el de los no ecológicos, es el análisis de varianza por el método de Tukey, para un arreglo factorial (trifactorial) en un diseño completamente al azar.

Luego de analizados los resultados experimentales y efectuado el método estadístico antes citado, se llegó a la conclusión de que a concentraciones menores del 1 % de colorante, ambos se comportan igual y a porcentajes mayores o igual que 1 %, el colorante ecológico muestra mejores solideces, tanto en seco como en húmedo. Al sustituir los colorantes no ecológicos por los ecológicos, no se altera en lo absoluto la calidad del producto final, al contrario en algunos casos se mejoran las propiedades de la materia final.

INTRODUCCIÓN

La producción textil de algodón, es de las más antiguas conocida mundialmente, en la actualidad ha alcanzado niveles de prosperidad superior al de la otras industrias. La avanzada tecnología con que cuentan muchas empresas, permite diversificar sus artículos y ofrecer prendas de muy buena calidad.

En Guatemala, existen empresas que producen y exportan prendas de algodón, que han permitido obtener una fuente de trabajo e ingresos que benefician económicamente al país; pero esto, requiere mucho esfuerzo por parte de los productores, debido a que deben proporcionar artículos de excelente calidad y con un costo acorde a las exigencias del mercado internacional.

El área de tintorería en la industria textil de algodón, se encarga del proceso de la fibra con la adición de químicos propicios para la obtención de distintos colores; el proceso varía según el tono que se desea obtener, los colorantes que en la actualidad tienen mayor consumo en el área de tintorería son los reactivos (que reaccionan con la fibra), debido a que poseen buenas propiedades de solidez al agua, al sudor, al frote y al lavado, principalmente para artículos de vestir.

El proceso de tintura que siguen los colorantes reactivos, es el de agotamiento en frío o caliente, dependiendo del grupo reactivo del colorante, habitualmente se refiere a proceso en frío cuando se emplean temperaturas entre 40 - 60 °C, y caliente para un rango de 70-80 °C.

La evaluación ecológica de los productos para la industria textil, ha tomado gran importancia en el ámbito mundial. Existen empresas que presentan una gama de colorantes reactivos ecológicos, entre éstas se encuentra la BASF. Para que sea un colorante ecológico, debe de cumplir los siguientes requisitos: 1) No presentar contenido de metales pesados, como impurezas metálicas y como estructura del colorante; y, 2) No contener halógeno ligado orgánicamente. Si se presentan algunos de estos aspectos, se debe verificar que su contenido sea menor de lo que las tablas ecológicas indican, tal es el caso del criterio Eco-Text.

El objetivo de realizar el estudio, es poder establecer que los colorantes reactivos ecológicos presentan mejores resultados de solidez al frote en seco y húmedo que los colorantes reactivos ecológicamente contaminantes, al ser teñidos por agotamiento en frío (a una temperatura de 60 °C), para fomentar la conciencia ecológica de la industria guatemalteca, sustituyendo aquellos colorantes reactivos que contienen metales y halógeno ligado orgánicamente, por colorantes reactivos ecológicos.

1. ANTECEDENTES

A mediados del siglo IX comenzó el desarrollo de los colorantes sintéticos, con el estudio de los fundamentos químicos de los colorantes naturales. La obtención de tales colorantes sintéticos, implicó que los colorantes naturales fueran perdiendo importancia progresivamente. Los colorantes sintéticos ofrecían posibilidades totalmente nuevas:

- Con respecto a los colorantes naturales, una producción más eficaz y económica de colorantes a partir de productos petroquímicos fácilmente disponibles, tales como el alquitrán de hulla.
- La obtención de colorantes y tinturas provistos de mejores solidez y brillo, así como la simplificación de los procesos de tintura con respecto a los colorantes naturales, procesos en parte muy complejos.

El primer colorante sintético utilizado con fines técnicos fue la mauveína, obtenida en 1856 por W.H.Perkin. El segundo colorante a base de alquitrán de hulla y obtenido a gran escala, para la tintura de lana y seda en 1858 fue la fucsina, lograda por A.W. Hoffmann y Verguin.

En 1956, se produjeron los primeros colorantes reactivos. Tales colorantes, que se sintetizan generalmente empleando un cromóforo azóico o bien de antranquinona, disponen de componentes de anclaje reactivos en la molécula, los cuales en presencia de álcali, forman un enlace químico covalente con la celulosa. Esta clase de colorantes, ha alcanzado actualmente

la máxima importancia para la tintura de fibras celulósicas, en virtud de su proceso simple de tintura, de sus costes económicos de fabricación, de su brillo elevado y de su buen nivel general de solidez.

Desde el inicio de la industria textil, ésta se ha visto involucrada en el resurgimiento de nuevas fibras textiles para todo tipo de uso. Hoy, esta industria experimenta un régimen de cambio y progreso en lo que se refiere a todo tipo de producto textil, considerando las propiedades ecológicas y toxicológicas de estos productos, debido a que la protección del medio ambiente y la seguridad en el trabajo, han ido adquiriendo importancia desde hace algunos años.

En Guatemala, el teñido de las fibras de algodón con colorantes reactivos a escala industrial, tiene una amplia aplicación y menor en el ámbito artesanal, debido a que estos colorantes, son relativamente fáciles de manipular y proporcionan tinturas con alta solidez a la luz y al frote, también proporcionan tintura con calidez y brillantez sin ocasionar daño alguno a la fibra.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Fibras textiles

Existen diversos tipos de fibras, tales como algodón, lana, seda, acetatos de celulosa, poliamidas, poliésteres, acrílicos, vinilos, poliolefinas, fibras de vidrio y papel.

2.1.1. El algodón

El algodón es una planta del género *Gossypium*, de la familia de las malváceas, hoy se cultiva intensamente en las regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo. El nombre se aplica también a la fibra unida a la semilla de esta planta. Los pelos de la semillas del algodón, constituyen la materia prima para una proporción elevada de los textiles de todo el mundo; en realidad, el algodón es la principal de las fibras textiles.

El algodón se puede clasificar según la calidad, la longitud de la fibra y el carácter de ésta. La calidad concierne principalmente al aspecto, color, proporción de materias extrañas y preparación producida por el desgranado (estado en que el algodón sale de la máquina desgranadora). La longitud de la fibra, es la de una porción típica de fibras en condiciones especificadas. La calidad y la longitud de la fibra se han incorporado a normas oficiales. Se han establecido normas oficiales para la longitud de la fibra, que se define así: " La longitud de la fibra de un algodón es la longitud medida, prescindiendo de la

calidad y valor de una porción típica de fibras, con una humedad relativa de la atmósfera de 65 % y una temperatura de 70 °F"(ref. # 1). Para la clasificación del algodón, se determina la longitud por un procedimiento manual y rápido, que consiste en alisar un mechón de fibras, de modo que queden aproximadamente paralelas y tirar de éstas hasta ponerlas con los extremos juntos.

- **Propiedades químicas**

La fibra de algodón es una célula vegetal y, como casi todas las fibras vegetales, está constituida por celulosa. El porcentaje de celulosa es mucho mayor que en otros materiales y puede ser hasta del 96 % del peso seco de la fibra no purificada. Puesto que el algodón se compone predominantemente de celulosa, casi todas sus propiedades químicas son las de este material. Como cualquier otra forma de celulosa, la del algodón consiste en moléculas de cadena larga, formadas por residuos de glucosa unidos por enlaces 1-4. Puede descomponerse en unidades más pequeñas por hidrólisis, acetólisis o una reacción química similar (ref. #1).

