

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y TEXTIL



**“ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL EN
UNA TINTORERÍA DE TEJIDO DE PUNTO DE
ALGODÓN”**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO TEXTIL

POR LA MODALIDAD DE ACTUALIZACIÓN DE CONOCIMIENTOS

PRESENTADO POR:

IVÁN ARANA LA TORRE

LIMA – PERÚ

2006

Este trabajo se lo dedico a muchas personas que me ayudaron en su elaboración, pero en especial se lo dedico a mi señora madre Vilma y a mi señor padre Víctor por su ayuda y constantes fuerzas, a mi hermano Víctor por su ayuda y eterna alegría y a mi novia Rossana por su ayuda y paciencia.

RESUMEN

El presente trabajo “Análisis del Impacto Ambiental de una Tintorería de Tejido de Punto de Algodón” ha sido desarrollado con la finalidad de analizar los aspectos de tipo ambiental relacionados a una planta de tintorería de tejido de punto de algodón; es decir, analizar las causas de los procesos y los productos que se hacen y se usan respectivamente en una planta de tintorería y observar los niveles de contaminación que producen éstas.

Para tal efecto, el trabajo se ha enfocado en cuatro partes. El Capítulo I da una visión general de la industria textil y su efecto con el medio ambiente, seguido de una serie de definiciones de términos usados en trabajo.

En el Capítulo II se define los procesos productivos que más comúnmente se realizan en una tintorería de tejido de punto de algodón.

En el Capítulo III se da a conocer los niveles de contaminación que producen cada uno de los procesos productivos de un tintorería de tejido de punto de algodón, además se da a conocer el impacto ambiental que producen los efluentes.

El Capítulo IV muestra las causas y efectos de los procesos y productos en el medio ambiente. Aquí se va analizar e identificar cada una de las fuentes de residuos, reconociendo el potencial contaminante de los procesos y productos utilizados en una tintorería.

INDICE DE TESIS

INTRODUCCIÓN	9
CAPITULO 1: GENERALIDADES	11
1.1 TÉRMINOS Y DEFINICIONES	11
CAPITULO 2: PROCESOS QUÍMICOS DE UNA TINTORERIA DE TEJIDO DE PUNTO DE ALGODÓN	14
2.1 IMPUREZAS DEL ALGODÓN	15
2.1.1 IMPUREZAS NATURALES	15
2.1.1.1 Compuestos minerales	15
2.1.1.2 Compuestos nitrogenados	16
2.1.1.3 Materias Pécticas	16
2.1.1.4 Ceras	17
2.1.2 IMPUREZAS ADICIONADAS	18
2.2 PROCESO DE DESCRUDADO	18
2.2.1 SOLUCIONES EMPLEADAS EN EL DESCRUDADO	18
2.2.2 EFECTOS DEL DESCRUDADO	20
2.2.3 DEFECTOS PRODUCIDOS EN EL DESCRUDADO	21
2.3 PROCESO DE BLANQUEO	22

2.3.1 SOLUCIONES EMPLEADAS EN EL BLANQUEO	23
2.3.1.1 Hipocloritos	24
2.3.1.2 Peróxidos	26
2.4 PROCESO DE MERCERIZADO	28
2.5 PROCESO DE TEÑIDO	28
2.5.1 PROCESO DE TEÑIDO CON COLORANTES REACTIVOS	30
2.5.1.1 Parámetros en el teñido con colorantes directos	32
2.5.2 PROCESO DE TEÑIDO CON COLORANTES DIRECTOS	35
2.5.2.1 Parámetros en el teñido con colorantes reactivos	38
2.6 PROCESO DE ACABADO	41
2.6.1 PROCESO DE ACABADO CON ENZIMAS	41
2.6.2 PROCESO DE ACABADO CON RESINAS	42
2.6.3 PROCESO DE ACABADO CON SUAVIZANTES O SILICONAS	42
CAPITULO 3: CONTAMINACIÓN DE LOS EFLUENTES ACUOSOS POR PROCESO	43
3.1 CONTAMINACIÓN DE LOS EFLUENTES TEXTILES	44
3.1.1 CONTAMINACION DE LOS EFLUENTES POR PROCESO	46
3.1.1.1 Proceso de Descrude / Blanqueo	46
3.1.1.2 Proceso de Teñido	47
3.1.1.3 Proceso de Mercerizado	48

3.1.1.4 Proceso de Acabado	49
3.2 IMPACTO AMBIENTAL Y SALUD HUMANA	51
3.2.1 EL IMPACTO AMBIENTAL	51
3.2.1.1 Efectos de los efluentes textiles en el alcantarillado	52
3.2.1.2 Efecto de los efluentes textiles en el tratamiento biológico	52
3.2.1.3 Efectos de los efluentes textiles en aguas superficiales	53
3.2.1.4 Efectos de los efluentes textiles en agua para abastecimiento domestico	54
3.2.1.5 Efectos sobre la calidad del aire	54
3.2.2 EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL	55
3.2.3 COMO REDUCIR ESTE IMPACTO	56
3.2.4 POSIBILIDADES DE REDUCCIÓN DEL IMPACTO EN LA INDUSTRIA TEXTIL	57
3.2.4.1 Optimización del proceso productivo	57
3.2.4.2 Sustitución de insumos de interés sanitario	57
3.2.4.3 Optimización en la dosificación de insumos	58
3.2.4.4 Recuperación de insumos y volúmenes de agua	58
3.2.4.5 Uso de fuentes alternas de abastecimiento de agua	59
3.2.4.6 Tratamiento y disposición de los residuos	59

CAPITULO 4: PROCESOS Y PRODUCTOS CAUSANTES DE LA CONTAMINACIÓN DE LOS EFLUENTES ACUOSOS	60
4.1 FUENTES TÉRMICAS	63
4.2 FUENTES DE ALCALINIDAD / ACIDEZ: pH	65
4.3 FUENTES DE TURBIEDAD Y COLOR	66
4.4 FUENTES DE SÓLIDOS	67
4.4.1 EFECTO DE LOS SÓLIDOS	68
4.5 FUENTES DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO) y LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	70
4.5.1 PROCESO DE DESCRUDADO	71
4.5.2 PROCESO DE BLANQUEO	72
4.5.3 PROCESO DE TEÑIDO	72
4.5.4 PROCESO DE ACABADO	74
4.5.5 EFECTO DEL DBO	75
4.6 FUENTES DE COMPUESTOS TÓXICOS	76
4.6.1 EFECTO DE LOS METALES	77
4.6.2 EFECTO DE LOS DETERGENTES	79
4.6.2.1 Eutrofización	81

4.6.2.2 Los Fosfatos	83
4.6.3 EFECTO DE LOS AGENTES DE LIMPIEZA	84
4.7 FUENTES DE EMISIÓN AL AIRE	85
4.8 FUENTES DE CONTAMINANTES QUÍMICOS	88
4.8.1 EFECTO DEL POLVO DE ALGODÓN	88
CONCLUSIÓN	90
BIBLIOGRAFÍA	91
ANEXO	94
Caso: Análisis del efluente de una planta textil	95

INTRODUCCIÓN

La Industria Textil en nuestros tiempos es una real industria manufacturera que tiene un constante progreso y desarrollo tecnológico y de producción, así podemos decir que la actividad Textil es la más grande y extendida a escala mundial, debido a que ella se da posiblemente en todas las regiones y países del mundo.

En la Industria Textil se puede mencionar que la fabricación de artículos de fibras naturales es el más importante debido a su gran demanda, es por esta razón que más del 50% del total de fibras textiles que se consume como materia prima, son fibras naturales, dentro de las cuales el algodón representa el 43 a 45%, mientras el consumo de lana significa sólo el 5% del total mencionado, siendo el resto las que corresponden a otras fibras naturales de menores requerimientos, como el lino, yute, etc. Lo cual significa que la industria textil continuará dependiendo fuertemente del campo y de la agricultura como uno de los proveedores de estas excelentes materias primas, en especial el algodón.

Pese al constante incremento y diversificación que se da en el caso de la producción de las fibras sintéticas, que año a año se incrementa en una forma continua, las estadísticas y proyecciones correspondientes muestran que el algodón seguirá siendo la fibra básica para la industria textil, aun cuando el incremento de producción de esta fibra no sea significativo y se mantenga más o menos la producción constante; el algodón gracias a sus excelentes cualidades textiles continuará siendo la más importante fibra en comparación con cualquier otra en particular.

En los tiempos actuales cada nueva planta que se instale deberá hacerlo utilizando la tecnología apropiada, o mejor aun las modernas tecnologías, las cuales están basadas no solamente en bajar costos de fabricación sin bajar la calidad, sino que además las nuevas tecnologías están fundamentadas en procedimientos ecológicos, vale decir en procedimientos limpios, desde el punto de vista ambiental.

Como ya se conoce, la industria textil es altamente consumidora de agua, pero además es altamente contaminante del medio acuoso, especialmente en la etapa húmeda de la misma, tal como son los procesos de descruce, blanqueado, mercerizado, teñido,

acabado, etc., acentuándose este grado de contaminación del agua en el caso de fábricas de altos volúmenes de producción, con sistemas y equipos de trabajo mediante el proceso a la continua. Pero las nuevas tecnologías utilizan productos, equipos y procedimientos de nueva concepción, basados como se dijo con la misma importancia en el concepto de una mínima contaminación del agua. Así estas nuevas instalaciones para los procesos a la continua llevan los dispositivos correspondientes para la recuperación del agua y purificarla, para reciclar los productos que no sufren desnaturalizaciones durante el proceso, etc., mientras que los desperdicios son incinerados, recurriendo siempre al criterio de utilizar agentes químicos de buen perfil o comportamiento ecológico fabricados con este importante criterio.

Los importantes avances que se han venido dando desde el punto de vista ambiental en todos los sectores y aspectos científicos, y el avance de la química aplicada, ha permitido la fabricación de nuevos tipos de colorantes, así como también de diversos tipos de agentes químicos, que en calidad de agentes auxiliares de tintura y del acabado textil utiliza esta industria, con los cuales es posible ahora trabajar con procedimientos tecnológicos totalmente mejorados desde el punto de vista ambiental. Es decir, con niveles de contaminación o de polución debidamente controlados y dentro de los niveles estándares establecidos con este fin, al punto de que la Industria Textil está ya dejando de ser una de las altamente contaminantes del medio ambiente, para convertirse en una "Industria Limpia", desde el punto de vista ambiental. Así mismo el avance en las diversas ramas de la Ingeniería como la mecánica, la eléctrica, la electrónica, etc. ha permitido el diseño y la construcción de equipos y maquinaria de funcionamiento automático en los cuales los procedimientos y los procesos pueden llevarse a cabo en forma muy eficiente y controlada, lo cual también redundará en un mejor control ambiental, sin dejar de ser procedimientos rentables, y con los cuales la calidad de la producción y los costos de fabricación están optimizados.

CAPITULO 1:

GENERALIDADES

1.1 TERMINOS Y DEFINICIONES

Muchos términos nuevos observaremos en este trabajo; algunos de éstos se definen a continuación.

Medio Ambiente

Desde el punto de vista ecológico está referido al total de las condiciones naturales circundantes que afecta la vida o la existencia de todos los organismos vivientes en la tierra.

Polución

Polución significa contaminación, se refiere por lo tanto a una alteración desfavorable del medio ambiente natural producido por una variación de las condiciones de vida de los organismos, aún cuando las alteraciones o contaminaciones puedan tener origen natural o por la actividad humana.

Efluente

Para nuestro fin lo definiremos desde el punto de vista de la ingeniería química, se refiere a cualquier líquido que se descarga como resultado de un determinado proceso y se llama también agua o licor de proceso.

Toxicidad del Agua

Para nuestro fin la toxicidad referida al medio ambiente acuoso, se refiere a la calidad o grado de ser venenosas de las diversas sustancias químicas y de compuestos utilizados en la industria textil.

Biodegradabilidad

Es la destrucción o degradación de una o más sustancias de naturaleza orgánica mediante procesos biológicos y una definición concreta significa la sucesiva reducción en el tamaño molecular de un compuesto orgánico debido a la acción microbiana hasta el límite de las moléculas más pequeñas o más simples como son las del dióxido de carbono, las del metano ó de otros compuestos simples que ya no son susceptibles de una degradación posterior natural.

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

Llamada también “demanda biológica de oxígeno”, es la medida de la cantidad de oxígeno requerida para la oxidación de la materia orgánica biodegradable presente en la muestra de agua y como resultado de la acción de oxidación bioquímica aerobia.

Demanda química de oxígeno (DQO)

Es la medida de la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química de la sustancia orgánica contenido en un líquido.

Halógenos orgánicos absorbidos (AOX)

Es la medida que determina la presencia de Cl, Br, I.

CAPITULO 2:

**PROCESOS QUÍMICOS DE UNA
TINTORERIA DE TEJIDO DE
PUNTO DE ALGODÓN**

2.1 IMPUREZAS DEL ALGODÓN

Las impurezas que acompañan al algodón se pueden dividir en dos grupos atendiendo a su origen: aquellas sustancias que se producen durante la fase natural de formación de la fibra, es decir de origen natural, y están en forma significativa en las fibras naturales y dependiendo de su origen; y las sustancias que se adicionan a la fibra en los diferentes ciclos productivos de hilandería y tejeduría.

2.1.1 IMPUREZAS NATURALES

Los constituyentes no celulósicos de la fibra del algodón no pueden ser fijados con exactitud (aprox. el 10% son impurezas en el algodón crudo) ya que las fibras varían con las variedades de algodón y condiciones climatológicas habidas durante el cultivo. La composición aproximada de la fibra de algodón es la siguiente:

CUADRO 2-1

Composición de la fibra de algodón

COMPOSICIÓN	PORCENTAJE (%)
Celulosa	80 - 85
Agua	6 - 8
Compuestos minerales	1 - 1.8
Compuestos nitrogenados	1 - 2.8
Materias pépticas	0.4 - 1
Ceras	0.5 - 1
Residuos de pigmentos, motas, etc.	3 - 5

2.1.1.1 Compuestos minerales

Son en su mayoría sales sódicas, potásicas, cálcicas y magnésicas (a veces se encuentran también algunos compuestos de fósforo y hierro) mezcladas con pequeñas cantidades de polvo y tierra. Se eliminan por disolución en agua.

2.1.1.2 Compuestos nitrogenados

Las materias nitrogenadas proceden del protoplasma de la célula de algodón (cada fibra de algodón es una célula). El contenido de las materias nitrogenadas oscilan entre el 0.2 y 0.4 % según el tipo de algodón.

La composición química aproximada de las materias nitrogenadas es la siguiente:

- Proteínas.
- Aminoácidos.
- Complejos nitrogenados asociados con materia colorante.

Las propiedades de estas sustancias nitrogenadas no son bien conocidas, pero se sabe que por maceración en agua se eliminan en un porcentaje, que oscila del 8 – 30 %, y que los tratamientos alcalinos sustraen de la fibra un 80 – 90 %, bien por disolución o por descomposición hidrolítica a través de varias etapas tal como se indica a continuación.

Proteínas → Proteasa → Peptona → Polipéptidos → Péptidos (más solubles) → Aminoácidos (solubles)

Un elevado contenido de nitrógeno en los artículos acabados favorece el desarrollo de bacterias y mohos.

2.1.1.3 Materias Pécnicas

La constitución química de estas materias no está completamente determinada. 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 ($C_6 H_{10} O_5$)_n y la pectina ($C_{32} H_{40} O_{28}$). La pectosa por acción de fermentos y soda cáustica o hidróxido de sodio (NaOH) pasa a pectina, que es soluble en agua caliente y en soluciones alcalinas. Las soluciones alcalinas originan las siguientes transformaciones:

Pectina \rightarrow Ácido Pécico ($C_6H_{22}O_{16}$) \rightarrow Ácido Metapécico (soluble).

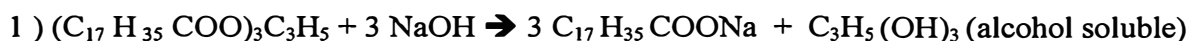
Prácticamente todas las sustancias pécticas se eliminan de la fibra por ebullición en autoclave, no siendo fácilmente eliminables por agua sola a la ebullición. Una solución al 1% de sosa cáustica durante $\frac{1}{2}$ hora, es suficiente para la operación de eliminación.

2.1.1.4 Ceras

Estas sustancias son las más difíciles de eliminar en el proceso de purificación de la fibra. La razón por la cual se desea eliminarlas es por que el algodón recubierto de ceras no se deja mojar fácilmente, y por consiguiente las sustancias disueltas en soluciones acuosas no pueden penetrar fácil y uniformemente a través de hilos y tejidos; ello trae como consecuencia una distribución lenta y desigual de los colorantes y de todas aquellas sustancias que emplean el agua como vehículo de transporte a través de la fibra, ocasionando diferencias en los procesos de tintura y de acabado.

Las ceras se componen principalmente de ácidos grasos libres, ésteres y un 40 % de alcoholes de elevado peso molecular. Los ácidos palmítico, oleico y esteárico constituyen del 15 - 20 % de las ceras y forman jabones de alto poder detergente y emulsionante en contacto con las soluciones alcalinas.

Los ésteres que se encuentran en las ceras pueden clasificarse en dos categorías; aquellos que son fácilmente hidrolizables en soluciones alcalinas y los que difícilmente son hidrolizables (ceras propiamente dichas), que requieren por ello altas temperaturas y fuertes concentraciones alcalinas. Las dos reacciones de hidrólisis son las siguientes:



El alcohol de bajo peso molecular formado en la primera reacción es soluble en agua, el segundo es insoluble y debe ser eliminado con sustancias que tengan un alto poder de emulsificación.

Los alcoholes presentes en las ceras del algodón son del tipo $C_nH_{2n+1}OH$ y constituyen el 40 % de las sustancias de ceras. Los alcoholes que existen en mayor proporción son el Gossypyl ($C_{30}H_{63}OH$) y el Montanyl ($C_{28}H_{57}OH$). Estos alcoholes son insolubles en agua, pero presentan una pequeña tensión interfacial con relación al agua, por lo que se eliminan por emulsificación con facilidad.