Siendo un compuesto orgánico, la celulosa contiene grupos muy reactivos, de los cuales los más claros son tal vez los tres hidróxidos de cada residuo de glucosa, que son órganos de esterificación y eterificación. Las reacciones de la celulosa tienen importancia para la industria textil algodонера, pues la reacción superficial o parcial de esos hidróxidos, producen acabados permanentes, útiles en algunos géneros de algodón, para que esto suceda los grupos hidróxilo deben de estar ionizados para ser capaces de reaccionar químicamente, que es lo que se aprovecha para teñir con colorantes reactivos, buscando un grupo en el colorante que pueda reaccionar con estos grupos. De

las sustancias no celulósicas en el algodón, las proteínas se presentan normalmente en cantidades mayores. La mayor parte de la pectina en la fibra se encuentra en la pared primaria, la eliminación total de esas sustancias, que se consiguen con facilidad por ebullición, no hace cambiar mucho ninguna de las propiedades esenciales del algodón.

La cera de casi todos los algodones, es una mezcla blanda de punto de fusión bajo, que se presenta en cantidades muy pequeñas. Sin embargo, algunas variedades contienen notable cantidad de cera.

Si bien en la fabricación del algodón, se produce un desperdicio promedio de 15 % rama, una buena parte de éste vuelve a utilizarse, de modo que en realidad sólo 8-9 % del algodón no se usa en la producción de textiles (ref. # 2).

2.1.2. La fibra de algodón

Las fibras de algodón y rayón (celulosa regenerada) están constituidas por celulosa en forma muy pura. La celulosa carece de propiedades ácidas o básicas significativas, pero tiene un gran número de grupos oxhidrúlicos alcohólicos. Se hidroliza por medio de ácidos calientes y se hincha con álcalis concentrados. Cuando el algodón se somete a tracción y se hincha con álcali concentrado, de tal forma que las fibras no puedan encogerse en su longitud, se desarrolla un brillo de tipo sedoso. A este proceso se le llama mercerización. La afinidad del algodón mercerizado hacia los colorantes es mayor que la del algodón común.

Las fibras de algodón y de rayón se humectan fácilmente con agua y permiten un acceso sin problemas de la molécula del colorante. El teñido puede llevarse a cabo por absorción, oclusión o reacción con los grupos oxhidrúlicos. También es posible lograr que el algodón y el rayón sean receptivos a una diversidad de colorantes, por tratamiento o proceso al mordiente con materiales capaces de enlazar químicamente a los colorantes.

El algodón como materia prima, contiene impurezas naturales como grasas, pigmentos naturales, sustancias minerales y artificiales (que han sido aplicadas para la operación de hilatura o tejedura), que deben ser removidas en los procesos posteriores. Para que la fibra de algodón sea teñida es necesario efectuarle un tratamiento previo. La finalidad es preparar el producto para las operaciones posteriores (teñido y acabado). Las operaciones de limpieza, incluyen el descrude y blanqueo químico; la pérdida de peso resultante es una clara indicación de una limpieza exitosa. Del tratamiento previo depende el grado de hidrofiliidad de la fibra, resultando una tintura o impresión perfecta, lo cual se identifica obteniendo manchas o mala igualación en los procesos de tintura.

2.2. Colorantes

Los colorantes son sustancias compuestas orgánicas de color intenso, que pueden usarse para producir un alto grado de coloración, cuando se dispersan en otros materiales o se hacen reaccionar con los mismos, por medio de un proceso que temporalmente destruye la estructura cristalina de la sustancia. Los colorantes modernos son productos de la química orgánica sintética.

Los colorantes naturales que se usaron en otras épocas, han sido reemplazados casi en su totalidad por colorantes sintéticos, casi todos de estructura compleja. Hay que ejecutar una larga serie de operaciones, para convertir las materias primas y formar colorantes. En el curso de estas síntesis, es necesario preparar gran número de los productos llamados intermedios de colorantes, la mayor parte de éstos son compuestos aromáticos con grupos sustituyentes como $-NH_2$, $-OH$, $-NO_2$ y $-SO_3H$ que alteran la reactividad de los compuestos cíclicos (ref. # 2). Los colorantes sintéticos en general han sido llamados "colorantes de alquitrán de hulla", por el uso predominante del alquitrán como material inicial, o "colorantes de anilina" por razón de que la anilina es un intermedio de muchos colorantes.

Para que tengan interés comercial, los colorantes deben poseer una alta intensidad de color y producir teñidos de cierto grado de permanencia, siendo el color la razón de su venta. El grado de permanencia que se requiere varía con el uso final del material teñido.

Todas las moléculas absorben energía en varias zonas del espectro electromagnético. La característica de las moléculas de un colorante, es que absorben radiación fuertemente en la región visible, que va desde los 4000 hasta los 7000 Å. Las únicas moléculas orgánicas que producen suficiente absorción (poder tintorial) en la región visible para ser útiles como colorantes, son las que tienen una complejidad considerable y que contienen varios sistemas conjugados relacionados con grupos que atraen y separan electrones.

El tono y la permanencia de un cierto colorante, pueden variar dependiendo del sustrato, debido a las diferentes interacciones de las orbitales moleculares del colorante con dicho sustrato, y a la facilidad con que el colorante pueda disipar su energía absorbida, hacia el medio circundante sin descomponerse (ref. # 2).

Los colorantes exhiben color debido a su capacidad para absorber la luz de la región visible del espectro, ésta se debe a las transiciones electrónicas en las moléculas y sólo puede ocurrir en el espectro visible, cuando los electrones tienen cierto grado de movilidad. Esta movilidad depende del grado de insaturación y resonancia del colorante.

Un colorante consta de una estructura que produce color, el cromágeno (receptor de electrones) y una parte que regula las propiedades de coloración y solubilidad, el auxocromo (donador de electrones); sin ambas partes, el material es sencillamente un cuerpo con color (ref. # 1).

El cromágeno es un cuerpo aromático que contiene un grupo que proporciona color, llamado cromóforo, la principal unidad estructural de un colorante es siempre no saturada. Los grupos cromóforos, causan color al alterar las bandas de absorción en el espectro visible (ref. # 2). Algunas moléculas pierden sus colores cuando se saturan los grupos cromóforos.

El uso principal de los colorantes es el teñido de textiles, aunque se consumen cantidades sustanciales para colorear materiales tales como: cuero, plásticos, productos del petróleo y alimentos.

Los principales usos de los colorantes son: en la coloración de fibras textiles y de papel. Los substratos se agrupan en dos categorías, hidrófobas e hidrófilas. Las sustancias hidrófilas tales como el algodón, la lana, la seda y el papel, se hinchan con bastante rapidez al sumergirse en agua, lo cual hace que el colorante tenga acceso al substrato fácilmente. Por otra parte, la facilidad de penetración también significa que el colorante puede desprenderse en los sistemas acuosos, por lo que es necesario usar técnicas especiales cuando se requiere un alto grado de permanencia en húmedo.

En cambio, las fibras hidrófobas, tales como los poliésteres sintéticos, los acrílicos, las poliamidas y las fibras de poliolefinas, no se hinchan al tratarlas con agua, por lo que se requieren temperaturas de aplicación más alta y moléculas pequeñas.

2.2.1. Fabricación de colorantes

Se puede representar la síntesis completa de un colorante con la ecuación general siguiente:

Producto natural -----> Materia inicial -----> Intermedio A ---->
Intermedio B ----->Intermedio C -----> etc. -----> Colorante. (ref. # 2)

Las materias iniciales orgánicas suelen ser aromáticas o en menor grado heterocíclicas. En el curso de estas síntesis, desde las materias iniciales hasta los colorantes acabados, es necesario además de las materias primas aromáticas, usar cantidades muy grandes de otras sustancias químicas, tales como ácidos y sales inorgánicas, compuestos alifáticos y alicíclicos de diversas clases, así como compuestos heterocíclicos.

Aunque cada colorante necesita de uno hasta doce intermedios, a menudo se pueden fabricar varios colorantes diferentes con el mismo grupo intermedio, mediante diversos grupos de reacciones o combinaciones, debido a que muchos colorantes requieren como intermedios productos que por sí mismos, son colorantes de la misma o de diferente clase.

2.2.2. Propiedades de los colorantes

Las propiedades de los colorantes pueden clasificarse como propiedades de aplicación y propiedades de uso final. Las propiedades de aplicación incluyen la solubilidad, la afinidad y la velocidad de teñido. Las propiedades de uso final son el tono y la resistencia a los factores degradantes, tales como luz, lavado, calor (sublimación) y desteñido. Los colorantes se seleccionan de tal manera que tengan propiedades de uso final aceptables a un costo mínimo. Sólo se usan procedimientos de aplicación complicados, cuando son necesarios para lograr resultados excelentes.

En la industria textil, se ha hecho muy común tratar los tejidos teñidos con agentes diseñados para mejorar la resistencia al encogimiento, a las arrugas y otras características. Con frecuencia, estos agentes alteran la apariencia y resistencia de los colorantes. Por consiguiente, es necesario considerar la estabilidad a estos postratamientos como una propiedad de uso final muy importante de los colorantes. Asimismo, es necesario tener cuidado en aplicar el colorante en condiciones que no causen degradación de la fibra.

2.2.3. Clasificación de los colorantes

Los colorantes se clasifican de acuerdo a su método de aplicación. El mejor método de clasificación disponible, es el que se basa en el Índice de Color (Colour Index), publicación patrocinada por la Sociedad de Tintoreros y Coloristas (Inglaterra) y la Asociación Americana de Químicos y Coloristas Textiles. El Color Index reconoce 26 tipos de colorantes por clasificación química y diez por su clasificación basada en su aplicación; la segunda es de más utilidad y son:

2.2.3.1. Colorantes ácidos

Derivan su nombre de su insolubilidad en baños ácidos. Los colorantes ácidos dependen de la presencia de uno o más grupos ácidos, para poder unirse a las fibras textiles. Estos grupos suelen ser ácidos sulfónicos, que sirven para que el colorante sea soluble en el agua. Estos se emplean para teñir fibras que contienen grupos básicos, tales como algodón, sedas y poliamidas.

2.2.3.2. Colorantes básicos o catiónicos

Los colorantes catiónicos se unen a las fibras por formación de uniones salinas, con los grupos aniónicos o ácidos de las fibras. Los colorantes básicos, son aquellos en los cuales se verifica la protonación de un grupo básico amino en las condiciones ácidas de la cuba de teñido. Estos colorantes, son notables por su alto índice de color, pero presentan una fotoestabilidad mala, por lo que se hizo necesario desarrollar colorantes más estables a la luz.

2.2.3.3. Colorantes directos

Los colorantes directos, son los que se absorben fuertemente sobre la celulosa. Por lo general, tienen grupos de ácido sulfónico, pero no se consideran como colorantes ácidos, debido a que estos grupos no se usan como medios de unión a la fibra. Los colorantes directos, son moléculas grandes, planas y lineales que pueden penetrar a las regiones cristalinas; son, generalmente, colorantes azóicos y su solubilidad en el baño se reduce a veces con adición de sal.

2.2.3.4. Colorantes de azufre

Los colorantes de azufre, son materiales insolubles que es necesario reducir con sulfuro de sodio antes de usarlos. En su forma reducida, son solubles y exhiben una buena afinidad por la celulosa. Su acción de teñido es por adsorción, al igual que los colorantes directos, pero al exponerse al aire se oxidan, para volver a formar el colorante original insoluble en el interior de la fibra. De esta manera, a diferencia de los colorantes directos, se vuelven muy resistentes al desteñido por lavado. Son un gran grupo de colorantes de bajo costo, que producen matlces opacos en algodón.

2.2.3.5. Colorantes a la tina

Los colorantes a la tina, al igual que los colorantes de azufre, son materiales insolubles. Se reducen con hidrosulfito de sodio en un medio fuertemente alcalino, para producir una forma soluble que tiene afinidad por la celulosa. Después de que el colorante reducido ha sido absorbido en la fibra, se reforma el colorante insoluble original con una oxidación por medio de aire o

sustancias químicas. Los teñidos que se producen de esta manera son muy resistentes al lavado y, en muchos casos, los colorantes se diseñan de tal manera que también sean resistentes a la luz y al blanqueado. Los colorantes a la tina son bastante costosos y deben aplicarse con precaución. Ofrecen una resistencia excelente cuando se seleccionan de manera apropiada y son los colorantes de mayor uso en telas de algodón, que estarán sujetas a condiciones severas de lavado y blanqueo.

2.2.3.6. Colorantes dispersos

Los productos sintéticos modernos (acetato de celulosa, plásticos, poliésteres) son difíciles de colorear. Los colores dispersos son colorantes no iónicos, que tienen una baja solubilidad en agua y que son capaces de disolverse en ciertas fibras sintéticas. Su atracción por las fibras se basa en la formación de una solución sólida, puesto que no tiene carga eléctrica o electro magnética, ni tendencia a formar uniones salinas. Los colorantes dispersos se usan en la actualidad principalmente para fibras de poliéster, aunque en un principio se desarrollaron para fibras de acetato de celulosa y de poliamida.

2.2.3.7. Colorantes mordientes

Los colorantes mordientes, requieren un pretratamiento de la fibra con un material mordiente diseñado para fijar el colorante. El mordiente se une a la fibra y después se combina con el colorante, para formar un complejo insoluble llamado "laca".

La importancia de éstos ha disminuido, debido principalmente a que se ha ido eliminando la necesidad de su uso. Se pueden lograr resultados iguales o mejores con otros colorantes menos costosos en cuanto a tiempo y mano de obra.

2.2.3.8. Colorantes azóicos

El grupo de colorantes azo, uno de los más importantes, incluye cientos de colorantes comerciales de diversos tipos de aplicación. Los colorantes azo están caracterizados por la presencia de uno o más grupos azo (- N=N-), según el número de grupos azo, éstos colorantes se llaman monoazóicos, diazóicos, triazóicos, tetraquisazóicos y pentaquisazóicos.

Los colorantes azóicos se producen en el interior de las fibras textiles, por lo general algodón, por copulación azo. El colorante queda firmemente ocluido y es muy resistente al lavado

2.2.3.9. Colorantes de oxidación

Los colorantes de oxidación, se producen en las fibras textiles por oxidación de un compuesto incoloro. Esta es una forma muy económica para producir buenos tonos negros. La apariencia y resistencia de los teñidos, puede variar en un amplio intervalo por medio de la selección del oxidante, de las condiciones del teñido y el catalizador.

2.2.3.10 Colorantes reactivos

Los colorantes reactivos, son una clase de colorantes relativamente nueva, que forman enlaces covalentes con las fibras que poseen grupos oxhidrilo o amino, reaccionando químicamente con la fibra textil durante el proceso de teñido, transformándose así en parte física de la misma. Uno de los tipos de colorante reactivo más importante contiene átomos de cloro, que reaccionan con los grupos oxhidrilo de la celulosa cuando se aplica en presencia de un álcali.

Otro importante tipo de colorante reactivo, se basa en grupos vinilo activados, que reaccionan con un oxhidrilo celulósico en presencia de una base.

Los colorantes reactivos exhiben una resistencia al lavado excelente, puesto que el colorante pasa a formar parte de la fibra.

Las otras propiedades dependen de la estructura de los grupos colorantes de la molécula y de los métodos usados para enlazarlos a la parte reactiva.