2.1.2 IMPUREZAS ADICIONADAS

Las impurezas adicionadas son principalmente:

- a) Aceites minerales empleados en la hilatura.
- b) Aceites minerales empleados en la tejeduría.

El empleo de aceites minerales, generalmente es aproximadamente el 0.25% sobre el peso de la fibra. Las impurezas son de suma importancia debido a las dificultades que presentan su eliminación, para lo cual debe ser eliminadas con sustancias que tengan un alto poder de emulsificación.

2.2 PROCESO DE DESCRUDADO

El descrude sirve para eliminar las impurezas naturales y adquiridas de las fibras y tejidos. El tejido de algodón contiene impurezas naturales como cera, pectina y alcoholes, así como impurezas provenientes de su procesamiento tales como la suciedad y el aceite. Estas sustancias se eliminan del tejido mediante detergentes alcalinos o soluciones jabonosas. Además, el descrude del algodón hace que las fibras se vean más blancas y sean más absorbentes en los procesos siguientes, como en el blanqueo, en el teñido, etc.

2.2.1 SOLUCIONES EMPLEADAS EN EL DESCRUDADO

Todas las soluciones detergentes empleadas son alcalinas. Los tipos más usados son las siguientes.

a) Soluciones de NaOH:

Estas soluciones son las más empleadas. Actúan sobre los ésteres saponificándolos, sobre los ácidos palmítico, oleico y esteárico produciendo jabones, hidrolizan las proteínas y eliminan las materias pécticas, evitando, por tanto, la redeposición de las impurezas. La mínima concentración de NaOH aceptable para que no haya redeposición es 0.7°Be. Esto nos obliga a llevar un control de la operación durante el proceso y en especial al final. La concentración empleada varía entre 1.5° a 4° Be.

b) Soluciones de NaOH con Na₂CO₃:

Estas soluciones se aplican a artículos en los que debido a la naturaleza y cantidad de las impurezas a eliminar se necesita un agente estabilizante de la dispersión. Cuando dicha estabilización no se puede lograr con Na₂CO₃ se emplea Na₂SiO₃. Las concentraciones de las soluciones empleadas son 10 gr/l Na₂CO₃ y NaOH de 1°Be aproximadamente.

c) Solución de Na₂CO₃ con jabón:

Cuando el artículo lleva manchas de aceites minerales, o ha sido encimado con ellos, tal como ocurre en los regenerados, es necesario usar jabón o un detergente sintético, que las elimine por emulsificación. Si se emplea jabón debe trabajarse a presión atmosférica y a temperatura moderada.

La composición de la solución de descrudado en este caso es la siguiente:

- 5 gr/l de jabón que contenga un 20 % de ácido graso.
- 6 ó 7 gr/l de NaOH o bien de 15 a 20 gr/l de Na₂CO₃.

d) Soluciones de NaOH con detergentes sintéticos:

Estas soluciones son las actualmente se usan con mayor frecuencia, ya la combinación de estos dos productos nos garantizan un buen proceso de descrudado.

2.2.2 EFECTOS DEL DESCRUDADO

a) Pérdida de Peso:

Esta pérdida de peso varía de un 4-6 %, esta depende del descrudado que se efectúe y de la clase de algodón a descruar.

La pérdida de peso es menor al aumentar la concentración de NaOH, en contra de lo que se cree muchas veces que un aumento de la concentración de NaOH trae consigo una considerable pérdida de peso. La mayor parte de impurezas son eliminadas en el descrudado a 100 °C y presión atmosférica. Para determinar bien la pérdida de peso es necesario acondicionar las muestras antes y después del descrudado.

b) Pérdida de Longitud:

Varía bastante con la clase de descrudado que se efectúe, pero no pasa nunca de un 2.5%. La estructura del tejido influye notablemente en la contracción.

c) Alteración en la Torsión:

Esta es de dos clases. Si las fibras han estado sometidas a cualquier acción mercerizante, la torsión natural de las fibras tenderá a disminuir. Por otro lado, existe también un incremento en el número de vueltas por metro, en la torsión dada en la hilatura; esto es debido al encogimiento y adelgazamiento del hilado.

d) Alteración en el Título:

Esto es función de la pérdida de peso, y de la contracción. A mayor pérdida de peso mayor título se obtendrá, y a mayor contracción menor será el título (hablando de título inglés Ne utilizado para el algodón); debido a esto la alteración del título es la diferencia entre estas variaciones. Dicha variación viene a representar un aumento de un 4% aproximadamente en el título del hilado.

e) Aumento de Resistencia:

Este es función del encogimiento, siendo una prueba de que el proceso de descrudado ha sido bien conducido; sino se observa dicho aumento es que hay alguna falta en dicho descrudado. Por regla general, el incremento de la resistencia es de un 20%.

Debido a las propiedades que el residuo de ceras confiere a los tejidos de algodón, se ha de procurar el que aquel no sea inferior a 0.1%, ya que entonces el tacto de los hilados y tejidos se vuelve áspero y quebradizo. Es conveniente un residuo graso de un 0.25% para que les confiera un tacto adecuado, si bien no se debe sobrepasar este, ya que entonces puede haber lugar a amarillamientos posteriores.

2.2.3 DEFECTOS PRODUCIDOS EN EL DESCRUDADO

Estos defectos pueden ser visibles, como las manchas superficiales de mal aspecto, etc, o las invisibles, como el ataque a la fibra, las manchas que aparecen después de teñir, el amarillamiento de ésta producido después de almacenado cierto tiempo, etc. En una pieza se notan a veces diferentes defectos, los principales son los siguientes.

a) Manchas Orgánicas:

Las manchas de aceites y parafinas son debidas a los procesos de tisaje y de acabado, por estar las máquinas mal lubricadas; su eliminación no es posible por medio de un descrudado corriente, siendo preciso un disolvente (como el tricloroetileno) mezclado con un jabón de gran poder emulsionante.

b) Manchas Minerales:

Las manchas de $\text{Fe}(\text{OH})_3$ se encuentran localizadas o formando aureolas y son debidas al mal estado de las autoclaves, o bien a que el agua empleada, en especial si es muy alcalina, corroe las conducciones de hierro, liberando de esta forma partículas de hierro, las cuales se depositan sobre las fibras como un precipitado de $\text{Fe}(\text{OH})_3$ quedando de esta forma adherida a éstas. La forma actual de eliminarlas es tratándolas con un agente secuestrante de hierro y luego enjuagarlo.

c) Fibras Mal Descrudadas:

Varios son los indicios que nos muestran si las fibras están mal descrudadas, como: tacto pegajoso y/o duro, blanco desiguales y/o defectuoso, tinturas desiguales, etc. Entre otras las principales causas de un mal descrudado tenemos: empleo de aguas duras, trabajar a temperatura o presión inadecuada, falta de concentración de la soda, en especial al final del proceso, y mala distribución del artículo en el interior de la máquina cerrada como por ejemplo en autoclave, jet, etc; en este caso el efecto es parcial, no siendo frecuente cuando el descrudado se efectúa máquina abierta como por ejemplo en barca.

La solución en todos los casos es volver a descruar con baños cuya composición detergente sea abundante.

2.3 PROCESO DE BLANQUEO

Además de las impurezas ya señaladas, existen otras de tipo leñoso y coloreadas que no se eliminan en el descrudado, por lo que las fibras celulósicas a la salida de esta operación quedan aún con un color amarillento.

El algodón toma tonalidades según su procedencia. Esta diferencia de coloración se debe a diferentes grados de oxidación de un pigmento común a todas las variedades. La constitución de este pigmento no ha sido determinada exactamente, pero se supone que pertenece a la familia de las flavonas, antozianinas o bien que contiene ácido clorogeno.

Si el tejido que se desea operar debe quedar blanco o teñirse en tonos claros, es necesario eliminar este pigmento mediante oxidantes, dependiendo la pureza del blanco obtenido de la intensidad de blanqueo, pero éste debe ser limitado para no perjudicar la resistencia de la celulosa. En tejidos que se desea que sean oscuros no es necesario realizar un blanqueo, pero puede hacerse superficialmente para mejorar la hidrofiliidad del tejido y lograr así una tintura regular.

Entre los oxidantes se encuentran: halógenos, hipocloritos, permanganatos, ácido crómico, ácido periódico y dióxido de nitrógeno. Éstos sirven para eliminar el pigmento que le da una coloración amarillenta al tejido.

Para realizar una operación de blanqueo se debe tener en cuenta los oxidantes y el pH de la solución.

El blanqueo es un proceso común conocido como proceso de tratamiento previo, y se usa para blanquear el algodón. Además de eliminar el color, el blanqueo puede disolver las pectinas naturales, las ceras y pequeñas partículas de materias extrañas. Se lleva a cabo inmediatamente después del descrude o mercerizado y antes del teñido o el estampado. Se puede emplear recipientes, jigger o equipo continuo. En la actualidad el blanqueo se realiza básicamente con peróxido de hidrógeno.

2.3.1 SOLUCIONES EMPLEADAS EN EL BLANQUEO

En el blanqueo de las fibras celulósicas, se emplean dos tipos de soluciones oxidantes:

1° Soluciones acuosas de compuestos que contienen cloro en su constitución; entre ellos tenemos compuestos inorgánicos tales como:

- Los hipocloritos.
- Los cloritos.

2° Soluciones acuosas de compuestos oxidantes que no contiene cloro en su molécula, y principalmente son:

- Peróxidos.
- Perboratos.

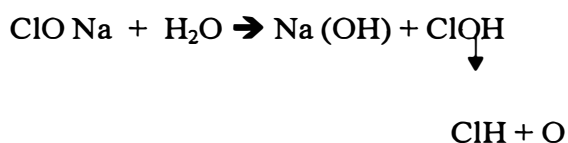
Actualmente las más usadas de los dos grupos son el hipoclorito de sodio y el peróxido de hidrógeno, con aproximadamente un 5% y 95 % respectivamente.

2.3.1.1 Hipocloritos

Las soluciones de hipoclorito de sodio (NaClO) empleadas, están constituidas por el hipoclorito de sodio (NaClO) y algunas sales tampón para regular la descomposición del hipoclorito, pudiéndose citar entre ellas, el carbonato de sodio (Na₂CO₃), el hidróxido de sodio (NaOH), el fosfato de sodio (Na₃PO₄), etc. La composición de las sales tampón, depende en parte del procedimiento seguido en la fabricación del hipoclorito sódico.

Reacción de Descomposición:

La acción blanqueante de estos compuestos puede representarse por la siguiente reacción.



Este oxígeno es el que efectúa el blanqueo de la fibra, por lo que se puede afirmar que el hipoclorito es el medio de que nos valemos para transportar el oxígeno sobre la materia textil a blanquear.

Como reacciones importantes de los hipocloritos que se pueden considerar básicas para la interpretación del blanqueo, tenemos:

a) Hidrólisis:

El hipoclorito de sodio se hidroliza en determinado grado cuando se pone en contacto con agua, liberando ácido hipocloroso y formando el correspondiente hidróxido; la reacción es reversible.





Según las tres ecuaciones, al favorecer el desplazamiento de la ecuación (2) hacia la derecha por la descomposición del ácido hipocloroso y neutralización subsiguiente del hidróxido, las soluciones acuosas de los hipocloritos tienen tendencia a descomponerse perdiendo poder oxidante. Para evitar este inconveniente, es necesario poder detener la hidrólisis, mediante la adición de hidróxidos que regulen la reacción en la forma que deseemos.

b) Acción de los Ácidos:

Los ácidos fuertes tales como el H_2SO_4 y el HCl , pueden liberar ácido hipocloroso o cloro de una solución de hipoclorito, según la cantidad usada. Cuando se usan pequeñas cantidades, el principal producto liberado es el ácido hipocloroso.



Cuando se añade más ácido del requerido en esta ecuación, el ácido hipocloroso se descompone.



La reacción (4) tiene mucha importancia en la etapa de blanqueo industrial, conocida por "acidulado", ya que el ClOH formado se descompone con desprendimiento de HCl y O , el cual actúa sobre la fibra blanqueándola. La reacción (5) no es conveniente por cuanto el cloro (Cl_2) formado no actúa tan rápidamente y se pierde a la atmósfera.

La acción del ácido carbónico, en su forma de CO_2 existente en la atmósfera, es bastante importante, ya que actúa sobre la NaOH , produciendo su neutralización.



Esta neutralización afecta el equilibrio de las reacciones (1) y (2), favoreciendo el desplazamiento hacia la derecha y por consiguiente la descomposición del hipoclorito según la reacción (4). Las soluciones de hipoclorito pierden poder blanqueante cuando se

dejan expuestas varios días a la acción atmosférica, sobre todo si no tienen un exceso de compuesto alcalino.

c) Acción de los Álcalis:

La acción de los álcalis sobre los hipocloritos es opuesta a la de los ácidos, o sea desplaza el equilibrio de las ecuaciones (1) y (2) hacia la izquierda, y por consiguiente retardan o anulan la descomposición del hipoclorito.

d) Acción de las Sales:

Cuando a una solución de hipoclorito se añaden sales como CaCl_2 o NaCl , se produce desprendimiento de cloro.



Otras variables también influyen en el blanqueo como son: El pH, soluciones amortiguadoras, la concentración y la temperatura, la duración del blanqueo y del material que se trata.

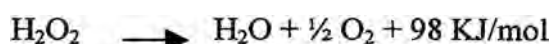
2.3.1.2 Peróxidos

Los peróxidos empleados como agentes de blanqueo son usualmente los de sodio e hidrógeno. El primero da soluciones de blanqueo ligeramente más económicas de precio que el segundo, si bien éste ofrece mayor facilidad de manipulación y en algunos procesos de blanqueo es insustituible.

Peróxido de Hidrógeno:

Las soluciones de peróxido de hidrógeno (H_2O_2), se encuentran en el comercio a varias concentraciones, siendo preferible el empleo de las de una riqueza de 130 ó 200 vol O_2/lt de solución. El H_2O_2 se encuentra ligeramente acidificado a fin de evitar su descomposición, que como se sabe es rápida en medio alcalino y lenta o casi nula en medio ácido.

El H_2O_2 termodinámicamente es un compuesto inestable, su descomposición se produce mediante una reacción exotérmica:

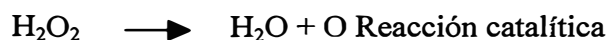


Es decir, que al descomponerse se produce calor; éste se descompone prontamente cuando existe la presencia de algunas impurezas, como agentes reductores así como también de radiaciones ultravioletas. Esto obliga que su almacenamiento sea en un lugar seco, ventilado y en sombra.

El H_2O_2 es un ácido débil con una constante de ionización $K=2.4 \cdot 10^{-12}$; su ionización es como sigue:



Además la presencia de algún tipo de impurezas como ocurre normalmente, es en forma de cationes de metales pesados, es decir, fierro, plomo o sus sales, estas sales metálicas son consideradas como catalizadores del H_2O_2 , esto implica que la reacción se produzca en forma violenta. También son considerados catalizadores los residuos de las enzimas que quedan en la tela. La reacción que se produce violentamente es como sigue:



Sin embargo, en ausencia de estos catalizadores o de cualquier otra impureza, la descomposición del H_2O_2 se realiza lento; en medio alcalino el H_2O_2 es menos estable que en medio ácido es decir que un aumento de la estabilidad se aprecia a $\text{pH}=7$ o $\text{pH}<7$; en el comercio se usa $\text{pH}=5$ y no se descompone, pero por encima de $\text{pH}=7$ se descompone y se desestabiliza.

2.4 PROCESO DE MERCERIZADO

Se trata de un acabado de acción permanente para algodón o lino. Es un acabado irreversible que consiste en una modificación estructural y morfológica no química de la celulosa del algodón, que se logra con los agentes hinchantes de la celulosa. Con respecto a este cambio en la estructura de la celulosa (hinchamiento), normalmente se observaba esta modificación hasta con agua sola, es decir al sumergir en agua se produce un hinchamiento del 20%, pero este es reversible, por lo que el agua no es considerado un agente hinchante del algodón; sin embargo, el proceso de mercerizado es producido por un agente hinchante y este hinchamiento es irreversible.

Por lo tanto, el mercerizado es un tratamiento que se le hace al artículo de algodón con un agente hinchante, como una solución de soda caústica. Los beneficios que se buscan en el proceso son el mejoramiento del lustre, la resistencia a la tensión, el rendimiento del colorante, la cobertura del algodón muerto y la estabilidad dimensional. Todas estas propiedades sufren la influencia de la concentración alcalina, de la temperatura y del tiempo de reposo en el álcali antes del lavado.

2.5 PROCESO DE TEÑIDO

El teñido es la operación más compleja de todo el procedimiento húmedo. Se lleva a cabo fundamentalmente por razones de estética, en la medida en que no contribuye a la integridad básica estructural, la capacidad de desgaste o la durabilidad del producto final. Sin embargo, desempeña un papel importante en la comercialización de los productos textiles.

La función del teñido es la de fijar moléculas de la materia colorante en las fibras textiles. El color observado es el resultado de las ondas de luz absorbidas y reflejadas por las materias colorantes.

El mecanismo de teñido de las fibras textiles pueden resumirse de la siguiente manera:

- Migración de la solución del colorante a la interfase, acompañada de adsorción en la superficie de la fibra.
- Difusión de la solución del colorante de la superficie hacia el centro de la fibra.
- Fijación de las moléculas del colorante mediante enlaces covalentes o puentes de hidrógeno o mediante otras fuerzas físicas.

El teñido de tejidos es el método que más se utiliza el día de hoy. Se le prefiere al teñido de la hebra por ser un proceso continuo o semicontinuo y porque una planta no tiene que procesar grandes lotes para que le resulte rentable. Los métodos empleados son el de inyector en tina, el de jigger y en continuo.