En el caso del algodón, el colorante se fija a la fibra por una reacción entre la celulosa y el colorante. Esquemáticamente, el colorante se puede representar de la forma siguiente:



donde S = grupo solubilizante, C = grupo cromóforo y el ANCLA está compuesta por un puente del anillo y el grupo reactivo (ref. # 3)

Los grupos solubilizantes se utilizan para mezclar el colorante reactivo en medio acuoso.

Uno de los colorantes reactivos de más empleo es el monoclorotriazina, donde el ion ácido nitrohídrico (HN^{-2}) es el puente del anillo, el grupo solubilizante es el ion ácido sulfuroso (HSO_3^{-1}) y el resto lo constituye el grupo cromóforo.

Los grupos reactivos de los colorantes pueden dividirse en dos grupos, dependiendo del mecanismo de reacción:

- a) Sustitución nucleofílica
- b) Adición nucleofílica

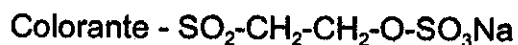
a) Sustitución nucleofílica

La sustitución nucleofílica, se da en aquellos colorantes que poseen halógenos en el grupo reactivo. Este tipo de mecanismo se da entre un halógeno enlazado a un anillo de benceno, pero esto se logra sólo bajo condiciones muy drásticas, a menos que el anillo sea activado poderosamente por grupos que atraigan electrones. En la práctica, esto se logra reemplazando uno o más átomos de carbono por átomos de nitrógeno.

b) Adición nucleofílica

La adición nucleofílica, se da con colorantes que poseen en el grupo reactivo cadenas con doble uniones activadas.

La doble unión del grupo reactivo en la mayoría de los casos, no está presente en el grupo reactivo, pero ésta es formada durante el proceso de tintura, un ejemplo de este tipo de grupo reactivo y el más común es el grupo sulfonil:



(ref. # 3)

La reacción de la celulosa con el grupo reactivo, toma lugar en condiciones alcalinas (que se logra gracias a la aplicación de hidróxido de sodio y carbonato de sodio en el baño de tintura), donde la celulosa en el equilibrio forma uniones nucleofílicas.

Las estructuras básicas de los colorantes reactivos, con su tipo de ancla y cromóforo, y el desarrollo esquemático de la fijación de estos colorantes como reacción química en el proceso de tintura, se muestran en el anexo (Figura 1 y 2 respectivamente).

Para la evaluación ecológica de los colorantes reactivos son importantes los parámetros siguientes: contenido en metales pesados y halógeno ligado orgánicamente.

En cuanto al contenido en metales pesados de los colorantes, se debe distinguir fundamentalmente entre los metales en forma de impurezas y los metales que constituyen el complejo de la molécula de colorante.

Las impurezas metálicas procedentes de la síntesis del colorante (productos de base y productos secundarios o restos de catalizadores), se pueden considerar como el índice indicador de calidad de los diversos proveedores; por consiguiente, la cantidad de impurezas metálicas depende de: la calidad de los productos de base, del proceso de reacción que se haya aplicado; y, el método de purificación empleado (ref. # 4).

Entre los colorantes de complejo metálico, que resultan actualmente indispensables para determinados campos de aplicación, se ofrece una amplia gama, en gran parte estables (ftalocianinas, formazanes). Estos productos permanecen intactos, incluso en caso de variaciones extremas del potencial de hidrógeno y de la temperatura, y no liberan el átomo metálico (ref.# 4)

Muchos colorantes reactivos contienen halógeno ligado orgánicamente, ya sea en el ancla o grupo reactivo. El halógeno ligado en el ancla monoclorotriacina (MCT) se transforma durante la tintura, en cloruro inorgánico (sal) inocuo. El colorante no fijado se hidroliza en gran parte en presencia del álcali, no conteniendo más halógeno en el ancla. Si la hidrólisis no es completa, se puede finalizar ésta calentando en presencia de álcali.

Como parte de halógeno determinante desde el punto de vista ecológico, se debería evaluar únicamente el halógeno enlazado al cromóforo, en el caso de colorantes MCT, al contrario que con colorantes con anclas que contienen varios átomos del halógeno: Diclorotriacina (DCT), dicloroquinoxalina (DCCH), difluorcloropirimidina (DFCP) y tricloropirimidina (TCP).

Tiñendo con colorantes reactivos, la contaminación debida a sustancias orgánicas suele ser muy baja.

En la actualidad existen diversas empresas que han presentado un listado de tolerancias de compuestos contaminantes, entre ellas se encuentra Eco – Tex (ref. # 4), y la lista que Eco - Tex muestra para los metales pesados es la siguiente:

Tabla No. I

Criterio Eco – Tex

Tolerancia de metales pesados presentes en aguas residuales provenientes de la tintura sobre algodón con colorantes reactivos

| Metales pesados | mg/l |
|------------------------|-------------|
| Arsénico | 0.01 |
| Paladio | 0.04 |
| Cadmio | 0.005 |
| Mercurio | 0.001 |
| Níquel | 0.2 |
| Cobalto | 0.2 |
| Cobre | 3.0 |
| Cromo (III) | 0.1 |
| Cinc | 3.0 |
| pH del extracto acuoso | 4.5 – 7.5 |

La empresa BASF entre sus colorantes reactivos Basilen posee bastantes colorantes que son ecológicos, entre los que se encuentran: Basilen Azul F - R, Basilen Naranja F - 3R, Basilen Amarillo F - RL y otros más.

2.3. Aplicación de los colorantes

El proceso del teñido puede llevarse a cabo en lotes o en régimen continuo. La fibra puede teñirse por cargas, en madejas o en telas. Cualquiera que sea el método de teñido, el proceso es fundamentalmente el mismo: el colorante debe de transferirse de un baño, por lo general en solución acuosa, al interior de las fibras. Las operaciones básicas del teñido incluyen: (1) preparación de la fibra; (2) preparación del baño del teñido; (3) aplicación del colorante; y, (4) acabado. Existen muchas variaciones de estas operaciones, dependiendo del tipo de colorante. El proceso del teñido se complica por el hecho de que pocas veces se usan colorantes individuales (ref. # 3).

Una de las operaciones que darán carácter a la calidad del teñido, es la preparación previa de la fibra al teñido, puesto que de este paso dependerán muchas de las propiedades que la fibra tendrá para una buena tintura. Por lo general, la preparación de la fibra se basa en un lavado alcalino, para eliminar los materiales extraños y asegurar un acceso uniforme del licor de teñido. Algunas fibras naturales están contaminadas con materiales grasos y suciedad. Las fibras sintéticas pueden haber sido tratadas con lubricantes de hilatura o de encolado, que también es necesario eliminar. Algunas fibras pueden requerir también un blanqueado antes de que queden listas para usarlas.

El procedimiento de tintura que la empresa BASF recomienda, para obtener una buena tintura de los colorantes reactivos se presenta en el anexo, figura No. 3.

2.4. Ensayo y evaluación de colorantes

2.4.1. Método de ensayo para determinar la firmeza de color de textiles

Para ensayar textiles teñidos, se requieren métodos cuyo campo de acción no se restrinja a los requisitos específicos de determinados laboratorios o fábricas, y que tenga aplicación general y relación directa con la evaluación práctica según el uso final.

En vista de que se aplican colorantes a fibras de todas clases, como lana, algodón, rayón, acetato y otras fibras sintéticas, las cuales tienen diferentes propiedades, es necesario que la firmeza de los colores contra agentes destructores sea valorada en términos bastantes cuantitativos, por medio de métodos que tengan aceptación común en la industria.

Los agentes destructores naturales son la luz y los agentes atmosféricos, entre ellos el oxígeno y otros gases de la atmósfera que decoloran o destruyen ciertos colorantes. Además de los agentes naturales, hay muchos tratamientos químicos y de acabado que se aplican a los textiles, para su transformación en húmedo, que pueden variar en mayor o menor grado la firmeza de los colores. Son ejemplos de esta clase: los agentes blanqueadores, oxidantes y reductores, los acabados con resinas y muchos otros tratamientos. Debido a que los colorantes son compuestos orgánicos y por consiguiente, susceptibles en mayor o menor grado a la acción de agentes destructores.

Hay varias corporaciones que ejecutan trabajos de ensayo. La American Associaton of Textile Chemists an Colorists (A.A.T.C.C.) efectúa

investigaciones, que comprenden toda la rama de procesos en húmedo, pero su especialidad es la creación y normalización de métodos de ensayo. La American Standards Association (ASA), es una organización general para coordinar los métodos de ensayo estadounidenses e internacionales en todas las ramas. La American Society for Testing Materials (A.S.T.M.) tiene un campo de actividades muy amplio y una comisión del ramo textil, que coopera con la A.A.T.C.C (ref. # 1).

Los métodos para determinar la firmeza de colores se clasifican en dos grupos: 1) según la naturaleza de la fibra, dado que las diversas clases de fibras tienen sensibilidad variable al calor, alcalinidad y sustancias químicas, las pruebas a que se someten ciertas fibras como el rayón y la lana deben ser menos rigurosas a las del algodón y el lino; y, 2) según determinados ensayos que se aplican a las telas de cualquier fibra. ejemplo de ello es:

- **Fijeza de color de telas de algodón y lino**
 - ◊ Lavados comercial y doméstico
 - ◊ Blanqueo con cloro
 - ◊ Blanqueo con peróxido

- **Fijeza de color de textiles compuestos de cualesquiera fibras**
 - ◊ Acidos y álcalis
 - ◊ Lavado en seco
 - ◊ Calor seco y húmedo
 - ◊ Luz
 - ◊ Al frote en seco y húmedo

2.4.2. Solidez al frote en seco y húmedo

Método No. 8 del AATCC Crockmeter

Esta prueba está diseñada para medir o determinar la cantidad de color transferido, desde la superficie de la fibra textil teñida a otras superficies por el efecto de fricción. Este es aplicable a los textiles hechos de todo tipo de fibra en forma de hilo o tela, ya sea teñida o estampada.

El procedimiento involucra como materia prima cuadros blancos de tela (5 x 5 cm), en los cuales se verificará la cantidad de colorante que se transfiere a la tela en cuestión por fricción en seco y húmedo. Esta tela de color blanco recibe el nombre de "testigo blanco", el color transferido hacia el testigo se compara con la escala cromática de color, donde se le asigna un valor del 1 al 5. Donde el valor de cinco indica una transferencia insignificante de color o nada transferido; y, el valor de uno indica que se transfiere una parte sustanciosa de color presentando malas solidez. Esta escala está aprobada por la AATCC, siendo un método visual (ref. # 5).

Esta prueba debe de hacerse en un punto específico, ya que la transferencia de color de la tela teñida o estampada se ve alterada por lavado, planchado, secado y algún otro proceso de acabado.

2.4.3. Procedimiento

2.4.3.1. Solidez al frote en seco

- a) Colocar en la base inferior del crockmeter un rectángulo de 10 x 20 cm de la muestra teñida o estampada, la cual es sostenida por medio de papel abrasivo que está pegado en el aparato.
- b) Montar el testigo blanco sobre el dedo de frote del aparato.
- c) Ajustar el testigo blanco con una abrazadera para evitar pliegues, tanto del testigo como de la tela en cuestión.
- d) Verificar que la dirección de la fibra de ambas telas sea la misma orientación.
- e) Bajar la tabla donde está colocado el dedo del frote sobre la muestra coloreada.
- f) Dar vuelta a la manivela hacia adelante hasta completar veinte vueltas, a razón de una vuelta por segundo.
- g) Retirar el testigo blanco y proceder a valorar el resultado sobre éste con la ayuda de la escala colorimétrica.

2.4.3.2. Solidez al frote en húmedo

- a) Colocar en la base inferior del crockmeter un rectángulo de 10 x 20 cm de la muestra teñida o estampada, la cual es sostenida por medio de papel abrasivo que está pegado en el aparato.
- b) Introducir el testigo blanco en agua destilada y eliminar cierta cantidad de ésta, de tal forma que tenga 65 +/- 54 % de humedad, basado en el peso del testigo blanco seco.
- c) Montar el testigo blanco sobre el dedo de frote del aparato.
- d) Ajustar el testigo blanco con una abrazadera para evitar pliegues, tanto del testigo como de la tela en cuestión.
- e) Verificar que la dirección de la fibra de ambas telas tengan la misma orientación.
- f) Bajar la tabla donde está colocado el dedo del frote sobre la muestra coloreada.
- g) Dar vuelta a la manivela hacia delante hasta completar veinte vueltas, a razón de una vuelta por segundo.
- h) Retirar el testigo blanco y proceder a valorar el resultado sobre éste con la ayuda de la escala colorimétrica.

3. METODOLOGÍA

3.1. Recursos materiales

Para la elaboración de la presente investigación se cuenta con las siguientes materias primas:

- a) Colorante reactivo Basilen Azul F - R (colorante libre de metales pesados, azul 19 según el Colour Index).
- b) Colorante reactivo Apollosol Azul R (contiene metales pesados, azul 19 según el Colour Index).
- c) Tela de algodón, tejido de punto ya descrudada y blanqueada por la fábrica Tejidos Imperial.
- d) Sulfato de sodio, carbonato de sodio y soda cáustica en escamas.
- e) Dekol SN (dispersante, coloide protector y secuestrante) y Ludigol (oxidante para la industria textil para impedir la reducción indeseada de los colorantes reactivos), ambos productos distribuidos por BASF.
- f) Acido acético grado industrial y agua

3.2. Equipo

- a) Balanza electrónica
- b) Termómetro con escala
- c) Guantes de látex
- d) "Beackers", espátulas, varillas de agitación, pipetas de 10 ml y
- e) Perilla de succión
- f) Máquina y todos sus accesorios para teñir por agotamiento marca
- g) Estufa de gas y olla de aluminio
- h) Crockmeter
- i) Escala colorimétrica para evaluar solidez al forte en seco y húmedo

3.3. Procedimiento experimental

- a) Cortar 5 pedazo de tela de algodón 100 %, tejido de punto con un peso cada uno de 5 gramos;
- b) Preparar soluciones 1:10 del colorante Basilen Azul F - R, de tal forma que se tenga una tintura del 0.1 %;

- c) Calcular la cantidad de auxiliares de tintura a emplear según la recomendación del procedimiento de tintura para colorantes reactivos en frío que presenta la BASF;
- d) Pesar los productos auxiliares para la tintura (Sulfato de sodio, carbonato de sodio, Ludigol y Dekol SN)
- e) Preparar solución de Soda Cáustica a 38 °Be;
- f) Agregar el agua en los cilindros de tintura de tal forma que se tenga una relación de baño de 1:10 con respecto a la tela de algodón;
- g) Agregar al agua en los cilindros de tintura: Dekol SN, Ludigol, sulfato de sodio, el colorante y agitar bien;
- h) Introducir la tela, dejar que absorba bien la solución presente en los cilindros y sacarla;
- i) Introducir los cilindros dentro de la máquina de agotamiento;
- j) Elevar la temperatura hasta 60 °C y dejar 5 minutos a esa temperatura;
- k) Sacar los cilindros, abrirlos y sacar la tela;
- l) Agregar el carbonato de sodio y agitar bien;
- m) Añadir la soda cáustica y agitar bien;

- n) Introducir la tela, agitar, tapar los cilindros e introducirlos nuevamente dentro de la máquina de agotamiento;
- o) Dejarlos a una temperatura de 60 °C por el tiempo que estipula las indicaciones para el proceso de tintura con reactivos dados por la empresa BASF. Este tiempo depende el porcentaje de colorante que se está aplicando;
- p) Transcurrido el tiempo preestablecido, sacar las muestras y proceder al lavado que recomienda la empresa BASF;
- q) Lavar con agua templada; luego con agua a 60 °C;
- r) Dejar por 20 minutos con agua a una temperatura de 60 °C, que contiene 0.5 gr/lit ácido acético y 2gr/lit de Dekol SN;
- s) Lavar con agua templada y dejar que las muestras se sequen a la intemperie;
- t) Proceder a efectuar la prueba de solidez al frote en seco y húmedo para cada muestra;
- u) Efectuar los pasos del 1 – 22 para los porcentajes de colorante Basilen Azul F - R de 0.5, 1.0, 1.5, y 3%;
- v) Realizar los pasos 1 - 22 para el colorante Apollosol Azul R para cada uno de los siguientes porcentajes: 0.1, 0.5, 1.0, 1.5 y 3%.