El teñido en tina se efectúa con el tejido en forma de cuerda. Se utilizan tanto máquinas bajo condiciones atmosféricas y también a presión. En cualquiera de los casos, se hace girar el tejido, conectado de extremo a extremo, a través del baño de tintura pasando sobre el mismo un gran tambor giratorio. Se puede teñir de doce a más vueltas de tejido uno al lado del otro, separados por tabiques divisorios. La longitud de cada vuelta es tal que el tejido descansa sobre una pila en el fondo de la tina por corto tiempo. Deben proporcionarse las condiciones adecuadas y un determinado tiempo de permanencia al igual que en los métodos previamente descritos. El teñido con inyectores también se lleva a cabo con el tejido en forma de cuerda. Las máquinas con inyectores son similares a las tinas a presión con la excepción de que cada vuelta de tejido pasa a través de una tobera Venturi. Una bomba hace circular el baño de tintura a través de los tubos y la succión en la tobera Venturi hace que el tejido gire. Las máquinas de inyección han mejorado ciertas deficiencias del teñido en tinas ya que permiten relaciones de baño más cortas (menos baño de tintura por unidad de peso del tejido), reducen el riesgo de que el tejido se enrede, ofrecen una temperatura más uniforme, reducen el estiramiento del tejido ocasionado por la tensión y disminuyen la formación de pliegues en los tejidos sintéticos. El teñido por inyección es especialmente adecuado para las fibras sintéticas.

El teñido con jigger se hace con el tejido a lo ancho. Existen equipos que funcionan bajo condiciones atmosféricas y también a presión. El teñido se logra enrollando lentamente el tejido en rodillos que se encuentran sobre una cuba poco

profunda llena con los baños de teñido. Los rodillos giran alternadamente en el sentido de las agujas del reloj y viceversa, moviendo así la tela a través del baño de tintura. La inmersión completa se produce gracias a unos rodillos guía en el fondo de la cuba. Debido a que solo unos pocos metros de tejido están sumergidos a la vez, es posible trabajar con una cantidad bastante reducida de baño

El teñido continuo también se lleva a cabo con el tejido a lo ancho. Se realiza bajo condiciones atmosféricas en lo que se denomina “trenes de teñido continuo”. Estos trenes por lo general están conformados por una serie de cubas profundas a través de las cuales se tiñe y oxida el tejido, artesas de enjuague que eliminan el exceso de baño de tintura y cilindros de metal giratorio para el secado.

Nuestra industria textil es principalmente algodонера, por lo que a continuación se explica el uso de los principales colorantes utilizados para el teñido de las fibras celulósicas:

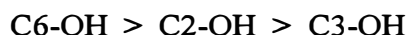
2.5.1 PROCESO DE TEÑIDO CON COLORANTES REACTIVOS

El algodón es un polímero de celulosa que consiste de anillos de d-glucopiranosos unidos en los carbonos 1 y 4. Por lo tanto la celulosa puede ser referida como un alcohol polihídrico, capaz de reaccionar como tal.

Los compuestos alcohólicos poseen en cada grupo oxidrílico un átomo de hidrógeno ligado a un 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 oxidrílico del agua.

En los alcoholes polihídricos, 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.

Los alcoholes polihídricos pueden ser más ácidos que el agua, por lo que a 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 del anillo del cual está compuesta, los que disminuyen en acidez en el siguiente orden:



Es de suponer que el alcohol primario estará más pronto a reaccionar que el secundario ligado al carbono 2, y éste a su vez que el del carbono 3.

CUADRO 2-2

Velocidad de reacción de algunos compuestos comparando con el alcohol.

COMPUESTO	VELOCIDAD RELATIVA DE REACCION
Agua	1.0
Alcohol metílico	12.3
Alcohol etílico	7.4
n-propanol	4.0
Iso-propanol	0.7
Glucosa	5.5

Es importante notar en el cuadro 2-2 que la velocidad de reacción del agua es más lenta que la mayoría de compuestos orgánicos, y por consiguiente, una excesiva hidrólisis del colorante no es de temerse (reacción del colorante con los grupos oxidrilos del agua).

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 Schotten-Bauman (reacción entre un cloruro ácido aromático y un alcohol), o con átomos de carbono que posee un doble enlace.

Muchos agentes poseen estas propiedades de reacción, pero para la producción del colorante reactivo se requiere además que:

- El sistema reactivo sea simple y económico en su fabricación para hacerlo competitivo en el mercado.
- El sistema seleccionado no sea tóxico.
- El enlace formado entre el colorante y la fibra sea suficientemente estable, por lo 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 cantidad de condiciones.
- La forma seleccionada sea suficientemente estable durante el almacenaje para evitar la hidrólisis del colorante con la humedad ambiental antes de su uso.

2.5.1.1.. Parámetros en el teñido con colorantes reactivos

a) Efecto de la temperatura:

Es conocido que en todos los sistemas de teñido, el agotamiento del colorante al momento del equilibrio aumenta cuando menor es su temperatura. En la práctica, este efecto no es siempre apreciable, ya que la velocidad de teñido disminuye al hacerlo la temperatura; así, si el teñido es llevado por un tiempo corto limitado, no puede obtenerse un agotamiento elevado porque el teñido ha sido demasiado lento para llegar al equilibrio.

Los colorantes de bajo peso molecular, poseen una alta velocidad de difusión al interior de la fibra, de tal manera que un equilibrio puede ser alcanzado rápidamente aún

a temperatura ambiente y en tiempos tan cortos como treinta minutos. Sin embargo, la velocidad de difusión del colorante y la velocidad de reacción aumentan con la temperatura.

Estas condiciones poseen influencias en las técnicas de aplicación. En baños de teñido neutro el colorante reactivo se comporta como un colorante directo; al agregar el álcali, la reacción comienza a tomar lugar ayudada por la temperatura óptima para cada núcleo reactivo. La eficiencia de la tintura depende de la selección de las condiciones en las que la reacción del colorante con la fibra toma lugar al máximo.

En general, en todo el proceso de tintura, la etapa de agotamiento y la de fijación, se lleva a cabo a la misma temperatura, dependiendo la temperatura óptima del núcleo reactivo. De esta manera se logra una fijación completa del colorante y se acelera su velocidad de difusión al interior de la fibra.

b) Efecto del electrolito:

Los colorantes reactivos deben su solubilidad en agua a la presencia de grupos sulfónicos en su molécula. En baños de teñido neutros (baño previo a la adición de álcali); los colorantes reactivos poseen afinidades hacia la celulosa comparable a aquellas de los colorantes directos de pobre afinidad. Por consiguiente, su agotamiento mejora en presencia de electrolitos.

El agotamiento de los colorantes reactivos es esencialmente controlado por las adiciones del electrolito, ya que su control por la temperatura está determinado por la reactividad del núcleo reactivo.

Se requiere que la mayor parte del colorante reaccione con la fibra y no con el agua; esto se logra por un agotamiento paulatino controlado por las adiciones de electrolito y una activación posterior del núcleo reactivo mediante la temperatura, una vez que el colorante se encuentre en la fibra.

c) Efecto de la relación de baño de tintura:

Se mencionó que los colorantes reactivos poseen afinidades solo comparables a aquellas de los colorantes directos de baja afinidad. La razón principal para la selección de cromógenos de baja afinidad por la celulosa para la fabricación de colorante reactivos, es el comportamiento del colorante hidrolizado.

Al usar estructuras cromogénicas de alta afinidad, siempre habrá parte del colorante hidrolizado que poseerá una afinidad comparable al colorante original y de difícil remoción durante el lavado. Este colorante absorbido es capaz de migrar a las prendas vecinas que se laven juntas durante el uso doméstico. Los cromógenos que poseen baja afinidad por la celulosa, al hidrolizarse, son desplazados hacia el baño por lo que son más fácilmente eliminados durante el lavado.

Por otro lado, estos colorantes de baja afinidad no proporcionan rendimientos tintóreos económicos, especialmente por métodos discontinuos de agotamiento donde se utiliza una alta relación de baño de teñido. En la tintura por métodos discontinuos, los colorantes de baja afinidad poseen la ventaja de disminuir las oportunidades de tintura disperejas o de efectos de cola ocasionados por la alta afinidad de los colorantes. Por esta razón existen dos gamas de colorantes reactivos en el mercado: una de baja afinidad y alta reactividad para procesos continuos y otra de relativa mayor afinidad para hacer las tinturas por agotamiento más económicas.

d) Efecto del pH:

El teñido con colorantes reactivos toma lugar en dos etapas: la adsorción del colorante por la fibra de una manera análoga a la de los colorantes directos seguida de la reacción del colorante adsorbido por la fibra. La reacción sólo tiene lugar en medio alcalino cuando los grupos hidroxilos de la celulosa son convertidos en agentes nucleofílicos 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.

2.5.2 PROCESO DE TEÑIDO CON COLORANTES DIRECTOS

Son también conocidos como colorantes sustantivos; se les conoce con este nombre debido a su gran afinidad o sustantividad por las fibras celulósicas a las que tiñen directamente.

Esta clase de colorantes agrupa a muchos compuestos de diversa constitución química, por lo que sus solideces varían tremendamente. Algunos miembros de esta familia son de alta solidez a la luz, mientras otros lo son muy pobre. Las solideces a los procesos llevados a cabo en medio acuoso como el lavado, son también variadas y en el mejor de los casos mediocre.

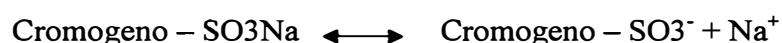
Algunos de los colorantes directos pueden mejorar sus solideces húmedas por medio de tratamientos posteriores sin llegar a alcanzar mejoras excepcionales

El rayón viscosa, el lino, el yute, el algodón y todas las fibras celulósicas están compuestos por cadenas de unidades de celulosa. Estas cadenas se extienden de tal manera que forman filamentos largos, acomodándose en forma de largas cadenas moleculares. Estas cadenas de moléculas no están arregladas uniformemente, así hay partes de las cadenas moleculares que están arregladas paralelamente y tan juntas que forman cristales, y otras en que están dobladas y en forma desordenada.

Al entrar la fibra en contacto con el baño de teñido, el agua que la fibra absorbe genera una presión osmótica que empuja las cadenas desordenadas de la parte amorfa para poder acomodar una cantidad de agua aproximadamente igual en peso al de la fibra mojada. La parte cristalina no es afectada. La presión osmótica llevada a cabo por el agua en la región amorfa crea los poros en la estructura de la fibra a través de los cuales las moléculas de colorante hace su ingreso durante el teñido.

En su mayoría, los colorantes directos son sales de sodio de un ácido sulfónico aromático de molécula relativamente larga y plana, con grupos funcionales capaces de formar puentes de hidrógeno con los grupos oxidrílicos de la celulosa.

Estos colorantes directos deben su solubilidad a un radical auxócromo polar que en soluciones se ioniza como cualquier otra sal:



Esta ionización es sin embargo especial: las moléculas de colorante tienden a asociarse en la forma de agregados o micelas de variado tamaño. A medida que la temperatura aumenta, el tamaño del agregado disminuye pudiendo llegar al tamaño molecular. Por lo tanto, el colorante está en el baño en la forma de agregados y si éstos son lo suficientemente chicos como para entrar a través de los poros, entonces se difundirán dentro de la fibra.

Como consecuencia de la absorción de los agregados de menor tamaño a la fibra, el baño de teñido queda disminuido en la concentración de éstos. Para poder mantener el equilibrio entre agregados grandes y chicos, los agregados grandes se disocian en pequeños a medida que estos son absorbidos por la fibra.

Las fibras celulósicas poseen un potencial eléctrico negativo en la superficie debido a la oxidación de una pequeña fracción de sus grupos alcohólicos a carboxílicos. Como los cromógenos del colorante también poseen carga negativa, se crea una repulsión eléctrica entre ambos que es necesaria de romper para adherir el colorante a la fibra. Adiciones de sulfato de sodio minimizan esta repulsión al neutralizar el catión de sodio, la carga eléctrica negativa de la fibra. No obstante, los electrolitos como el sulfato de sodio causan un aumento en el tamaño de los agregados; si se emplea una concentración muy alta, el tamaño de la micela aumenta de tal forma en la superficie de la fibra que no puede difundirse a su interior, lo cual produce un teñido disparejo y superficial de inferiores propiedades.

El primer punto en el teñido con colorantes directos consiste en el contacto entre el anión colorado y la fibra, una vez que la carga negativa de la superficie ha sido

superada. De aquí en adelante cualquier adición de electrolito tiene por objeto la disminución de la solubilidad del colorante, empujando el equilibrio hacia la fibra. Una vez que el colorante se ha difundido dentro de la fibra en la parte amorfa, las moléculas del colorante se fijan a la fibra y la concentración de la solución disminuye; por difusión el colorante se redistribuye en el solvente uniformemente produciéndose un agotamiento sistemática.

A la atracción ejercida sobre los átomos de hidrógeno de una molécula por los átomos de oxígeno de otra molécula, se les llama puentes o enlaces de hidrógeno. Son estos enlaces los responsables de la fijación de la molécula del colorante a las cadenas de la molécula de la celulosa en la parte amorfa. La energía del enlace de hidrógeno es relativamente pequeña, pero la suma de todos los enlaces que se produzcan entre el colorante y la cadena celulósica será la responsable del grado de fijación del colorante. De esto se puede ver que a más larga la molécula del colorante y mayor cantidad de grupos funcionales capaces de interactuar, mayor será su solidez a los procesos húmedos. Un colorante directo debe tener varios grupos capaces de interactuar a lo largo de la cadena celulósica y si la molécula es larga, lineal y plana, facilitará la formación de estos enlaces gracias a las pequeñas distancias entre los grupos reaccionantes.

Los colorantes directos se dividen en tres clases: autoniveladores (clase A), controlables con sal (clase B) y controlables con temperatura (clase C). Dependiendo de la clase de colorante empleado, puede ser necesario recurrir a los siguientes auxiliares químicos para lograr un teñido satisfactorio:

- Cloruro de sodio.
- Agentes secuestrantes.
- Sulfato de sodio.
- Nitrato de sodio.
- Ácido clorhídrico.
- Aminas aromáticas.

2.5.2.1 Parámetros en el teñido con colorantes directos

a) Efecto de la temperatura:

Un aumento en la temperatura de teñido trae como consecuencia:

- La disminución del tamaño de los agregados facilitando su ingreso por los poros.
- La homogénea difusión del colorante en la solución.
- La disminución de la repulsión entre la carga eléctrica superficial de la fibra y la carga del colorante.
- El aumento de la vibración de las cadenas moleculares en la parte amorfa.
- La aceleración de la reversibilidad del teñido, esto es la migración del colorante de las partes en que se encuentra en mayor concentración a las de menor concentración en el baño de teñido.

Un aspecto contradictorio en cierta forma radica en que la disminución del tamaño de los agregados facilita el ingreso del colorante a la fibra, pero debido a la vibración de las cadenas en la parte amorfa disminuye el equilibrio de teñido por ser menor la cantidad de colorantes absorbidos por ésta. De esto se desprende que cada colorante posee una temperatura óptima.

En la mayoría de los casos, la afinidad disminuye conforme la temperatura aumenta. Esto puede traer como consecuencia que a temperatura de ebullición el matizado es apropiado, pero al enfriar el baño cambia de tono por aumentar el agotamiento de algún componente en la mezcla.

b) Efecto del electrolito:

Las adiciones de electrolito a los baños de teñido promueven el agotamiento de los colorantes directos. Por ser la sal común el electrolito más barato, es el más

comúnmente usado, aunque también se usa en doble proporción el sulfato de sodio o sal de Glauber.

El efecto del electrolito en el teñido es doble: por un lado neutraliza la carga eléctrica de la fibra, mientras que por otra parte aumenta el desplazamiento del colorante hacia la fibra.

Las fibras celulósicas asumen carga negativa cuando están sumergidas en agua, esto ocasiona una repulsión al ión cromofórico del colorante directo. El catión de sodio del electrolito reduce o neutraliza la carga negativa de la fibra. De esta manera facilita al ión cromofórico su acercamiento a la fibra para poder adherirse por enlaces de hidrógeno o fuerzas de Van der Waals.

A mayor electronegatividad del colorante mayor será la repulsión hacia la fibra. Es entonces de esperarse que la efectividad del electrolito varíe de acuerdo al número de grupos ionizables en la molécula del colorante.

El grado de agotamiento está también íntimamente ligado a la cantidad de electrolito presente en el baño. Algunos colorantes necesitan fuertes cantidades de electrolitos para ser absorbidos, mientras otros lo hacen con pequeñas cantidades.

Mientras la temperatura aumenta la velocidad de teñido y penetración del colorante, disminuye el tamaño del agregado; los electrolitos aumentan el tamaño del agregado, y la concentración del colorante sobre y alrededor de la fibra.

c) Efecto de la relación de baño de teñido y de la agitación:

El porcentaje de colorante absorbido aumenta a medida que lo hace la concentración del colorante en el baño.

Reducir la cantidad de litros de baño por unidad de peso del colorante equivale a aumentar la concentración del colorante y del electrolito. El teñido con baños de corta relación de baño equivale a una economía en el consumo de colorante aunque a expensas

de un menor control del agotamiento del colorante y mayor oportunidad de un teñido defectuoso.

Cualquier aumento en la velocidad de absorción del baño de teñido aumenta las probabilidades de un encuentro entre las partículas de colorante y la superficie de la fibra, por lo que la agitación aumenta la velocidad de absorción sobre ésta.

d) Efecto del tiempo de teñido:

La velocidad de difusión del colorante dentro de la fibra y su velocidad de absorción varían de acuerdo con el colorante. Un equilibrio verdadero, esto es, una concentración constante en el eje radial de la sección transversal de la fibra debería obtenerse antes de dar por finalizado el teñido. En la práctica el equilibrio verdadero es muy difícil y largo de obtener. Se acepta el equilibrio comercial en el que, si bien es cierto, al prolongarse el tiempo de teñido se obtendría un pequeño incremento del colorante en la fibra; este incremento no justifica la prolongación del tiempo de teñido.

e) Efecto del pH:

En su mayoría los colorantes directos son aplicados a la fibra en baño neutro. No existe ventaja alguna en hacerlo desde un pH ácido, y en algunos casos puede alterar el matiz del colorante.

Alcalis como el carbonato de sodio son agregados al baño de teñido o están presentes en el colorante para mejorar su solubilidad o contrarrestar la dureza temporal del agua.

Sin embargo, en condiciones alcalinas la celulosa forma un sistema reductor capaz de destruir ciertos colorantes directos. Este efecto puede ser controlado por ajuste del pH del baño de teñido con adiciones de sulfato de amonio.