4. RESULTADOS

Los resultados experimentales se encuentran en la tabla No. II que se presenta a continuación. En ésta se muestra el índice de solidez al frote en seco y húmedo, para cada colorante a las concentraciones: 0.1 %, 0.5 %, 1.0 %, 1.5 % y 3.0 %. Al mismo tiempo se describe qué colorante y a qué concentración la solidez al frote en seco y húmedo es buena o mala.

TABLA No. II

RESULTADOS EXPERIMENTALES

| COLORANTE | PORCENTAJE | SOLIDEZ AL FROTE | INDICE DE SOLIDEZ | RESULTADO |
|--------------------|------------|------------------|-------------------|---------------|
| Basilen Azul F - R | 0.10% | Húmedo | 5 | Buena solidez |
| Basilen Azul F - R | 0.50% | Húmedo | 5 | Buena solidez |
| Basilen Azul F - R | 1.00% | Húmedo | 4.8 | Buena solidez |
| Basilen Azul F - R | 1.50% | Húmedo | 4.6 | Buena solidez |
| Basilen Azul F - R | 3.00% | Húmedo | 4.2 | Buena solidez |
| Basilen Azul F - R | 0.10% | Seco | 5 | Buena solidez |
| Basilen Azul F - R | 0.50% | Seco | 5 | Buena solidez |
| Basilen Azul F - R | 1.00% | Seco | 5 | Buena solidez |
| Basilen Azul F - R | 1.50% | Seco | 4.8 | Buena solidez |
| Basilen Azul F - R | 3.00% | Seco | 4.6 | Buena solidez |
| Apollosol Azul R | 0.10% | Húmedo | 5 | Buena solidez |
| Apollosol Azul R | 0.50% | Húmedo | 4.8 | Buena solidez |
| Apollosol Azul R | 1.00% | Húmedo | 3.2 | Mala solidez |
| Apollosol Azul R | 1.50% | Húmedo | 2.4 | Mala solidez |
| Apollosol Azul R | 3.00% | Húmedo | 1.4 | Mala solidez |
| Apollosol Azul R | 0.10% | Seco | 5 | Buena solidez |
| Apollosol Azul R | 0.50% | Seco | 4.8 | Buena solidez |
| Apollosol Azul R | 1.00% | Seco | 3.6 | Mala solidez |
| Apollosol Azul R | 1.50% | Seco | 2.8 | Mala solidez |
| Apollosol Azul R | 3.00% | Seco | 2.2 | Mala solidez |

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los colorantes reactivos para teñir la fibra de algodón son de empleo significativo en la industria guatemalteca textil. Estos colorantes han cobrado interés, debido a que proporcionan una alta intensidad de color y tinturas de cierto grado de permanencia. Éstos, como su nombre lo dice, reaccionan con la fibra, formando un enlace químico covalente con la celulosa en presencia de álcali.

En la presente práctica, se realizaron varias tinturas variando el porcentaje de colorante, para dos reactivos catalogados con el mismo índice de color. Estos colorantes son: Apollosol Azul R y Basilen Azul F – R. El fin del experimento es establecer cuál de los dos colorantes tienen mejor índice de solidez al frote en seco y húmedo, para fomentar la sustitución de los colorantes contaminantes (ej. Apollosol Azul R) por los ecológicos (ej. Basilen Azul F – R). Para éstos se evaluaron los índices de solidez al frote en seco y húmedo, que presentó la práctica, por medio de un análisis de varianza, utilizando el método de Tukey para rechazar los datos.

A los datos experimentales obtenidos se les hizo un arreglo factorial trifactorial en un diseño completamente al azar, convirtiendo los índices de solidez experimentales en logaritmo natural. Esta transformación se efectuó, para que los datos cumplieran los supuestos teóricos del modelo estadístico de Tukey. (ref # 6)

Los parámetros analizados son: colorante, porcentaje de colorante e índice de solidez. El arreglo trifactorial es: colorante/porcentaje: porcentaje/solidez, y, colorante/solidez, con el fin de unir los tres resultados y poder establecer a que porcentaje y que colorante muestran un índice de solidez no aceptable.

En cuanto al arreglo colorante/porcentaje, el Apollosol Azul R a concentraciones de 1.0 %, 1.5 % y 3.0 % muestra un valor de solidez al frote en seco y húmedo, por debajo del rango aceptado (según requerimiento BASF un colorante bueno tiene solideces entre cinco y cuatro). Para el análisis porcentaje/solidez, el índice promedio de solidez al frote en seco es aceptable a valores de concentración por debajo del 1.5 % de colorante: mientras que para la solidez al frote en húmedo por encima de 1.0 % es no cumple con los estándares de calidad.

Asimismo, se estudió el arreglo colorante/solidez, el cual se realizó con el fin de apoyar a los dos anteriores, donde el comportamiento indica que el Apollosol Azul R, tanto el índice de solidez al frote en seco como en húmedo, están fuera del rango de solidez aceptable.

Basándose en estos tres arreglos, se llegó a la conclusión de que a porcentajes menores que 1.0 %, ambos colorantes presentan los mismos índices de solidez, siendo éste aceptable. Razón por la cual, al sustituir uno por el otro no es significativa hablando al nivel de solidez de transferencia de color. Para valores mayores o igual a 1.0 % de concentración, el colorante Basilen Azul F – R cumple con los requerimientos de solidez al frote en seco y húmedo, mientras que el Apollosol Azul R no.

Al sustituir los colorantes no ecológicos por ecológicos, no se está alterando en lo absoluto las exigencias de solidez que presenta la industria textil, al efectuar tinturas menores que el 1.0 % de colorante. A mayores o igual que este porcentaje, la calidad del producto final es notablemente superior, ayudando así a la conservación del medio ambiente, sin tener problemas de calidad en cuanto a la permanencia del colorante.

CONCLUSIONES

1. A medida que va aumentando el porcentaje de colorante, en cuanto al Apollosol Azul R se refiere, la solidez al frote en seco y húmedo va disminuyendo de calidad, o sea que la transferencia de color aumenta.
2. Analizando el colorante y la solidez, se estableció que los valores de solidez presentados por el Basilen Azul F – R, son aceptables y se encuentran dentro del rango permitido (5 a 4).
3. El colorante Apollosol Azul R para concentraciones de 1.0 %, 1.5 % y 3.0 %, ya sea solidez al frote en seco y/o húmedo, presentan un índice significativo, obteniéndose tinturas bajas en calidad de transferencia de color.
4. Al aplicar una cantidad de colorante igual o mayor que 1.0 %, el colorante Basilen Azul F – R tiene buenas solidezces. Mientras que el Apollosol Azul R no se recomienda aplicar, ya que la transferencia de colorante es considerable tanto al frote en seco como en húmedo.