2.6 PROCESO DE ACABADO

Los acabados se realizan con la finalidad de dar una propiedad deseada a los artículos textiles como lustre, estabilidad, suavidad, etc., con la finalidad de que ayuden o mejoren las propiedades físicas o químicas de los artículos textiles.

Los acabados más comunes son los que mencionaremos a continuación.

2.6.1 PROCESO DE ACABADO CON ENZIMAS

Los acabados con enzimas son en la actualidad una parte muy importante en la aplicación de los acabados textiles. Existen diferentes acabados enzimáticos, estos dependerán del efecto que se desea obtener. Uno de estos acabados y el más importante por su mayor uso es el conocido como acabado Bio-Pulido (Bio-Polishing), el cual se realiza con una enzima llamada celulasa.

El concepto de Bio- Pulido se desarrolló en Japón donde el trabajo inicial se concentró en el tratamiento de tejido plano. El objetivo fue proporcionar a la tela suavidad y un aspecto liso sin utilizar los tradicionales productos químicos. El trabajo realizado desde entonces, ha convertido el concepto original en una nueva tecnología en la industria textil. Hoy día, el Bio-Pulido está avanzado en todo el mundo.

Los géneros de punto son tratados con este acabado con la finalidad de proporcionarles los siguientes beneficios:

- Estructura superficial más limpia, con menos pelusilla.
- Reducción de la formación de bolitas.
- Mejor tacto y más caída.
- Un tratamiento más respetuoso con el medio ambiente.

2.6.2 PROCESO DE ACABADO CON RESINA

Los acabados con resinas o resinados se aplican a fibras celulósicas y consiste en impartirles características especiales como la 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 limpiezas húmeda y en seco, en los tejidos de punto disminución del enrollado de los orillos facilitando la confección, secado más rápido, etc.

Este acabado de resinado consiste en aplicar productos capaces de producir la fijación de la celulosa por ligaduras cruzadas (crosslinking) entre el producto y la celulosa, o por formación de polímeros insolubles en el interior de la fibra.

2.6.3 PROCESO DE ACABADO CON SUAVIZANTES O SILICONAS

Este es un tipo de acabado que se realiza siempre a los artículos textiles con la finalidad de darles suavidad y un buen tacto.

Para estos acabados se utilizan dos tipos de productos: los conocidos como suavizantes y los llamados siliconas.

El uso de los suavizantes es una práctica común desde tiempos antiguos. Históricamente, se comenzó este acabado utilizando un jabón a partir de cenizas de madera y sebo vacuno. La evolución de la química textil y la aparición de las fibras sintéticas hizo necesario el desarrollo de suavizantes, de tipo aniónico, no iónico, catiónico y anfótero, obtenidos por síntesis química y emulsiones de productos naturales o sintéticos, como las ceras, parafinas, ésteres grasos, alcoholes grasos, etc.

Existen gran variedad de suavizantes, pero se puede decir que los derivados grasos y nitrogenados son los que dominan la química de todos los suavizantes.

Por otro lado, las siliconas se obtienen a partir de la hidrólisis de los llamados metil clorosiloxanos: a partir de este material hidrolizado pasando por diferentes procesos químicos se obtienen diversas familias de siliconas modificadas.

CAPITULO 3:

**CONTAMINACIÓN DE LOS
EFLUENTES ACUOSOS POR
PROCESO**

3.1 CONTAMINACION DE LOS EFLUENTES TEXTILES

Las plantas textiles producen niveles de contaminación muy variados y esto depende en primer término del tipo de fibra textil que utilizan y de los diferentes procesos húmedos que se aplican en las distintas etapas de la manufactura correspondiente. Así tenemos por ejemplo que las plantas que procesan fibras de lana y pelos, contaminan el agua de diferente modo que lo hacen las plantas que procesan fibras celulósicas, así como también diferentes a como lo hacen las plantas textiles que trabajan con fibras sintéticas, etc. Por tales razones existen métodos de control para cada caso, habiéndose establecido los procedimientos del caso para evaluar la contaminación que origina o genera cada tipo de planta textil, especialmente cuando se trata de los procesos húmedos como el desencolado, descrudado, blanqueo, teñido, estampado, etc. por ser estas formas de contaminación las más frecuentes y las más graves.

Para el caso específico de fabricas textiles que procesan algodón, existe una gran variedad de niveles de contaminación, debido a esto los efluentes textiles para este tipo de industria se pueden caracterizar por ser altamente coloreados, de temperaturas elevadas, pH alcalino y Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) altos (originados por los tintes, auxiliares y productos de acabado). Contienen además residuos peligrosos, corrosivos y tóxicos.

Los procesos con mayor volumen de efluentes son el lavado, teñido y blanqueo, en contraposición los procesos de engomado y desengomado aportan aproximadamente el 50% de DBO total del proceso. En el cuadro 3-1 se muestra en porcentaje la DBO, que produce cada proceso húmedo en la Industria Textil, y el porcentaje de los volúmenes de sus efluentes descargados; estos valores típicos que se pueden observar en los procesos húmedos en la Industria Textil.

CUADRO 3-1**PORCENTAJE DE DBO GENERADO POR GRUPOS DE PROCESOS**

Proceso	Volumen sobre el total %	DBO sobre el total %
Engomado y desengomado	15	50
Descrude y mercerizado	20	30
Lavado, teñido y blanqueo	65	20

Como nuestro tema a desarrollar es el “Análisis del Impacto Ambiental de una Tintorería de Tejido de Punto de Algodón”, tomaremos en consideración para nuestro análisis los procesos mencionados en el capítulo 2.

La mayor contaminación orgánica se concentra en las operaciones de descrudado y en menor grado en los procesos de teñido, mientras que la contaminación inorgánica proviene de lavado con sales de sodio, mercerizado, blanqueo y teñido.

Los efluentes de esta manufactura suelen ser alcalinos, coloreados y con una DBO comprendida entre los 300-1000 mg/l. Los principales contaminantes son: glucosa, ceras, pectinas, agentes humectantes, sulfuros, sulfitos, ácido acético, detergentes, y colorantes no biodegradables. Los efluentes del acabado del algodón contienen fibras finas que ocasionan obstrucciones, diversos problemas mecánicos y contaminación.

En los cuadros 3-2 y 3-3 se presenta de manera cualitativa y cuantitativa los aportes de los diferentes procesos húmedos a los parámetros de contaminación.

CUADRO 3-2

PROCESO DE ALDODON - PARAMETROS DE CONTAMINACION

	DBO	SS	Grasas	Deter.	pH	Fenol.	Ceras	Sales	Color
Mercerizado		*		*	*		*		
Descrudado Blanqueo	*	*	*	*	*				
Tintura	*			*	*	*		*	*
Acabado	*			*		*			*

SS= Sólidos Sedimentables.

Deter. = Detergentes.

CUADRO 3-3

VALORES OBSERVADOS EN LAS DESCARGAS DE LA INDUSTRIA TEXTIL
ALGODONERA DE TEJIDO DE PUNTO

PROCESO	lt agua/ 1000 Kg Algodón	DBO mg/l	Sólidos Totales mg/l	COLOR (DHE)	pH
MERCERIZADO	7000-10000	500-800	8000-18000	-	11-14
DESCRUDADO	2500-43000	100-2900	2200-17400	-	10-12
BLANQUEO	2500-12500	100-1700	800-1500	-	8-12
TEÑIDO	10000-35000	50-2000	1565-10570	5-50	7-11
LAVADO	5000-20000	1000-6000	6000-20000	-	6-7

3.1.1 CONTAMINACION DE LOS EFLUENTES POR PROCESO

3.1.1.1 Proceso de Descrude / Blanqueo

El proceso de Blanqueo contribuye en un porcentaje muy bajo a la contaminación de las aguas residuales; pero los que dan, o producen la contaminación son los auxiliares utilizados en este proceso. En la actualidad muchas empresas realizan en forma combinada el descrude y blanqueo, aquí si se va a observar un grado elevado de la

contaminación, debido a los auxiliares que se necesitan como son los humectantes, detergentes, emulsionantes y secuestrantes, con el fin de eliminar las impurezas que trae el algodón. De esta manera la carga orgánica de contaminación será representativa.

Dado que los productos para el tratamiento previo llegan a las aguas residuales, deben ser lo más compatible posible con el medio ambiente.

Con respecto a los tensoactivos estos deben de ser biodegradables en más del 80%. Durante la biodegradación no deben producirse además formación alguna de metabolitos tóxicos. Además estos tensoactivos deben estar exentos de alquil fenol oxietilados (APEO).

En el cuadro 3-4 se muestra el grado de contaminación en el efluente que se produce en un proceso combinado para el blanqueo.

CUADRO 3-4

CONTAMINACION DE LOS EFLUENTES DE BLANQUEO

PARAMETROS	VALORES
DBO	100-1700 mg/l
Sólidos totales	800-15000 mg/l
PH	8-12
Cantidad de H ₂ O	2500 l-12500 l/1000 Kg. de producto

3.1.1.2. Proceso de Teñido

En el caso de la tintura de las fibras textiles mediante procedimientos que han venido y aun siguen siendo considerados como generadores de altos niveles de contaminación y de toxicidad del agua, se han producido también fundamentalmente cambios tecnológicos considerados como revolucionarios en lo que concierne a mejorar

la calidad de la tintura obtenidas, a bajar los costos de tintura y adicionalmente a bajar fuertemente los niveles de polución del agua. En este sentido se han desarrollado nuevos tipos de colorantes o se han mejorado los existentes, con el fin de alcanzar niveles de agotamiento en el baño de tintura del orden de 95 a 97%, es decir colorantes con mayor afinidad por el textil en lugar de los colorantes tradicionales que solo alcanzaban el 80% de agotamiento, mientras que el 20% restante iban a contaminar el agua residual; es decir que por la utilización de 1 Kgr de colorante 0.2 Kgr ó 200 gr se van en el efluente. Así también en el caso de los diversos agentes químicos que en la condición de auxiliares de tintura se han venido utilizando, han sido revisados y eliminados aquellos que no son fácilmente y lentamente biodegradables en medio acuosos, en esta forma los fabricantes actuales de colorantes y de agentes químicos o auxiliares de tintura, estampado, etc. están suministrando ya solo aquellos productos que cumplan las normas técnicas y los niveles de tolerancia correspondiente en cada caso.

En el cuadro 3-5 se muestra el grado de contaminación que producen los efluentes de teñido.

CUADRO 3-5

CONTAMINACION DE LOS EFLUENTES DE TEÑIDO

PARAMETROS	VALORES
DBO	52-240 mg/l
DQO	84-663 mg/l
PH	6.9-10.7
Fenoles	0.03-0.056 mg/l
Color	5-50

3.1.1.3 Proceso de Mercerizado

El proceso de Mercerizado produce corrientes residuales extremadamente alcalinas, por lo que este proceso produce contaminación inorgánica en mayor grado que la contaminación orgánica. Este proceso produce contaminación, debido a que se trabaja

con una solución de soda cáustica o hidróxido de sodio con una concentración de 32°Be, que es la concentración adecuada para que la soda produzca el fenómeno de mercerizado que se desea para la fibra. Una vez que la soda actúe, la concentración en el agua residual es de aproximadamente 6 a 8°Be de esta soda. Por lo que se tiene que realizar un tratamiento de neutralización para poder así arrojarla al alcantarillado.

El rango de contaminación que produce este proceso a las aguas residuales sin ser tratadas, se muestra en el cuadro 3-6.

CUADRO 3-6

CONTAMINACION DE LOS EFLUENTES DE MERCERIZADO

PARAMETROS	VALORES
DBO	50-800 mg/l
Sólidos totales	300-18000 mg/l
PH	14
Cantidad de H ₂ O	17000 l-32000 l/1000 Kg. De producto

3.1.1.4 Proceso de Acabado

Enzimático

Este acabado proporciona a los artículos de algodón las siguientes características: fuerte tendencia a la reducción de “pilling”, superficie estructural más clara por menos pelusa y mano mejorada con superior adsorción de agua.

El proceso puede ser controlado por la pérdida de peso del artículo en tratamiento. Una pérdida de 3 a 5 % reflejará un resultado satisfactorio del Bio-pulido ó pulido Biológico.

Esta enzima utilizada para el Bio-pulido (celulasa) al igual que todas las enzimas utilizadas en los procesos húmedos de la industria textil son consideradas como ambientalmente seguras por que:

- Son producidas usualmente por la fermentación natural de microorganismos no patógenos.
- En los procesos de fermentación natural, la biomasa de fermentación se recicla como abono orgánico.
- Las enzimas microbianas son productos biodegradables y, por lo tanto, no producen acumulación en los desechos.

Por todo esto podemos decir que las enzimas son productos inocuos para el medio ambiente.

Resinado

En este acabado 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.

El formaldehído es considerado molesto por su olor penetrante y acción irritante en ojos y mucosas de las vías respiratorias en concentraciones muy bajas de 0.05 a 1 parte por millón (ppm).

Suavizado / Siliconado

Los productos utilizados en el acabado de suavizado tienen un elevado nivel de biodegradación y muy baja toxicidad. Estos niveles varían dependiendo el carácter iónico del producto, como es el caso de los no iónicos oxietinados, en donde el aumento en el grado de oxietilación hace que disminuya la toxicidad en medio acuoso pero también disminuye la biodegradación. Los catiónicos se degradan sin acumulación de metabolitos en los efluentes.

Los suavizantes aniónicos y derivados graso aniónicos cuaternizables son de total biodegradación y atóxicos.

Los diferentes productos utilizados en el acabado con silicona o siliconado han sido sometidos a más pruebas toxicológicas que cualquier otra clase de sustancias y han sido determinadas como extremadamente inertes. Extensivos estudios con especies marinas, aves y mamíferos han mostrado que las siliconas no son tóxicas, aun cuando se prueban con concentraciones muy superiores a las posibles en cualquier clase de exposición ambiental.

Unas pruebas de laboratorio con dimetilsiloxano volátiles y no volátiles han mostrado no ser irritantes a la piel ni sensibilizantes, aunque puedan existir personas con sensibilidad a esos productos. Los estudios completados a la fecha no han demostrado efectos adversos por inhalación, ingestión ni exposición dérmica cuando los productos se han usado de acuerdo con las instrucciones. Más importante que su naturaleza inerte, estos productos son clasificados como residuos no peligrosos.

3.2 IMPACTO AMBIENTAL Y SALUD HUMANA

3.2.1 EL IMPACTO AMBIENTAL

Se entiende por impacto ambiental al conjunto de efectos positivos y negativos que una actividad económica, en marcha o proyectada, ejerce sobre el nivel de vida y el ambiente físico de su zona de influencia. El concepto de impacto ambiental y la evaluación del mismo considera que el crecimiento económico real y a largo plazo debe estar sustentado con un plan de protección ambiental. Por lo general, la evaluación del impacto ambiental es un estudio formal que origina decisiones en el nivel gerencial dentro del proceso de planificación de grandes proyectos dedicados al uso intensivo de mano de obra local, recuperación y protección de los recursos naturales o de minimización de desechos en general. En nuestro caso la evaluación de impacto ambiental resulta un diagnóstico de las consecuencias producidas por la industria textil sobre la salud humana así como los efectos en el aire, los cuerpos de agua y suelos.

3.2.1.1 Efectos de los efluentes textiles en el alcantarillado

La descarga de efluentes textiles puede crear problemas al sistema de recolección. Los efluentes con alto contenido de sulfuro o sulfatos pueden causar grietas o roturas en el concreto de las estructuras si las concentraciones son mayores de 300 mg/l para el cemento concreto Portland. El gas sulfhídrico generado en la ductos o tubería de alcantarillado, a concentraciones mayores o iguales a 1 mg/l, puede ser oxidado a ácido sulfúrico sobre las paredes, atacar y corroer las partes metálicas.

Las grasas y sólidos provenientes del lavado previo pueden acumularse sobre las paredes restringiendo el flujo y en algunos casos los efluentes se descargan con altas temperaturas. Estos parámetros deberán ser controlados por las autoridades pertinentes.

3.2.1.2 Efecto de los efluentes textiles en el tratamiento biológico

Las descargas textiles deben ser examinadas cuidadosamente, ya que existe una amplia gama de elementos químicos que pueden afectar la eficiencia de operación de las plantas de tratamiento biológico, inclusive si están presentes en bajas concentraciones.

Las plantas de tratamiento biológico requieren de flujos homogéneos, tanto en volumen como en composición, requiriéndose el uso de tanques de igualación. Los compuestos químicos que provoquen efectos adversos deberán ser controlados y los que no puedan degradarse completamente, se deben mantener en niveles que no afecten el cuerpo receptor.

Algunos compuestos químicos son tolerados por las bacterias encargadas de realizar el proceso aeróbico, en cambio las encargadas de oxidar el amoníaco a nitrato y nitratos se inhiben, y otras pueden reducir su eficiencia.

Los surfactantes generalmente ocasionan fallas en los digestores y modifican la absorción del oxígeno del aire, afectando económicamente el tratamiento. En sistemas de aireación por difusión esto representa una reducción de 20% en la eficiencia de transferencia de oxígeno. Otros problemas fácilmente evidenciables son la formación de espumas en la planta y la presencia de grasas, que dificultan el tratamiento.

3.2.1.3 Efectos de los efluentes textiles en aguas superficiales

Cuando los efluentes se descargan sin el debido tratamiento, se pueden observar diferencias en la coloración original del cuerpo de agua y la formación de espumas en su superficie; esto se origina por los tintes y tensoactivos, respectivamente. La espuma reduce la proporción de oxígeno transmitido a través de la superficie del río y limita la capacidad de autodepuración de la corriente, tal es el caso de la espuma estable que se forma al juntarse tensoactivos no iónicos con aniónicos en una relación de 1 a 0,4 mg/l, como valor típico.

La descarga de compuestos fácilmente biodegradables en grandes cantidades ocasiona la disminución del oxígeno disuelto en el agua y extingue la vida acuática directamente o hace a los peces más susceptibles a los efectos tóxicos de otras sustancias. Algunos compuestos afectan directamente a los peces y en mayor grado a los invertebrados acuáticos que componen su cadena alimenticia.

Los tóxicos y metales pesados en pequeñas concentraciones pueden acumularse en los tejidos de estos animales o incrementar el nivel tóxico del agua en los ríos; sus efectos se muestran a largo plazo, pero son peligrosos y, en la mayoría de los casos, son más difíciles y costosos de tratar.

También es posible que las descargas aumenten a aparición de algas debido a su contenido de nitrógeno y fósforo (proceso de eutrofización). Estos parámetros deben ser controlados de manera que no se agote el oxígeno disuelto en el agua, pues provocaría extinción en la vida acuática a largo plazo.

Finalmente los colorantes comerciales básicos, como el trifenilmetano, fenacina y tiacina causan menor deterioro ambiental por su mayor fotodegradación o pérdida de color en solución que los tintes básicos modernos o modificados como el "Azo", antraquinoides y otros, que contrariamente pierden mas fácilmente el color sobre la fibra que en solución.

3.2.1.4 Efectos de los efluentes textiles en agua para abastecimiento doméstico

Los efluentes textiles contienen componentes orgánicos provenientes de la fibra o de los aditivos químicos, los que llegarán a los cuerpos de agua si no se practica un tratamiento adecuado.

La Organización Mundial de la Salud establece algunas recomendaciones de parámetros que determinan la calidad del agua usada para el abastecimiento público. Cuanto más contaminada se halle la fuente de captación, más dificultosos y costosos resultarán los mecanismos que permitan su potabilización.

3.2.1.5 Efectos sobre la calidad del aire

La contaminación atmosférica generada por la industria textil se considera moderada e inofensiva en comparación con otras industrias. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el impacto ambiental conjunto generado por diversas fuentes industriales y las condiciones meteorológicas pueden desencadenar efectos sinérgico significativos

La industria textil presenta diferentes fuentes de contaminantes: el vapor de agua caliente producido por las calderas e intercambiadores de calor, las emisiones provenientes de la incineración de residuos sólidos, las partículas originadas en las operaciones de apertura y cardado, y finalmente los diferentes componentes orgánicos volátiles provenientes de los hidrocarburos solventes utilizados en el proceso de acabado.

Los componentes orgánicos volátiles (COV) se originan principalmente en el secado por reacciones químicas debido al aumento de la temperatura. Las resinas y compuestos que cubren la fibra reaccionan entre sí y emiten gases de difícil cuantificación o identificación.

Muchas de estas emisiones generadas por hidrocarburos solventes, no son percibidas por el olfato ni ocasionan consecuencias directas sobre la salud, pero deben ser reguladas porque ocasionan los mismos problemas que los oxidantes fotoquímicos.

Los Oxidantes fotoquímicos provocan la disminución de las características químicas de diversos materiales. El ácido clorhídrico generado por la incineración de residuos sólidos textiles origina corrosión. Ellos reportan que después de las operaciones de secado, las grasas añadidas a las fibras durante los procesos de preparado para las operaciones mecánicas generan humos densos que se diseminan por kilómetros y pueden destruir los techos y tejas plásticas - de casas aledañas luego de 20 años, o deterioran la pintura de acabado de autos estacionados en los alrededores en solo tres años. Por lo general, los hidrocarburos solventes utilizados antes del acabado se consideran no contaminantes debido a su baja reactividad fotoquímica, con excepción del tricloroetileno que sí está regulado.

Las partículas de naturaleza orgánica y con impurezas generadas durante los procesos de apertura de las balas de algodón y cardado de las fibras originan nubes de polvo que se propongan fácilmente y congestionan el área de trabajo. Estas partículas pueden obstruir las vías respiratorias de los empleados y tienen carácter acumulativo. La OMS (1982) estima que 14 Kg. de partículas por tonelada de algodón producido producen estos efectos. La reducción del impacto producido por estas partículas se logra mediante la instalación de filtros y extractores para la recirculación del aire. En general el material particulado proveniente de la industria textil así como otras fuentes debe de ser controlado estrictamente, ya que actúa sinérgicamente con otros agentes de contaminación ambiental. Estas partículas pueden actuar como medio de transporte del óxido nítrico (NO_2) al organismo, ingresando a mayor profundidad a medida que su tamaño disminuye o pueden reaccionar químicamente con el anhídrido sulfuroso formando aerosoles tóxicos. Por otro lado, las resinas orgánicas y solventes pueden despedir olores desagradables.

3.2.2 EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL

El programa de minimización de vertimientos industriales requiere de una evaluación previa del problema que jerarquice los procesos de mayor aporte contaminante tanto en el nivel de índices como de descarga total. Estos índices permiten localizar los procesos que requieren mayor análisis y mejoras. Finalizado el estudio y después de la etapa de divulgación e implementación, los índices y cantidades de contaminación

obtenidos permiten medir la efectividad del programa, al ser confrontados con las cifras originales.

Por estos motivos se preparó inicialmente una tabla de índices de descargas contaminante para la industria textil algodonera. Estos índices comprenden contaminantes del aire, agua y suelo; entendiendo que un programa de minimización que no posea una concepción global del problema puede originar una simple transferencia de efectos negativos de un cuerpo receptor a otro o inclusive acentuarlos en lugar de resolverlos. En ese caso el objetivo social del proyecto se pierde totalmente.

3.2.3 COMO REDUCIR ESTE IMPACTO

Para minimizar el impacto ejercido se debe determinar en primera instancia cuáles son los agentes generadores de deterioro ambiental.

La industria textil algodonera tiene dos agentes de contaminación: las impurezas naturales de la fibra y los compuestos químicos utilizados. Por otro lado, tiene un alto consumo de agua. Aproximadamente el 80% del agua consumida en la industria textil es agua de proceso y sólo el 20% es agua de refrigeración, etc. El agua de proceso es la que está fuertemente contaminada con diversos agentes químicos, en la condición de solvente de los mismos. Las impurezas de la fibra no pueden evitarse pero su impacto puede reducirse mediante la optimización de los procesos de producción y la reutilización de los residuos sólidos generados.

A diferencia de las impurezas, los compuestos químicos del proceso son susceptibles de sustitución o reducción. Estos compuestos también pueden aprovecharse mejor perfeccionando los métodos de operación y reduciendo las pérdidas de insumos y caudales ocasionados por accidentes durante trabajos auxiliares no controlados, como el lavado de equipo, almacenamiento, entre otros.

A continuación se detallan las actividades que dentro y fuera del proceso reducen el impacto sobre el entorno industrial:

- Optimización del proceso productivo.

- Sustitución de los insumos altamente tóxicos por otros menos tóxicos.
- Dosificación apropiada de insumos.
- Recuperación de insumos y efluentes.
- Uso de fuentes alternas de abastecimiento de agua.
- Tratamiento y disposición de los residuos.

3.2.4 POSIBILIDADES DE REDUCCIÓN DEL IMPACTO EN LA INDUSTRIA TEXTIL

Las posibilidades se detallan en las siguientes actividades:

3.2.4.1 Optimización del proceso productivo

- En la actualidad las empresas fabricantes de maquinarias de tintorería también están trabajando con la finalidad de ayudar a reducir el impacto ambiental producida por las empresas textiles , para lo cual se están desarrollando maquinarias que trabajen con la menor cantidad de agua posible, es así que se puede observar en el mercado maquinarias que trabajan a una relación de baño de 1:4 es decir por cada kilogramo de tejido se utiliza 4 litros de solución (baño de proceso).

3.2.4.2 Sustitución de insumos de interés sanitario

- Evitar el detergente no ionizado de uso común denominado “APEO –alquil fenol oxietilado”, porque no se biodegrada y es altamente tóxico para el recurso biológico, especialmente los peces.
- Sustituir los hipocloritos utilizados en el proceso de blanqueo por agua oxigenada.

- Sustituir los reactivos químicos como EDTA (etilen diamintetracetato) y DTPA (dietilen triaminopentacetato) por NTA (nitrilo triacetato). El consumo de NTA se reducirá gracias a un prelavado que reduzca el contenido de calcio.
- Evitar el uso de tintes sulfurosos debido a su alta toxicidad para el recurso hidrobiológico del cuerpo receptor. La mayoría tiene un bajo porcentaje de agotamiento en los baños de tintura.
- Utilizar colorantes líquidos en lugar de colorantes en polvo durante los procesos de tintorería y teñido. Los dos son de similar rendimiento pero los agentes dispersantes, presentes en mayor proporción en los tintes en polvo permanecen completos en el baño descargado ocasionando una mayor DBO en los efluentes de la operación.

3.2.4.3 Optimización en la dosificación de insumos

- Instalar medidores que indiquen el consumo de agua en las operaciones de lavado.
- Utilizar un espectrómetro acoplado a una computadora para la dosificación de colorantes en el proceso de tintorería y teñido, lo cual permite la reproducción de colorantes con el mismo matiz evitando pérdidas de tiempo e insumos

3.2.4.4 Recuperación de insumos y volúmenes de agua

- Aprovechar los efluentes de las aguas de lavado de telas blanqueadas para lavar otras telas debido a sus bajas concentraciones de DQO, DBO y sólidos totales.
- Aprovechar las aguas de lavado de telas blanqueadas de naturaleza alcalina para neutralizar los efluentes del lavado de telas aciduladas.
- Reutilizar las aguas de lavado final de las telas de tintorería, considerando principalmente el color y baja concentración de DBO, DQO y sólidos totales.

- Utilizar los sobrantes de los tintes de estampados y teñido para reusarlos como colorantes negros en una proporción de 10 a 25 % del volumen total.
- Recuperar hidróxido de sodio (NaOH), mediante destilación del efluente de lavado de mercerizado.

3.2.4.5 Uso de fuentes alternas de abastecimiento de agua

- Aprovechamiento de las aguas de enfriamiento, esta es de calidad suficiente para ser aprovechada en otras actividades. Se deberá estudiar la factibilidad física, de operación y económica de construir el sistema de colección almacenamiento y distribución de planta.

3.2.4.6 Tratamiento y disposición de los residuos

- Eliminar los colorantes del proceso de teñido y tintorería mediante tratamiento de precipitación, floculación, absorción, oxidación o tratamiento biológico.
- Precipitar los sólidos provenientes del proceso de estampado y grabado.

CAPITULO 4:

**PROCESOS Y PRODUCTOS
CAUSANTES DE LA
CONTAMINACIÓN DE LOS
EFLUENTES ACUOSOS**

En los procesos de la industria textil se utiliza una gran cantidad de colorantes y auxiliares textiles, estos productos se encuentran en las aguas de proceso, las cuales son desechados al medio ambiente produciéndose así una alteración en el equilibrio ecológico.

Las alteraciones producidas por el hombre se transmiten a los microorganismos presentes en el ecosistema acuático y se producirán modificaciones de todo tipo en los microorganismos.

Los tipos y efectos de los contaminantes del agua son diferentes, estos se pueden clasificar en:

- Desechos que requieren oxígeno:

Los desechos orgánicos, que pueden ser descompuestos por bacterias aeróbicas, que a su vez usan oxígeno para biodegradar los desechos orgánicos. Poblaciones grandes de microorganismos soportadas por desechos pueden agotar el gas oxígeno disuelto en el agua. Sin oxígeno suficiente, mueren peces y otras formas de vida acuática que consumen oxígeno. La cantidad de desechos que requieren oxígeno en el agua puede ser determinada midiendo el contenido de oxígeno disuelto (OD), o la demanda biológica de oxígeno (DBO): la cantidad de oxígeno disuelto necesitado por los degradadores aeróbicos para descomponer o degradar los materiales orgánicos en un cierto volumen de agua durante un periodo de incubación de cinco días a 20°C.

- Sustancias químicas inorgánicas solubles en agua:

Acidos, sales y compuestos de metales tóxicos, como el mercurio y plomo. Los niveles altos de dichas sustancias disueltas pueden hacer al agua impropia para beber, dañar a los peces y otra vida acuática, deprimir los rendimientos agrícolas y acelerar la corrosión de los equipos que usan agua.

- Sustancias químicas orgánicas:

Petróleo, gasolina, plásticos, plaguicidas, solventes limpiadores, detergentes y muchos otros productos químicos hidrosolubles y no hidrosolubles que amenazan la salud humana y dañan a los peces y otra vida acuática. Algunas de las sustancias orgánicas sintéticas encontradas en cantidades minúsculas o traza en las existencias de agua superficiales y subterráneas, pueden ocasionar trastornos renales, defectos congénitos y diversos tipos de cáncer en animales de laboratorio.

- Nutrientes vegetales inorgánicos:

Los nitratos y fosfatos solubles en agua que pueden ocasionar el crecimiento excesivo de algas y otras plantas acuáticas, que después mueren y se descomponen, agotando el oxígeno disuelto en el agua y dando muerte a los peces. Los niveles excesivos de nitratos en el agua para beber, pueden reducir la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre, y quitar la vida a los niños noñatos y a bebés, en especial a los menores de tres meses.

- Sedimento o materia suspendida:

Partículas insolubles de suelo y otros materiales sólidos inorgánicos y orgánicos que llegan a quedar en suspensión en el agua, y que en términos de masa total son la mayor carga contaminante de los efluentes de la industria textil. La materia particulada en suspensión enturbia el agua, reduce la aptitud de algunos organismos para encontrar alimentos, reduce la fotosíntesis por plantas acuáticas, altera las redes alimentarias acuáticas y transporta plaguicidas, bacterias y otras sustancias nocivas. El sedimento del fondo destruye los terrenos o sitios de alimentación y desove de peces y obstruye y llena lagos, estanques y rebalses artificiales, canales y bahías o bocanas de puertos.

- Calor:

Al ambiente ingresa agua residual caliente que proviene de los diferentes procesos de las plantas. El aumento resultante en la temperatura del agua, disminuye el

contenido de oxígeno disuelto y hace a los organismos acuáticos más vulnerables a enfermedades, parásitos y sustancias químicas tóxicas.

4.1 FUENTES TÉRMICAS

Los diferentes procesos húmedos de la industria textil, descrudado, blanqueo, mercerizado y teñido, se realizan a altas temperaturas. Estos procesos se realizan a temperaturas como de 110°C, 95°C, 80°C, para el caso de procesos previos, y de 60°C, 80°C, para los procesos de teñido; todos estos procesos como se observa se realizan a estas temperaturas, pero en algunos casos se disminuye la temperatura en el mismo proceso para luego eliminar o vaciar las soluciones llegando de esta manera a una temperatura de 60°C; también se usa baños de alta temperatura para los respectivos enjuagues de las máquinas. Actualmente ya sé esta trabajando todos los procesos a altas temperaturas, es decir a temperaturas a más de 100°C, esto se realiza con la finalidad de minimizar los costos; ya que de esta manera se ahorra tiempo, energía, agua e insumos.

Por tal motivo estos procesos producen una contaminación térmica al medio ambiente, siempre y cuando no se esté utilizando un tratamiento de agua, ya que estos desperdicios terminan en los ríos y en algunos casos en lagunas.

Grandes aportes de aguas residuales calientes pueden tener efectos nocivos sobre la vida acuática. A esto se le conoce como contaminación térmica. Las aguas disponen de cierto poder de receptividad térmica que si es sobrepasado producirá alteraciones químicas, físicas, biológicas, hidrológicas y climáticas, apareciendo asimismo fenómenos sinérgicos.

Las temperaturas elevadas disminuyen el contenido de oxígeno disuelto al disminuir la solubilidad del oxígeno en agua. El agua caliente también ocasiona que los organismos acuáticos aumenten su ritmo de respiración y consuman oxígeno más rápidamente, y ello incrementa su susceptibilidad a enfermedades, parásitos y sustancias químicas. La descarga del agua caliente en aguas someras cerca de la orilla de un lago también puede alterar la reproducción y matar peces jóvenes. Los peces y otros

organismos adaptados a un intervalo particular de temperatura también pueden morir por choque térmico.

Mientras que algunos científicos llaman contaminación térmica a la adición de calor en exceso a los sistemas acuáticos, otros llaman enriquecimiento térmico al uso de agua caliente para propósitos benéficos. Señalan que el agua de alta temperatura relativa da como resultado estaciones más largas de pesca comercial, y reducción de la cubierta de hielo del invierno en las áreas frías.

Al elevar la temperatura del agua se producen diversas alteraciones sobre la vida acuática:

- Aproximación al nivel máximo de ciertas especies.
- Disminución del oxígeno disuelto y, como consecuencia, menor capacidad de autodepuración del agua.
- Acción mecánica sobre la ictiofauna al chocar ésta contra las rejillas.
- Aumento de la toxicidad de algunas sustancias.
- Además, el agua caliente (menos densa) tiende a formar una capa sobre la más fría y más densa. Esto ocurre en particular cuando la fuente receptora es profunda.
- La cobertura resultante de agua caliente no puede disolver tanto oxígeno atmosférico como la capa de agua fría inferior, que se ve privada de contacto con la atmósfera.
- Aumenta la velocidad de las reacciones químicas
- También esto afecta a la vida reproductiva, algunos se reproducen muy rápidamente, y mueren por no encontrar alimentos mientras que otros por altas temperaturas no alcanzan a nacer.

- Alteran el ciclo biológico y los procesos naturales de muchos otros organismos acuáticos, que están estrecha y delicadamente engranados a la temperatura..

4.2 FUENTES DE ALCALINIDAD / ACIDEZ: pH

Las plantas textiles típicas tienen diversas fuentes de ácidos y álcalis. El control del pH efluente puede constituir un problema difícil de manejar desde el punto de vista del proceso, debido a que en muchos casos simplemente no existe sustituto para el uso del álcali o ácido. Esto significa que el reuso, recuperación y reciclaje o tratamiento previo (neutralización y/o homogeneización) son algunas veces la única alternativa.

El descrude y blanqueo de los materiales sintéticos debe hacerse utilizando cantidades mínimas de álcali, pero el descrude del algodón requiere de grandes cantidades de álcali.

Quizá la mayor fuente potencial de álcali en la preparación la constituye el proceso de mercerizado del algodón. Este proceso emplea concentraciones de solución cáustica de aproximadamente 20%. Cuando se mercerice una cantidad significativa de tejido, debe considerarse el potencial de recuperación de la soda cáustica como una estrategia para la reducción en la fuente.

El hidróxido de sodio (NaOH) es un álcali muy soluble en agua; afecta a la alcalinidad y al pH. Se encuentra en las aguas residuales. Se ha encontrado que corrientes que tengan tan solo 25 ppm. de NaOH son mortales para los peces.