RECOMENDACIONES

1. Cambiar los colorantes reactivos no ecológicos que se utilizan actualmente en la industria textil, por colorantes reactivos ecológicos.
2. Valorar la importancia de la conservación del medio ambiente de nuestro país y del mundo.
3. Para poder aumentar el mercado de exportación de textiles en nuestro país, se deben tomar en cuenta las exigencias de los países a donde se quiere exportar, eligiendo así el colorante apropiado para procesar los textiles.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. KIRK, Raymond y Donald Othmer. **Enciclopedia de tecnología química.** Tomo 3. (México: Unión Tipográfica Editorial Hispanoamericana, 1966). p. 256 – 271.
2. KENT, James y otros. **Biblioteca Riegel de química industrial.** Tomo 4. (México: Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V., 1984. p. 709 – 718.
3. **Colorantes Basilen F/FM.** (Alemania: BASF Aktiengesellschaft, Marketing Textil und Letherchemie, 1995). p. 13 – 23.
4. **Productos para la industria textil: valoración ecológica.** Capítulo 5. (Alemania: BASF Aktiengesellschaft, Marketing Textil und Letherchemie, 1996). p. 1 – 52.
5. **AATCC, Technical Manual.** Tomo 2. Usa, 1997. p. 18 – 20.
6. MONTGOMERY, Douglas. **Diseño y análisis de experimento.** (México: Grupo Editorial Iberoamérica, S.A. de C.V., 1991). p. 441 - 490

BIBLIOGRAFÍA

1. AUSTIN, George. **Manual de procesos químicos en la industria.** México: Editorial Mc Graw Hill, 1990.
2. DOBY, Peter. **The Dyeing of Cellulosic Fibers with Reactive Dyes.** USA: International Dyeing Symposium AATCC., 1977.
3. MORRISON, Robert y Robert Boyd. **Química orgánica.** USA: Editorial Addison-Wesley Iberoamericana, S.A., 1990.
4. PINILLO, Luis Fernando. **Influencia de la dureza y cationes del agua de pozos en el proceso de teñido con colorantes reactivos y azóicos.** Tesis Ing. Químico. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, 1979.
5. **Colour Index.** The American Association of Textile, Chemists and Colorists.

APÉNDICE

FIGURA 1

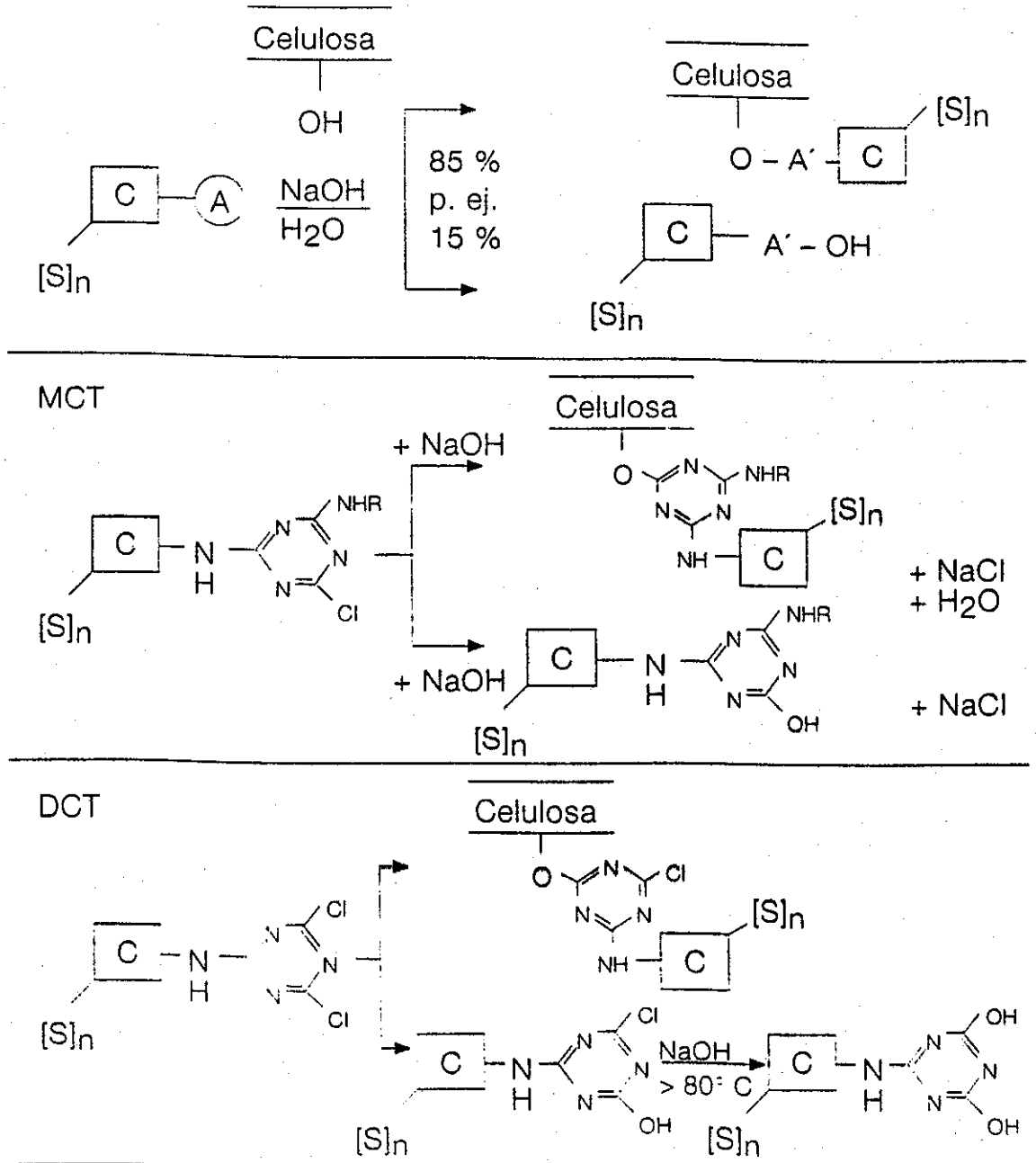
Estructuras básicas de los colorantes reactivos
(Tipos de ancla y de cromóforo)

| = ancla | = cromóforo |
|---|---------------------|
| VS - SO ₂ - CH ₂ - CH ₂ - OSO ₃ H/Na - SO ₂ - CH = CH ₂ | antraquinona |
| MFT | trifendioxacina |
| MCT | azo |
| DCT | complejo de azo |
| DOCH | ftalocianina |
| DFCP | formazán |
| TCP | |

Fuente: Productos para la industria textil: valoración ecológica, pág. 7,5.