Los procesos de teñido varían en cuanto a su acidez y alcalinidad, dependiendo del tipo de tinte y sustrato. En la práctica general para el teñido de algodón por agotamiento se puede observar las siguientes clases:

- Directo para celulosa: agotar a partir de baños alcalinos débiles (pH aproximado igual a 8), generalmente utilizando carbonato de sodio (Na₂CO₃) para controlar el pH.

- Reactivo para celulosa: agotar a partir de baños neutrales con grandes cantidades de sal, causar luego una reacción agregando grandes cantidades de álcali, como hidróxido de sodio, carbonato de sodio. El pH se encontrará típicamente entre 10.8 y 11.2.

4.3 FUENTES DE TURBIEDAD Y COLOR

La turbiedad en el agua se debe a la presencia de partículas de material suspendido, ya sea materia orgánica o inorgánica finamente dividida, producida por los diferentes productos y auxiliares textiles utilizados en los diferentes procesos de producción, los cuales se quedan en el baño residual.

La turbiedad excesiva reduce la penetración de la luz en los cuerpos. Al disminuir ésta, se afecta la actividad fotosintética que llevan a cabo los organismos fitoplanctónicos y los vegetales sumergidos, evitando así la producción de oxígeno. Algunos procesos de tratamiento de aguas residuales bajan su principio de operación en esa actividad fotosintética, por lo que cualquier parámetro que afecte la producción de oxígeno de esta fuente estará disminuyendo la eficiencia del proceso.

El color, producido como por las fábricas textiles es un indicador de la contaminación. Los componentes presentes en las aguas residuales absorben la luz de cierta longitud de onda y reflejan las restantes, lo que nos indica la razón del color en las aguas residuales. El color interfiere con la transmisión de la luz solar en la corriente y por lo tanto, disminuye la acción fotosintética. También puede interferir la absorción de oxígeno de la atmósfera, aunque no exista una prueba positiva de este hecho.

La contaminación visible frecuentemente causa más problemas a la industria que la contaminación invisible. La contaminación que no se ve y que no produce molestias es, a menudo, tolerada por los organismos estatales; los diferentes colores intensos de las aguas residuales de la industria textil, etc. produce la indignación pública sobre las mismas. El valor de la propiedad decrece a lo largo de un río que está contaminado visiblemente y muy poca gente por ejemplo, pescará en una corriente que esté fuertemente coloreada por aguas industriales residuales. Además, las plantas de

tratamiento municipales e industriales tienen una gran dificultad, y muy poco éxito, para eliminar el color del agua cruda.

Su eliminación por medio de unidades de tratamiento en las plantas de aguas residuales es un problema difícil y se han hecho muy pocos esfuerzos para encontrar una solución efectiva. Es esencial el conocimiento del tipo y medida del color, puesto que, como mucha materia coloreada se encuentra en estado disuelto, no se altera por los sistemas de tratamiento primario convencionales, aunque los sistemas de tratamiento secundario, como lodos activados y filtros bacterianos eliminan una cierta cantidad, o unos tipos de materia coloreada.

Las plantas de tratamiento de aguas residuales no se proyectan generalmente para eliminar el color, así que cualquier reducción en este constituyente es una coincidencia afortunada, pero a causa del daño que se produce a los ríos, las plantas urbanas en el futuro deberían dar una atención mayor a la eliminación del color.

Si la industria conoce el tipo y cantidad de materia coloreada en sus vertidos, los ingenieros pueden hacer alguna predicción relativa a la efectividad de la eliminación del color por el tratamiento previsto a las aguas residuales urbanas.

4.4 FUENTES DE SÓLIDOS

Los sólidos totales son producidos en las aguas residuales de la industria textil debido a materia orgánica como grasas y aceites, agentes tensoactivos, etc. y a materia inorgánica como sales, fósforo, nitrógeno, metales pesados, etc., los cuales son producidos por la utilización de los productos y auxiliares textiles en los diferentes procesos de producción.

A nivel de planta de tratamiento de desechos industriales, los sólidos en suspensión se encuentran en considerable cantidad en muchos vertidos industriales. Se eliminan por rejillas y/o precipitan de las aguas residuales de la planta de tratamiento, dependiendo del tamaño de las partículas.

Los sólidos separados por precipitación y retirados de la corriente se llaman lodos, los que pueden sufrir descomposición anaeróbica (digestión) y son bombeados a los filtros de vacío para extracción del agua residual. Algunos sólidos en suspensión que se precipitan de las aguas residuales industriales, como arenas finas y precipitados de metales insolubles, pueden interferir la digestión de los lodos.

Los sólidos en suspensión de las aguas industriales pueden precipitar más o menos rápidamente que la materia en suspensión en el agua residual urbana. Como precipitan más rápido, los lodos se deben retirar a intervalos menores para prevenir un precipitado excesivo. Los lodos viejos pueden “flotar” en el depósito, lo que producirá un aumento de lodos en el efluente. Un vertido industrial que precipita rápidamente puede acelerar la precipitación de sólidos en las aguas residuales urbanas, uno que precipite lentamente exige un período mayor de retención, mayores depósitos y mayor probabilidad de descomposición de los lodos con sus correspondientes molestias durante el período de bajo caudal. Sin embargo, la cantidad de lodos que se bombea de los sistemas de precipitación en las plantas de tratamiento, se pueden incrementar por la adición de vertidos industriales y esto implicaría un incremento en la capacidad de la planta que obliga a mayores gastos de instalación y funcionamiento.

Las características de precipitación de los residuos industriales solos o combinados con las aguas residuales municipales deben ser determinadas antes de que se llegue a un acuerdo entre la industria y la ciudad. La consistencia de los lodos, el porcentaje de sólidos totales retirados y el peso de los sólidos eliminados, son los criterios para evaluar las características de precipitación.

4.4.1. EFECTO DE LOS SÓLIDOS

Su efecto sobre las aguas naturales es que precipitan en el fondo y se descomponen causando olores y la disminución del oxígeno en estas aguas. Los peces se mueren a causa de ésta súbita baja del contenido de oxígeno en la corriente y los sólidos que precipitan en el fondo pueden cubrir las zonas de desove y reducirse la propagación. Si hay lodos apreciables a simple vista se crean condiciones desagradables e impiden la utilización del río para recreo. Estos sólidos también aumentan la turbiedad de las aguas. Como en cada corriente es diferente la cantidad de sólidos que pueden transportar sin

peligro, las autoridades de control de la contaminación, especifican que los sólidos en suspensión pueden ser vertidos únicamente si su concentración no impide la utilización adecuada de las aguas.

Los aceites, grasas, etc., y los materiales inorgánicos dan a las aguas naturales un aspecto desagradable e impiden el paso de la luz a través del agua, retardando el crecimiento de las plantas. Algunas objeciones específicas a las grasas en las corrientes son:

- Interfieren la reaireación natural;
- Son tóxicos a ciertas especies de peces y vida acuática;
- Crean un peligro de incendio cuando están presentes en el agua superficial en grandes cantidades;
- Destruyen la vegetación a lo largo de los cauces con la consecuente erosión;
- Hacen que no se pueda utilizar el agua para alimentación de calderas o refrigeración;
- Causan dificultades en los tratamientos de aguas para potabilización, dando sabor y olor y produciendo una capa en los filtros de arena de una película muy fuerte;
- Crean una película desagradable en la superficie del agua;
- Descienden el valor potencial del agua para recreo.

Los aceites, grasas y tintes de las fábricas de acabados textiles son molestias desagradables y visibles y esta contaminación visible retrasa el desarrollo de una comunidad o zona, puesto que las industrias se resisten a instalarse en una corriente que está contaminada visiblemente. La falta de industria retrasa el crecimiento de las ciudades, regiones y provincias, ya que el menor dinero obtenido como impuestos, significa menor progreso. Por lo tanto es necesario que estas molestias como color y materias flotantes sean eliminados de las aguas residuales en las plantas de tratamiento.

Las plantas de tratamiento, deben eliminar las grasas en los tanques primarios de sedimentación pero las altas cargas anormales de grasas, fuertemente emulsionadas de las lavanderías, plantas de preparación, etc., que pasan por las unidades primarias (rejas, desarenadores y cámaras de sedimentación) pueden obstruir los sistemas de distribución y

la salida del aire en las unidades biológicas. Una avería prolongada de estas unidades, puede causar la contaminación de la corriente y la súbita pérdida de la vida en la misma.

4.5 FUENTES DE LA DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO₅) Y DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO)

A fin de identificar los procesos y en que medida contribuyen a la DBO₅ en las corrientes residuales, se tomarán los pasos del proceso textil en donde se contribuya potenciales de DBO₅.

La DBO₅ es una medida indirecta de la cantidad de material orgánico presente en el agua que puede ser biológicamente degradado (por microorganismos) en condiciones aeróbicas. Ya que el oxígeno disuelto se consume en el proceso de degradación del material, la cantidad de material orgánico puede expresarse en términos de la cantidad de oxígeno requerido.

Como se utiliza oxígeno en un receptor de agua que recibe residuos orgánicos, las condiciones del agua pueden volverse sépticas y generar problemas en la calidad del agua y la salud pública.

Los valores de DBO₅ en los productos incluídos en los cuadros representan datos típicos previamente publicados. Existen extensos listados de datos relacionados con la DBO₅ de los compuestos químicos empleados en los diferentes procesos especializados de la industria textil que circulan de manera privada y no pueden publicarse porque son de propiedad privada.

Algunos fabricantes de compuestos químicos comparten sin restricciones la información relacionada con sus productos y otros no. Una de las formas en que una planta pueda superar la disponibilidad de información, si se presentara, es insistir en que los valores de DBO, DQO y otros se les sean presentados juntos con otra información esencial (hojas de registro de seguridad del material) como parte de los procesamientos para la evaluación previa de los productos.

CUADRO 4-1

CONTRIBUCIÓN DE LOS DISTINTOS PROCESOS TEXTILES A LA DBO₅

PROCESO	mg de DBO ₅ /100 mg de Tejido
Descrude	45-50
Blanqueo	
Peróxido	3-4
Hipoclorito	8
Mercerizado	
(sin recuperación cáustica)	15
(con recuperación cáustica)	6

4.5.1 PROCESO DE DESCRUDADO

Los procesos de descrude sirven para eliminar los aceites, ceras y otras impurezas naturales e impurezas adquiridas en los procesos de producción. Esto se logra generalmente emulsificando y saponificando los aceites sintéticos y ceras, y las impurezas de origen natural (triglicéridos) respectivamente. En los procesos típicos, los residuos del descrude contribuyen en gran medida, pero en menos del 50 %, a las cargas de DBO₅ en las corrientes residuales provenientes de los procesos de preparación.

Los aceites sintéticos y ceras contienen emulsiones de bobinado, cera de parafina, aceite para el tejido de punto, aceite para el bobinado en conos y otros lubricantes. Estos materiales tienen de por sí una DBO₅ significativa y los emulsificantes empleados para eliminarlos y suspenderlos en la preparación también contribuyen a los niveles de DBO₅.

Además, la DBO₅ de los surfactantes varía de manera significativa, siendo la más alta la de los jabones naturales: productos triglicéridos empleados en la saponificación (ésteres de glicerol de ácidos grasos de cadena larga de origen natural) tales como los ácidos láurico y oleico. Los ácidos grasos y/o sus sales se emplean algunas veces como

agentes de desgrude en un medio alcalino. La DBO₅ típica de éstos es mayor de 1 millón de ppm. Los detergentes sintéticos tienen una DBO₅ más baja.

Sin embargo el uso de productos que de por sí tienen una DBO₅ más baja no siempre es deseable, por ejemplo los alcoholes oxietilenados ramificados son menos degradables, por lo tanto tienen una DBO de 5 días menor que la de los alcoholes oxietilenados lineales.

4.5.2 PROCESO DE BLANQUEO

La DBO₅ en las operaciones de blanqueo es bastante baja, menos del 5% de la DBO₅ total vertida por una planta textil.

En este sentido, en la actual práctica comercial la DBO₅ derivada de las operaciones de blanqueo no constituyen un factor crítico en la producción global de DBO₅. Sin embargo, algunas veces se usan agentes humedecedores y otros auxiliares que pueden contribuir a la carga de DBO₅ y a la toxicidad de estos efluentes. Asimismo, algunas plantas emplean un procedimiento modificado en el que pueden combinarse el desgrude y el blanqueo. Así, el impacto global del control del proceso y reducción en la fuente en el blanqueo es localizada.

4.5.3 PROCESOS DE TEÑIDO

En los procesos de teñido la cantidad y tipo de residuos producidos varían significativamente.

Los problemas con los baños de tinte gastados que se presentan en el teñido discontinuo son mucho más difíciles de manejar debido a que:

- Las corrientes residuales usualmente se arrojan en fosos o zanjas comunes, lo que hace difícil la identificación y separación.
- Las descargas discontinuas de residuos se producen a intervalos discretos.

- La naturaleza de los procesos y de los productos químicos utilizados varia significativamente. .

El cuadro 4-2 permite tener una idea clara de los niveles de polución que producen los diversos tipos de colorantes y de agentes químicos diversos, que han sido evaluados utilizando una escala arbitraria de 1 a 5 los niveles de polución que ellos producen, asignándoles el nivel 1 para los de bajo nivel de polución y de 5 para los de mayor nivel de polución.

CUADRO 4-2

NIVELES DE POLUCIÓN QUE GENERAN ALGUNOS TIPOS DE COLORANTES.

FIBRA	COLORANTE	TIPOS DE PRODUCTOS	GRADO DE POLUCION
ALGODÓN	Directos	Sales inorgánicas.	1
		Productos inorgánicos.	2
		Colorante no fijado: 5-30%	3
		Agentes catiónicos de fijación.	5
	Reactivos	Sales y álcalis.	1
		Productos inorgánicos.	2
		Colorante no fijado: 10-40%	3

Utilizando el mismo criterio, el cuadro 4-3 da los niveles de polución de algunos agentes aniónicos ó productos utilizados en la tintura y otros procesos de la industria textil. De igual forma han sido evaluados utilizando una escala arbitraria de 1 a 5 los niveles de polución que ellos producen, asignándoles el nivel 1 para los de bajo nivel de polución y de 5 para los de mayor nivel de polución.

CUADRO 4-3

**NIVELES DE POLUCIÓN QUE GENERAN ALGUNOS PRODUCTOS Y
AGENTES QUÍMICOS UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA TEXTIL.**

TIPOS DE PRODUCTOS QUIMICOS	DIFICULTAD DE TRATAMIENTO	GRADO DE POLUCION
<ul style="list-style-type: none"> • Álcalis. • Ácidos minerales. • Sales naturales. • Agentes oxidantes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Relativamente inocuos. • Polutantes inorgánicos. 	1
<ul style="list-style-type: none"> • Aprestos a base de almidones. • Aceites vegetales, grasas, ceras. • Ácidos orgánicos. • Agentes reductores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fácilmente biodegradables. 	2
<ul style="list-style-type: none"> • Colorantes y agentes fluorescentes o blanqueadores ópticos. • Fibras y polímeros. • Impurezas varias. • Encolantes de poliacrilato. • Polímeros sintéticos. • Siliconas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Polímeros y colorantes difíciles a la biodegradación. 	3
<ul style="list-style-type: none"> • Grasa de la lana. • Aprestos a base de PVA. • Éteres y ésteres de almidón. • Aceites minerales. • Surfactantes resistentes a la biodegradabilidad. • Suavizantes aniónicos y no iónicos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dificiles de biodegradarse. • Moderado DBO. 	4
<ul style="list-style-type: none"> • Formaldehído y metales pesados. • Reactantes metilólicos. • Solventes clorinados y carrier. • Retardantes y suavizantes catiónicos. • Biocidas. • Agentes secuestrantes. • Sales de metales pesados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inapropiados para la biodegradación. • Insignificante DBO. 	5

4.5.4 PROCESO DE ACABADO

El acabado es un proceso típicamente continuo que produce muy poco o nada de agua residual, con excepción quizá del agua de enfriamiento que no entra en contacto con

los materiales tratados y un poco de agua del lavado final. En ocasiones se produce agua condensada producida por el equipo calentado con vapor, pero la cantidad es bastante reducida en comparación con el residuo del teñido y de la preparación. Otra fuente de residuo potencialmente significativa es la descarga de mezcla de acabado no utilizadas que contienen resinas, catalizadores, humedecedores, ablandadores, mejoradores y otras sustancias. Las reducciones en la fuente en el caso del acabado se pueden lograr añadiendo y reusando las mezclas de acabado en lugar de efectuar descargas cada vez que sea posible.

Son pocos los tipos de acabado que se aplican mediante métodos de agotamiento. Estos generalmente se llevan a cabo después o como parte del proceso de teñido e incluyen ablandadores, lubricantes, fijadores y otros acabados especiales (antimanchas, antibacterias, etc.).

4.5.5 EFECTO DE LA DBO

El efluente que produce la industria textil es un líquido químicamente muy complejo debido a la gran variedad de reactivos y auxiliares que se utilizan en el proceso. Este líquido generalmente se caracteriza por poseer una alta carga orgánica, que dependiendo del sector de donde procede puede o no ser biodegradable. El efecto de estas altas cargas orgánicas en el desagüe, hace que en el curso receptor disminuya la cantidad de oxígeno disuelto, que naturalmente posee 9-10 mgr/lit a 20°C, perjudicando en primer término a la flora y fauna acuática. Por aireación natural los cursos tienden a recuperar su tenor de oxígeno disuelto, pero si la carga es superior a su capacidad de **autodepuración** (rotura del equilibrio dinámico), la concentración de oxígeno continúa disminuyendo hasta hacerse nula. En consecuencia desaparece la fauna y la flora, por lo que se consume el oxígeno en los ríos y se crea olores y gustos desagradables, en general, condiciones sépticas. Los peces y la mayor parte de la vida acuática se muere por falta de oxígeno. Se sabe en general que el límite para la supervivencia de los peces es de 3 a 4 mg/l. de oxígeno disuelto, y toda sustancia orgánica comienza a degradarse por proceso de anaerobiosis:

- Los cursos se tornan oscuros por la descomposición.

- Hay desprendimiento de gases malolientes.
- Con el desprendimiento de gases flotan barros en estado de putrefacción dando un aspecto desagradable al curso.

4.6 FUENTES DE COMPUESTOS TOXICOS

Los principales componentes del agua residual son las impurezas naturales que se encuentran en las fibras naturales y los compuestos químicos agregados durante los procesos empleados para el tratamiento de fibra, hebras o tejidos.

Las plantas de procesamiento textil utilizan una amplia variedad de tintes y otros compuestos químicos, incluidos los ácidos, bases, sales inorgánicas, agentes humedecedores, tintes y otros acabados auxiliares. Muchos de éstos no permanecen en el producto textil terminado sino que se desechan después de un uso específico. El efluente combinado de una planta textil, por tanto puede contener cualquiera de estos compuestos o todos ellos.

Muchos de estos agentes químicos empleados en la industria textil son considerados tóxicos y peligrosos. La descarga de estas sustancias en el medio ambiente pueden causar serios perjuicios a la salud y al bienestar de una comunidad expuesta o ecosistema afectado. Estos materiales pueden crear serios peligros para la salud y enfermedades de naturaleza crónica.

Las aguas superficiales y subterráneas, los suelos y el aire pueden contaminarse todos con sustancias peligrosas y tóxicas.

Una de las preocupaciones ambientales principales actualmente bajo estudio es la descarga de materiales tóxicos provenientes de fuentes puntuales. Las pruebas de precisión de toxicidad mediante ensayos biológicos aplicadas a los efluentes de las plantas textiles han mostrado distintos grados de toxicidad acuática. Muchos residuos tratados por las plantas muestran un bajo nivel de toxicidad acuática incluso en concentraciones relativamente bajas.

No se conoce con exactitud la identidad de estos tóxicos ni las de los precursores de los tóxicos contenidos en el agua de procesamiento textil. Este tema se encuentra actualmente en estudio. A pesar de la falta de información específica, los estudios de los residuos de agua y el conocimiento de la naturaleza de los químicos, tintes y procesos empleados en la industria textil permiten establecer ciertas generalidades. Los tipos de sustancias tóxicas que se pueden esperar predominen en las aguas residuales de la industria textil son:

- Metales
- Detergentes (Surfactantes).
- Sustancias Orgánicas tóxicas como fenoles, solventes aromáticos, ácido de metileno, cloruro, percloroetileno y ácido oxálico.

4.6.1 EFECTO DE LOS METALES

Los datos publicados por el American Dyestuff Manufacturers Institute (Instituto Americano de Fabricantes de Colorantes) revelan que puede esperarse la presencia de metales en cantidades diversas en distintas clases de tintes, lo cual está representado en el cuadro 3-8. Sin duda, el contenido de metales de los componentes individuales de cada clase de tinte puede variar significativamente.

La principal fuente de residuos de cobre derivados del procesamiento húmedo proviene de los colorantes. Cada tinte contiene en particular cobre como parte integral de la estructura molecular o de su cromóforo; por lo tanto, la mayoría del metal se agota en el tejido con el tinte.

Sin embargo lo típico es que de 5% a 15% de los tintes directos permanezcan no agotados en los baños de tintura gastados. De este modo, algunos metales en general se descargan como residuo.

Otras fuentes de metales que se puede identificar de manera específica en las operaciones de procesamiento húmedo son:

- Oxidantes para tintes de tina y al azufre (cromo)

- Tratamiento posterior con sulfatos de cobre para tintes directos.
- Acabado pirotardantes, antimanchas e impermeables.
- Géneros en crudo.
- Agentes decolorantes de tintes como permanganato, el sulfoxilato formaldehído y el dicromato.

Dos de estos (oxidantes y tratamientos posteriores) están directamente relacionados con la aplicación de tintes y se usan algunas veces para asegurar una completa fijación y/o un entrapamiento del tinte dentro de la fibra.

Un ejemplo de éstos es el sulfato de cobre para darle un tratamiento posterior a los tintes directos, muy poco empleado el día de hoy en beneficio del uso de fijadores resinosos orgánicos. Estos fijadores resinosos tienen un contenido mas elevado de nitrógeno y DBO, pero no contienen cobre. Un procedimiento alternativo que evita tanto los metales pesados como la DBO consiste en utilizar sales epsom como antimigrante hasta que pueda aplicarse el fijador a partir de una fórmula de acabado continuo con resina.

CUADRO 4-4

CONTENIDO DE METALES EN DETERMINADOS TINTES (MG/L.)

METAL	CLASE DE COLORANTE					
	ACIDO	BASICO	DIRECTO	DISPERSO	REACTIVO	DE TINA
Arsénico	<1	<1	<1	<1	1.4	<1
Cadmio	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Cromo	9	2.5	3.0	3.0	24	83
Cobalto	3.2	<1	<1	<1	<1	<1
Cobre	79	33	35	45	71	110
Plomo	37	6	28	37	52	6
Mercurio	<1	0.5	0.5	<1	0.5	1.0
Zinc	<13	3.2	8	3	4	4

Además, algunas clases de colorantes requieren que se produzca la oxidación y/o reducción durante la aplicación y fijación del tinte. Estos tintes (particularmente los de tina y aquellos al azufre) eran anteriormente oxidados con dicromato, pero actualmente se oxidan con yodato, bromato, peróxido, etc.

Finalmente, los procedimientos de separación aplicados a muchas clases de tinte pueden conllevar el uso de metales y/u otras sustancias tóxicas. Uno es el tipo de decolorante de tintes con sulfoxilato - formaldehído de zinc que se utiliza en algunas clases de tinte. Este tipo de procedimiento de separación puede contribuir a que las corrientes residuales contengan zinc. Otro tipo común de procedimiento de decoloración para acabados con resinas es el ácido oxálico. Se sabe que esta sustancia es tóxica. Un procedimiento de decoloración con ácido fosfórico y urea resulta igualmente efectivo para la mayoría de los acabados con resina y tienen un nivel mucho más bajo de toxicidad. Estos procedimientos de decoloración sirven para reprocesar tejidos defectuosos.

4.6.2 EFECTO DE LOS DETERGENTES

Los detergentes son aquellos productos con capacidad de limpiar y tienen como característica común la capacidad de disminuir la tensión superficial de los líquidos en que se disuelven. Estos compuestos están constituidos químicamente por surfactantes petroquímicos y otros obtenidos sintéticamente. Los surfactantes son los que proveen de gran parte del poder limpiador a este tipo de detergentes. Otro grupo de sustancias que frecuentemente contribuyen a generar problemas de toxicidad acuática son los emulsificadores y dispersantes.

Estos compuestos son usados en todos los procesos húmedos de la industria textil, debido a que es necesario siempre lavar el material procesado para eliminar toda sustancia que no se desee. Así el proceso que más utiliza detergente es el descrudado, donde se requiere eliminar todas las impurezas que tiene el algodón, el cual se encuentra en su estado crudo. Podemos decir entonces que la mayor fuente de toxicidad producida por los detergentes la vamos a encontrar en el descrudado.

Los problemas causados por los detergentes se pusieron de manifiesto cuando se detectó que estos compuestos persistían en el ambiente. Las pruebas no consistían en el agua tóxica sino en la espuma. La acción nociva de los detergentes sobre las aguas es diversa, pero estas actúan de los siguientes modos:

- Inhiben las oxidaciones biológicas y químicas produciendo por tanto, aguas muy contaminadas, una baja en el DBO. Esto se debe, entre otras muchas causas, a que en presencia de detergentes las bacterias se rodean de una película que las aísla del medio, dejando por tanto de actuar.
- En los lechos bacterianos y en los lodos activados de las estaciones depuradoras ejercen su acción inhibidora, perturbando el objetivo de depuración propuesta.
- Al utilizarse grandes cantidades de perborato sódico en su fabricación, producen un aumento progresivo del contenido en boro de las aguas superficiales.
- No son tóxicos para bacterias, algas, ictiofauna y otros organismos de los cursos de agua en concentraciones inferiores a 3 mg/lit.
- Forman espumas que dificultan y paralizan los procesos de depuración artificial o natural (debido a que aparecen proteínas, partículas sólidas, sales minerales, etc.).
- La absorción de oxígeno por parte del curso de agua a partir de la atmósfera se ve afectada al aparecer una película aislante.
- Producen sabor desagradable.
- Producen aumento del contenido en fosfatos en las aguas continentales, favoreciendo la proliferación de algas y los procesos de eutrofización.
- Si la granulometría es fina, la superficie de depósito del detergente será mayor, dificultando el paso del líquido.

- Si la granulometría es gruesa, el líquido penetra por gravedad, mientras que si son pequeños el factor dominante es la capilaridad y la penetración es menor.
- Los detergentes pueden estabilizarse en un suelo por periodos de tiempo muy variables sin descomponerse, según la climatología de la zona, y su presencia puede favorecer la penetración de otras sustancias contaminantes.
- Los estructuradores con polifosfatos son motivo de honda preocupación ya que tanto ellos como los productos resultantes de su hidrólisis contienen obviamente fósforo, que se halla implicado, junto con otros nutrientes, directamente en el proceso Eutrofización.

4.6.2.1 Eutrofización

La palabra eutrofización procede de dos palabras griegas: eu, que significa “bueno” o “bien”, y trophos, “alimentos; así pues, eutrófico se puede traducir como “rico en nutrientes (alimentos)”. Todos los lagos experimentan un enriquecimiento natural con el paso del tiempo. Se acarrean sedimentos hacia ellos desde la hoya tributaria circundante y se extraen de los mismos los nutrientes solubles. Esta eutrofización natural es, desde el punto de vista humano, un proceso lento pues suele verificarse a lo largo de miles de años. La descarga de aguas negras no tratadas y de residuos industriales apresura el proceso en alto grado, lo cual suele describirse como una eutrofización cultural. Los lugares donde los niveles de nutrientes son particularmente alto, se caracterizan por abundante vegetación litoral, frecuente estancamiento veraniego con floraciones algáceas y ausencia de peces; se describen como **eutróficos**. Los lugares donde los niveles de nutrientes son bajos se designa como **oligotróficos** (oligo significa “pequeño”). Los lugares con niveles intermedios de nutrientes se llaman **sotróficos**.

Las actividades humanas pueden provocar la liberación de cantidades excesivas de nutrientes, producto de sus actividades industriales, en los ecosistemas acuáticos. El resultado es una aceleración de la eutrofización la cual se conoce, más comúnmente, como el estado de una masa de agua que se manifiesta en una intensa proliferación de algas y plantas superiores acuáticas y su acumulación en cantidades excesivas, esto produce olores y sabores poco agradables del agua, además que llegan a convertirse en

grandes consumidores de oxígeno disuelto al morir y corromperse los vegetales. Esto último lleva al proceso de desoxigenización con los efectos ya conocidos. Esta acumulación puede producir cambios perniciosos en la calidad del agua y en las poblaciones biológicas de una masa de agua, lo cual puede interferir significativamente con la utilización del hombre de dicha fuente de agua.

La Organización para la Cooperación Económica y Desarrollo define la eutrofización como “ el enriquecimiento en nutrientes de las aguas, que provoca la estimulación de una serie de cambios sintomáticos, entre los que el incremento en la producción de algas y macrofitas, el deterioro de la calidad de agua y otros cambios sintomáticos resultan indeseables e interfieren con la utilización del agua.

Un aumento en la entrada de nutrientes minerales (principalmente **fósforo** y **nitrógeno**) a un lago puede estimular el crecimiento de algas y plantas acuáticas, lo que a su vez, puede estimular el desarrollo de peces y otros organismos de niveles tróficos superiores en la cadena de alimentación acuática. Este último fenómeno se denomina a menudo “eutrofización cultural” para distinguirla del proceso natural. Una masa de agua que sufre eutrofización cultural puede ser tratada de forma que vuelva a tener una velocidad de “envejecimiento” característica de una eutrofización natural. Sin embargo, para masas de agua (lagos y pantanos) sometidas a eutrofización intensa, las medidas de control necesarias pueden resultar bastantes costosas y difíciles de aplicar.

Los efectos de la eutrofización se consideran negativos en muchos lugares del mundo y frecuentemente reflejan la percepción humana de una buena frente a una mala calidad del agua. El excesivo crecimiento de algas y plantas acuáticas es claramente perceptible y puede interferir significativamente con los usos y la calidad estética de una masa de agua. Una consecuencia de tal crecimiento puede ser la aparición de problemas en el sabor y olor del agua potable extraída de una masa de agua, incluso aunque el agua se trate y filtre antes de su uso. Con algas eutróficas, el proceso de tratamiento del agua puede resultar más caro y tardar más tiempo, y la transparencia del agua puede ser mucho menor.

También se dan consecuencias ecológicas significativas relacionadas con la eutrofización cultural. Cuando la población de algas muere y se sedimenta en el fondo de una masa de agua, su descomposición por bacterias puede reducir las concentraciones de oxígeno en las aguas del fondo hasta niveles demasiado bajos para mantener la vida de los peces, provocando su muerte. Tales condiciones de deficiencia de oxígeno puede también darse en aguas con cantidades excesivas de hierro y manganeso que puede interferir con el tratamiento de potabilidad.

Existen también riesgos potenciales para la salud, especialmente en regiones tropicales, relacionados con enfermedades parasitarias como esquistosomiasis, oncocerquiasis y malaria, que puede verse agravados por la eutrofización cultural al intensificar ésta los hábitats adecuados para la proliferación de estos organismos.

Actualmente se calcula que el 40 % de Fósforo en aguas residuales proviene de los fosfatos de los detergentes.

4.6.2.2 Los Fosfatos

El ciclo del fósforo, en particular en el sistema acuático, es de especial interés para los científicos e ingenieros ambientales. El fósforo, un elemento indispensable para el crecimiento, con mucha frecuencia se encuentra en cantidades limitadas en ríos y lagos, en tanto que el carbono y nitrógeno están disponibles en mayor abundancia. Por consiguiente, el crecimiento excesivo de algas y hierbas acuáticas en ríos y lagos en muchos casos se puede reducir o impedir limitando sólo la provisión de fósforo. Por tanto, el fósforo es un **factor limitante**.

La aportación de fósforo por actividades humanas puede ser mayor que la de las fuentes naturales. Las aguas negras domésticas contienen fósforo de las heces y de los detergentes comerciales, en los cuales se utiliza fosfatos (como agentes humectantes), aunque en gran medida esta última contribución se ha reducido en muchos lugares a causa de la legislación. Por consiguiente, el fósforo soluble puede alcanzar concentraciones altas en ciertas aguas contaminadas. Este fósforo, fácilmente disponible; en muchos casos da origen al crecimiento de organismos perjudiciales, como las algas

filamentosas que causan problemas de sabor y olor al agua y obstruyen los filtros de las plantas de tratamiento.

El fósforo es un componente de los ácidos nucleicos, los fosfolípidos y también de numerosos compuestos fosforilados. Se ha observado que la proporción de fósforo respecto a otros elementos en los organismos tiende a ser considerablemente mayor que en fuentes externas como el suelo o el agua, lo cual indica que la provisión de fósforo es de importancia crítica para el crecimiento biológico en los lagos. Para su nutrición las plantas y las bacterias necesitan fósforo en la forma de fosfato (disuelto), generalmente como ortofosfato (PO_4). Estos organismos lo asimilan de manera directa, y convierten en su protoplasma el PO_4 en la forma orgánica (insoluble). La descomposición de estos organismos disuelve y libera (mineraliza) el fósforo para su nueva utilización. No obstante, en los lagos gran parte del fosfato es extraído del agua por el sedimento, y más tarde eliminado de la circulación estacional.

Se deben considerar que los fosfatos tienen ciertas cualidades:

- Los fosfatos no son tóxicos ni para la vida acuática, ni para el hombre.
- Los fosfatos deben usarse para varios tipos de fibra, sin malograrlos.
- No son corrosivos, por lo que pueden usarse en cualquier tipo de máquina.
- Se descomponen satisfactoriamente mediante hidrólisis en las plantas depuradoras.
- Después de degradarse ya no se comportan como agentes secuestrantes.
- No interfieren con otros procedimientos de tratamientos de residuos.
- Su estructura química y reacciones son muy bien conocidas.

4.6.3 EFECTO DE LOS AGENTES DE LIMPIEZA

Durante los procedimientos de decoloración, una fuente de decolorantes tóxicos que algunas veces se pasa por alto es la de los agentes limpiadores usados en las máquinas de teñido, etc.

Estos procesos con frecuencia no se controlan en la misma medida en que se controlan los procesos de teñido, y las sustancias químicas especiales para la limpieza de las máquinas con frecuencia contienen solventes tóxicos.

En los procesos de limpieza el objetivo es eliminar todo tipo de sustancia que no sea deseable y que pueda perjudicar al proceso siguiente. Para esto se pueden utilizar detergentes combinados con sustancias alcalinas, y regulados con ácidos u otras sustancias, dependiendo del grado de limpieza que se desee.

Los detergentes utilizados pueden ser los mismos utilizados en el proceso de descruce, combinados con hidrosulfito de sodio, hipoclorito de sodio o clorito de sodio, además de ácido fórmico o acético.

4.7 FUENTES DE EMISION AL AIRE

La contaminación del aire como consecuencia de las emisiones de gases y vapores diversos que se producen en los procesos húmedos que normalmente se llevan a cabo en la industria textil son definitivamente formas de contaminación potencial del aire, aún cuando se trata de otras formas de polución e incluso son considerados por los especialistas como una forma diferente de contaminación y por lo tanto las formas y métodos de control, así como los límites o estándares de tolerancia son también diferentes, siendo además distintas las leyes o reglamentos que se utilizan para el control, las mismas que casi siempre son de ámbito local preferentemente.