FIGURA 2

Desarrollo esquemático de la fijación del colorante como reacción química en el proceso de tintura



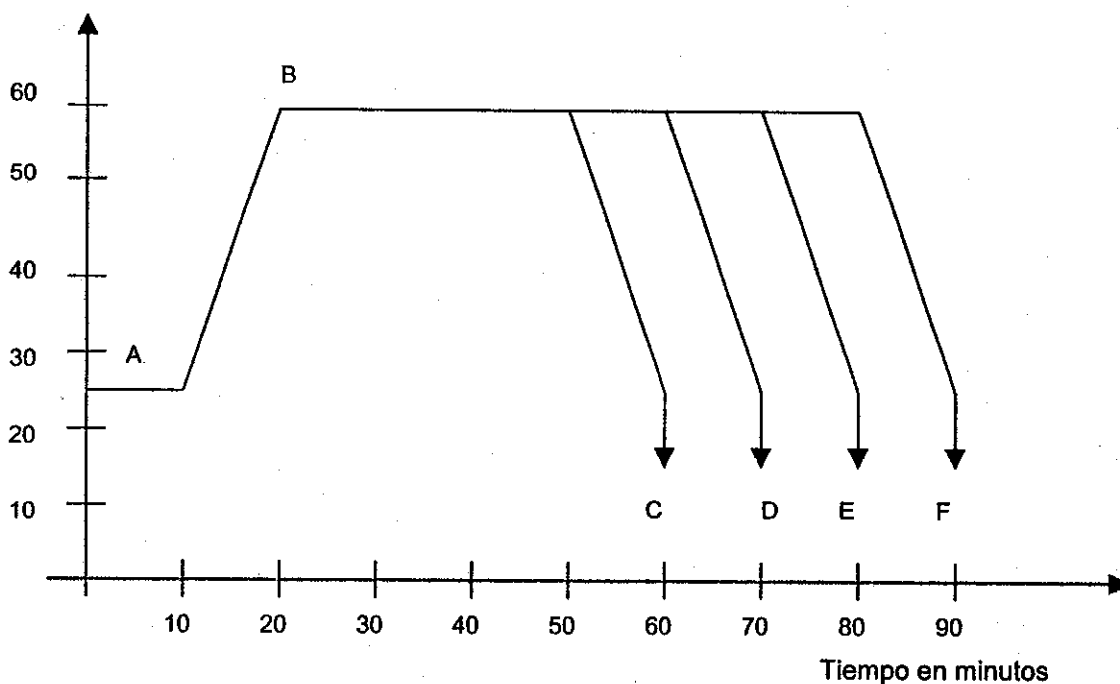
Fuente: **Productos para la industria textil: valoración ecológica**, pág. 7,7.

FIGURA No. 3

PROCEDIMIENTO DE TINTURA DE COLORANTES REACTIVOS

TEMPERATURA DE OPERACIÓN 60 °C

Temperatura en °C



A: X % Colorante
1 gr/lit Dekol SN
1 gr/lit Ludigol
Y gr/lit Sulfato de Sodio

B: Z gr/lit Carbonato de Sodio
W gr/lit NaOH a 38 °Be
Dejar t minutos a 60 °C

C: Para tonos claros, después de 20 minutos a 60 °C, bajar la temperatura, sacar las muestras y botar el baño

- D: Para tonos medios, después de 30 minutos a 60 °C, bajar la temperatura, sacar las muestras y botar el baño
- E: Para tonos oscuros, después de 40 minutos a 60 °C, bajar la temperatura, sacar las muestras y botar el baño
- F: Para tonos intensos, después de 50 minutos a 60 °C, bajar la temperatura, sacar las muestras y botar el baño

PROCESO DE LAVADO

- a) Lavar con agua templada;
- b) Lavar con agua a 60 °C;
- c) Lavar con 2 gr/lit Dekol SN y 0.5 gr/lit ácido acético al 50 %;
- d) Lavar con agua templada.

Recomendaciones par las cantidades de sal y álcali Relación de baño 1:10, algodón blanqueado

| Intensidad del tono | Porcentaje colorante % | Sulfato de sodio gr/lit | Carbonato de sodio gr/lit | Soda cáustica ml/lit a 38 °Be | Tiempo de fijación |
|---------------------|------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------------|--------------------|
| Claro | 0 – 1 | 20 – 30 | 5 | 0 – 0.5 | 20 min. |
| Mediano | 1 – 2 | 35 – 50 | 5 | 0.5 | 30 min. |
| Oscuro | 2 – 5 | 50 – 70 | 5 | 1 | 40 min. |
| Intenso | > 5 | 70 – 80 | 5 | 1.5 – 2 | 50 min. |

TABLA No. III
RESULTADOS DE LAS CORRIDAS EXPERIMENTALES

| PORCENTAJE DEL COLORANTE | CORRIDA | BASILEN AZUL F. R. | | APOLESO AZUL F. R. | |
|--------------------------|---------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|
| | | SOLIDEZ AL FROTE EN SECO | SOLIDEZ AL FROTE EN HUMEDO | SOLIDEZ AL FROTE EN SECO | SOLIDEZ AL FROTE EN HUMEDO |
| 0.1 % | 1 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | 2 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 0.5 % | 1 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | 2 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | 3 | 5 | 5 | 5 | 4 |
| | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 |
| 1.0 % | 1 | 5 | 5 | 4 | 4 |
| | 2 | 5 | 5 | 4 | 3 |
| | 3 | 5 | 5 | 3 | 3 |
| | 4 | 5 | 4 | 3 | 3 |
| | 5 | 5 | 5 | 4 | 3 |
| 1.5 % | 1 | 5 | 5 | 3 | 2 |
| | 2 | 5 | 4 | 3 | 3 |
| | 3 | 4 | 4 | 3 | 2 |
| | 4 | 5 | 5 | 2 | 3 |
| | 5 | 5 | 5 | 3 | 2 |
| 3.0 % | 1 | 5 | 4 | 2 | 2 |
| | 2 | 4 | 4 | 2 | 1 |
| | 3 | 5 | 5 | 3 | 2 |
| | 4 | 4 | 4 | 2 | 1 |
| | 5 | 5 | 4 | 2 | 1 |

TABLA No. IV
RESULTADOS DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO

TABLA No. IVa
ANÁLISIS COLORANTE / PORCENTAJE

| COLORANTE | PORCENTAJE | INDICE DE SOLIDEZ | RESULTADO |
|--------------------|------------|-------------------|---------------|
| Basilen Azul F - R | 0.10% | 5 | Buena solidez |
| Basilen Azul F - R | 0.50% | 5 | Buena solidez |
| Basilen Azul F - R | 1.00% | 4.9 | Buena solidez |
| Basilen Azul F - R | 1.50% | 4.7 | Buena solidez |
| Basilen Azul F - R | 3.00% | 4.4 | Buena solidez |
| Apollosol Azul R | 0.10% | 5 | Buena solidez |
| Apollosol Azul R | 0.50% | 4.8 | Buena solidez |
| Apollosol Azul R | 1.00% | 3.4 | Mala solidez |
| Apollosol Azul R | 1.50% | 2.6 | Mala solidez |
| Apollosol Azul R | 3.00% | 1.8 | Mala solidez |

TABLA No. IVb
ANÁLISIS COLORANTE / SOLIDEZ AL FROTE

| COLORANTE | SOLIDEZ AL FROTE | INDICE DE SOLIDEZ | RESULTADO |
|--------------------|------------------|-------------------|---------------|
| Basilen Azul F - R | Seco | 4.9 | Buena solidez |
| Basilen Azul F - R | Húmedo | 4.7 | Buena solidez |
| Apollosol Azul R | Seco | 3.7 | Mala solidez |
| Apollosol Azul R | Húmedo | 3.4 | Mala solidez |

TABLA No. IVc
ANÁLISIS PORCENTAJE / SOLIDEZ AL FROTE

| SOLIDEZ AL FROTE | PORCENTAJE | INDICE DE SOLIDEZ | RESULTADO |
|-------------------------|-------------------|--------------------------|------------------|
| Húmedo | 0.10% | 5 | Buena solidez |
| Húmedo | 0.50% | 4.9 | Buena solidez |
| Húmedo | 1.00% | 3.9 | Mala solidez |
| Húmedo | 1.50% | 3.5 | Mala solidez |
| Húmedo | 3.00% | 2.8 | Mala solidez |
| Seco | 0.10% | 5 | Buena solidez |
| Seco | 0.50% | 4.9 | Buena solidez |
| Seco | 1.00% | 4.3 | Buena solidez |
| Seco | 1.50% | 3.8 | Mala solidez |
| Seco | 3.00% | 3.4 | Mala solidez |