Por lo general las emisiones de gases y vapores contaminantes se producen debido al uso de diversos agentes químicos que se utilizan en los diversos casos de acabados textiles, conocidos como acabados de alta calidad o acabados funcionales, en los cuales se utilizan como agentes de recubrimiento o como agentes reactantes con la fibra, como el poliuretano, así mismo también otra sustancia formadora de polímeros o resinas sobre la fibra, como son los acabados anti-inflamables, los acabados anti-manchas, los acabados de impermeabilización e hidrofugación, los acabados inarrugables, inencogibles, etc; y que por lo general son aplicados especialmente sobre artículos textiles a base de fibras celulósicas, como los de algodón preferentemente. Siendo todos estos

procesos generadores de emisiones de compuestos orgánicos volátiles: “VOC”, que van a la atmósfera, ya sea durante la aplicación de tales formulaciones de acabados, mediante impregnación en el textil o también durante el almacenamiento de tales artículos ya acabados durante el almacenamiento y comercialización.

Como relación de tales sustancias que suelen ser emitidas al ambiente atmosférico y que por lo tanto deben ser controlados hasta los límites de tolerancia correspondiente, es la siguiente:

- Óxidos de azufre o de óxidos compuestos sulfurados.
- Óxidos de nitrógeno o de óxidos compuestos nitrogenados.
- Óxidos de carbono.
- Compuestos orgánicos e hidrocarburos incluyendo productos con una parcial oxidación.
- Los metales pesados y sus compuestos.
- Vapores diversos, humos, polvos, arenillas, etc.
- Fibrillas de asbesto, fibrillas de vidrio, etc.
- Los halógenos y sus compuestos.
- Compuestos fosforados diversos.

Con respecto a los límites de concentración o tolerancias mínimas en la atmósfera para tales compuestos utilizados en los procesos de aplicación de dichos acabados funcionales, son los siguientes, para algunos de tales productos:

CUADRO 4-5

PRODUCTO	LIMITE mg/m ³
Compuestos orgánicos volátiles (como el carbono total)	50
Partículas de materias diversas	50
Monóxido de carbono	100
Isocianatos (como el grupo NCO)	0.1
Formaldehído	20

Las emisiones que van al aire emanan de varios lugares en las operaciones textiles típicas:

- Secadoras de aire caliente.
- Máquinas de teñido.
- Tanques de almacenamiento.
- Área de depósito.
- Ventilación en general.

Un residuo importante derivado del acabado lo constituyen las emisiones al aire provenientes del secado a temperaturas elevadas y de los hornos empleados para el proceso de curado. Por lo general, éstas contienen cantidades diversas de componentes volátiles de la mezcla de acabado así como cualquier otro residuo volátil del procesamiento anterior que haya quedado en el tejido. Una preparación adecuada y una selección sensata de los agentes que se van a emplear en la preparación, teñido y acabado pueden ayudar a reducirlas.

Son dos los compuestos químicos emitidos básicamente en todas las operaciones textiles son más comunes: ácido acético y formaldehído. El ácido acético podría ser emitido por los tanques de almacenamiento a granel y, en menor medida, es

posible que pueda provenir de las máquinas de teñido y/o secadoras. Las emisiones de los tanques de almacenamiento a granel se producirían a través de las ventilas, y ocurriría durante el llenado y debido a pérdidas por ventilación.

El formaldehído puede ser emitido por tanques de almacenamiento de resina a granel, depósitos de tejidos acabados, secadoras y hornos de cura. Las emisiones de los tanques de almacenamiento a granel pueden estar por sobre los límites permisibles. En cuanto a las emisiones de las secadoras, también se puede esperar en este caso que se encuentren por encima de las cantidades mínimas.

4.8 OTRAS FUENTES DE CONTAMINACION

Los contaminantes químicos son todas las sustancias que pueden presentarse en forma de polvos, líquidos, gases, vapores, etc. cuyas vías de ingreso al organismo son el aparato respiratorio, digestivo y la piel. De estas tres vías, la más importante es la respiratoria (más del 90% de los tóxicos ingresan por esta vía).

4.8.1 EFECTO DEL POLVO DE ALGODÓN

Uno de los principales contaminantes de las vías respiratorias del ser humano en el proceso productivo textil es el polvo de algodón cuando se usa como materia prima.

Al ser inhalados los polvos vegetales pueden ejercer una diversidad de efectos lesivos en las vías respiratorias y los pulmones. La adsorción, en las vías respiratorias o los alvéolos pulmonares, de sustancias que se encuentran en los polvos vegetales puede originar cuatro tipos principales de respuesta.

El primer tipo es una reacción alérgica (atópica) que puede ocurrir en las vías respiratorias superiores (fiebre del heno), en los bronquios (asma), o en ambos. Entre las alergias más importantes son las que causan los pólenes, puesto que afectan a un gran número de individuos. Este es sólo uno de muchos criterios de calificación.

El segundo tipo comprende alteraciones inmunológicas del parénquima pulmonar, que pueden hacerse irreversibles al cabo de exposiciones prolongadas. Las enfermedades originadas por las respuestas de este tipo se denominan, en conjunto, neumonitis alérgica extrínseca o neumonitis por hipersensibilidad.

El tercer tipo de respuesta es la irritación inespecífica simple de las vías respiratorias, que con la exposición prolongada puede llegar a producir una neumopatía obstructiva crónica (NOC). La irritación de las vías respiratorias, en que probablemente actúen como intermediarios químicos los receptores del epitelio bronquial, desencadena un reflejo tusígeno o una constricción bronquial aguda, y si la exposición se repite puede provocar que aumente el número de células productoras de moco y se establezca la primera etapa de la bronquitis crónica.

El cuarto tipo de respuesta es la bisinosis, afección que se caracteriza por opresión torácica y respiración superficial, o cualquiera de ambas, que ocurre cuando la persona reanuda sus labores después de cierta ausencia. En los individuos que sufren la bisinosis puede sobrevivir finalmente la incapacidad respiratoria permanente. La bisinosis se suele observar entre los obreros que manejan algodón y otros empleados de la industria textil en todo el mundo.

La prevalencia de bisinosis de todos los grados ha oscilado entre 20-50% en las áreas de cardado, donde las concentraciones de los polvos respirables han sido de 0.35-0.50 mg/m³. Aun cuando las concentraciones de los polvos respirables descendan hasta 0.1 mg/m³ puede haber manifestaciones clínicas de este padecimiento entre algunos obreros, especialmente cuando reanudan sus labores después de la vacación anual.

CONCLUSIÓN

Por la información mostrada en este trabajo podemos decir que los efluentes que liberan los diferentes procesos húmedos que se realizan en una tintorería de tejido de punto de algodón producen un grado de contaminación, siendo unos procesos húmedos más contaminantes que otros, ya sean por el procedimiento de trabajo o por los productos usados en estos.

Todos los procesos húmedos realizados en una tintorería de tejido de punto de algodón van a tener las mismas fuentes de contaminación, siendo en algunos casos estas fuentes de mayor valor que en otros, esto debido a los diferentes procedimientos de trabajo y a las diferentes cantidades a usar de productos.

Por lo que podemos decir que en un proceso de tratamiento previo, es decir un descrudado y/o un blanqueo químico va a tener un mayor valor en las fuentes de contaminación comparados con los demás procesos húmedos; esto debido al procedimiento de trabajo específico para tal fin, que es, la limpieza del sustrato o material a ser procesado.

Los demás procesos húmedos como el teñido, los acabados, etc. también generan fuentes de contaminación, pero estos van a ser en menor grado.

Además los valores obtenidos nos van a ayudar para realizar las diferentes modificaciones a los procedimientos de trabajo o de lo contrario realizar los cambios de los productos, para así tener un menor nivel de contaminación en el efluente producido, y llegar así a lo conocido como una producción limpia.

BIBLIOGRAFIA

1. Características y tratamientos de los desagües industriales textiles.
Autor: Fernández, Guillermo / Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Centro de Investigaciones Textiles.
Fuente: Buenos Aires; CIT, 1981, 20 p.
2. Análisis y tratamiento de las aguas de desecho de la fábrica textil “La Internacional”.
Autor: Almeida Pavón, Marcelo
Fuente: Quito; 1982, 151 p. Profesor guía: Freddy Orbe Morillo
3. Tensoactivos: Características y efectos asociados al cuidado del medio ambiente en la industria textil.
Autor: Comisión de Medio Ambiente Textil. Sub Comisión de Auxiliares
Fuente: Buenos Aires; CMAT, 1995, 32 p.
4. Minimización de residuos peligrosos generados en la industria textil.
5. Acabado textil y la contaminación de las aguas.
6. Tratamiento de aguas residuarias en industrias texteis.
Autor: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
Fuente: Sao Paulo; CETESB, 1991, 74 p.
7. Informe técnico sobre minimización de residuos en la industria textil.
Autor: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
Fuente: Lima; CEPIS, 1995, v,79 p.
8. Contaminación de las aguas residuales provenientes de la industria textil.
9. Evaluación de impacto ambiental.

10. Química textil. (FIQM)
Química textil, v.2: las fibras textiles y su tintura
Costa, Mirko Raimondo
Lima : s.n., 1990.-- 563 p.

11. Productos Químicos orgánicos industriales. (FIQM)
Productos químicos orgánicos industriales; v.2: tecnología, formulaciones y usos
Wittcoff, Harold A.; Reuben, Bryan G.
México, D.F. : Limusa, 1991.-- 522 p.

12. Química aplicada a la industria textil. (FIQM)
Química aplicada a la industria textil, t.3; tintura de fibras textiles
Riquelme Sánchez, Manuel
Barcelona : Manuel Marín, 1954.-- 646 p.

13. Blanqueo material textil. (FIQM)
Introducción al blanqueo de materiales textiles
Cegarra Sánchez, José
Barcelona : Romarfrag, 1966.-- 348 p.

14. Aguas residuales – tratamiento. (FIQM)

15. Características y tratamientos de los desagües industriales textiles.
Autor: Fernández, Guillermo / Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Centro de Investigaciones Textiles.
Fuente: Buenos Aires; CIT, 1981, 20 p.

16. Análisis y tratamiento de las aguas de desecho de la fábrica textil “La Internacional”.
Autor: Almeida Pavón, Marcelo
Fuente: Quito; 1982, 151 p. Profesor guía: Freddy Orbe Morillo

17. Tensoactivos: Características y efectos asociados al cuidado del medio ambiente en la industria textil.

Autor: Comisión de Medio Ambiente Textil. Sub Comisión de Auxiliares

Fuente: Buenos Aires; CMAT, 1995, 32 p.

ANEXO

CASO: ANÁLISIS DEL EFLUENTE DE UNA PLANTA TEXTIL

A. ANÁLISIS DE EFLUENTES:

A.1 INDICACIONES PARA LA TOMA DE MUESTRAS DE AGUA PARA ANÁLISIS:

A.1.1 FÍSICO-QUÍMICOS:

- Utilizar frascos de plásticos con tapa y limpios.
- Enjuagar el frasco por lo menos tres veces con la muestra.
- Al tomar la muestra llenar completamente el frasco e inmediatamente tapar.
- Mantener la muestra en contenedores a menos de 10°C (refrigerada, no congelar la muestra), no requiere de preservantes.
- El tiempo de recolección de la muestra hasta el inicio del análisis no debe exceder de 48 horas, por lo que se recomienda enviar las muestras de inmediato al laboratorio.
- El pH debe determinarse en el lugar de muestreo.
- Identificar el lugar, fecha y hora de muestreo, tipo de muestra, persona encargada de tomar la muestra y otras observaciones adicionales.

**CUADRO A-1
CARACTERÍSTICAS DE PARA LA TOMA DE MUESTRA**

Parámetro	Volumen requerido (ml)	Preservación	Tiempo máximo de conservación
pH	50	Refrigerada a 4°C	2 horas
Turbiedad	50	Refrigerada a 4°C	48 horas
Alcalinidad	125	Refrigerada a 4°C	48 horas
Sólido Total	125	Refrigerada a 4°C	7 días
Sólido Disuelto	125	Refrigerada a 4°C	7 días
Sólido Suspendido	250	Refrigerada a 4°C	7 días

A.1.2 MATERIAL EXTRACTABLE EN HEXANO (ACEITES Y GRASAS):

- Utilizar frascos de vidrio con tapa enjuagados con hexano.
- Abrir el frasco y tomar la muestra dejando un espacio de 2.5 cm de vacío, adicionar 5 ml de ácido clorhídrico HCl 6N o 2.5 ml HCl concentrado por litro de muestra e inmediatamente tapar.
- Mantener la muestra en contenedores a 4°C (refrigerada, no congelar la muestra).
- El tiempo de recolección de la muestra hasta el inicio del análisis no debe exceder de 28 días.
- El volumen mínimo de muestra requerida para el análisis de aceites y grasas es 1000 ml.
- Identificar el lugar, fecha y hora de muestreo, tipo de muestra, persona encargada de tomar la muestra y otras observaciones adicionales.

A.1.3 DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO):

- Utilizar frascos de plásticos o vidrio con tapa, limpios de preferencia.
- Al tomar la muestra llenar completamente el frasco e inmediatamente tapar.
- Mantener la muestra en contenedores a menos de 10°C (refrigerada, no congelar la muestra), no requiere de preservantes.
- El tiempo de recolección de la muestra hasta el inicio del análisis no debe exceder de 24 – 30 horas, por lo que se recomienda enviar las muestras de inmediato al laboratorio.
- El volumen mínimo de muestra requerida para el análisis es 1000 ml.
- Identificar el lugar, fecha y hora de muestreo, tipo de muestra, persona encargada de tomar la muestra y otras observaciones adicionales.

A.1.4 DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO):

- Utilizar frascos de vidrio con tapa, lavados en una solución de ácido sulfúrico a 10%, enjuagado con abundante agua de grifo y agua destilada.
- Enjuagar el frasco por lo menos tres veces con la muestra.

- Al tomar la muestra llenar completamente el frasco y adicionar 1 ml de ácido sulfúrico concentrado por litro de muestra e inmediatamente tapar.
- Mantener la muestra en contenedores a 4°C (refrigerada, no congelar la muestra).
- El tiempo de recolección de la muestra hasta el inicio del análisis no debe exceder de 48 horas, por lo que se recomienda enviar las muestras de inmediato al laboratorio.
- Identificar el lugar, fecha y hora de muestreo, tipo de muestra, persona encargada de tomar la muestra y otras observaciones adicionales.

CUADRO A-2

CARACTERÍSTICAS PARA LA TOMA DE MUESTRA

Parámetro	Volumen requerido (ml)	Preservación	Tiempo máximo de conservación
DQO	100	Refrigerada a 4°C	7 días

A.2 RESULTADO DE LOS ANALISIS:**CUADRO A-3****RESULTADO DE ANALISIS REALIZADO AL AGUA RESIDUAL DE UNA
PLANTA TEXTIL DE TEJIDO DE PUNTO**

TIPO DE ANALISIS	pH	TEMPERATURA	TURBIEDAD	ALCALINIDAD TOTAL	S. TOTALES	S. DISUELTOS	S. SUSPENDIDOS	ACEITES Y GRASAS	OD	DBO	DQO
Unid.		°C	N.T.U	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
2 Nov.	10.5	42.9	18.6	256.3	1486	1431	55				
2 Nov.	10.5	42.9	16.2	234.8	1410	1332	78	29	6.75	85	1014
3 Nov.	11.6	45.6	20.3	205.9	1671	1609	62				
6 Nov.	10.7	46.9	34.8	223.6	1620	1556	64				
7 Nov.	11.3	46.3	22.1	209.6	1587	1521	66				
8 Nov.	11.1	41.5	17.3	238.2	1411	1373	38				
9 Nov.	11.3	44.2	42.6	222.1	1458	1452	6				
9 Nov.								5	7.1	591	2424
10 Nov.	11.7	47.2	26.7	231.8	1416	1349	67				
13 Nov.	10.9	48.5	20.8	214.9	1465	1443	22				
14 Nov.	10.8	39.8	23.9	261.8	1468	1427	41				
15 Nov.	11.5	44.7	15.6	249.3	1545	1521	24				
16 Nov.	11.3	47.3	17.2	230.6	1486	1401	85				
16 Nov.	11.3	47.3	11.65	208.3	1619	1531	88	10	7.4	122	599
17 Nov.	11.7	42.5	21.5	213.6	1500	1478	22				
20 Nov.	11.2	47	29.3	235.4	1474	1435	39				
21 Nov.	11.4	47	19.6	261.4	1361	1338	23				
22 Nov.	10.8	39.5	35.2	215.1	1424	1416	8				
23 Nov.	11.3	44.9	27.9	204.9	1410	1349	61				
23 Nov.								21	4	183	359
24 Nov.	11.1	43.2	46.8	245.7	1432	1387	45				
27 Nov.	10.4	40.9	34.2	228.6	1478	1424	54				
28 Nov.	11	42.5	26.1	243.9	1435	1373	62				
29 Nov.	11.6	44.5	18.2	253.4	1438	1413	25				
30 Nov.	11.3	40.7	33.8	239.8	1393	1346	47				

A.2. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE SEDIMENTACIÓN:

A.2.1. PRUEBAS DE SEDIMENTACION

Para determinar el grado de sedimentación de los sólidos (método del cono de Imhoff) en los efluentes se realizó el monitoreo de los mismos durante dos días (tomando 1 turno de 8 horas como referencia), tomando muestras a intervalos de 1 hora. Adicionalmente, se realizó mediciones puntuales de pH y Temperatura para observar su variación.

A continuación detallamos los resultados obtenidos de las muestras de cada día de análisis:

CUADRO A-4
RESULTADO DE LA PRUEBA DE SEDIMENTACION
DIA 1

HORA	PH	Temperatura (°C)	S. Sedimentados (ml/lit/Hr)
11:00	7,5	31	1,50
12:00	6,5	39	1,25
13:00	6,8	40	0,50
14:00	6,6	37	0,80
15:00	5,5	41	1,00
16:00	5,5	35	0,70
17:00	11,5	35	8,00
18:00	12,0	42	12,00
19:00	12,8	42	5,00

PROMEDIO	3,42
-----------------	-------------

DIA 2

HORA	pH	Temperatura (°C)	S. Sedimentados (ml/l/Hr)
11:00	12,8	46	2,50
12:00	12,3	42	2,80
13:00	12,7	35	1,90
14:00	12,9	53	25,00
15:00	13,2	44	2,00
16:00	13,1	43	1,90
17:00	12,4	51	1,25
18:00	11,2	45	13,00
19:00	13,5	41	3,00

PROMEDIO	5,93
-----------------	-------------

A.2.2 PRUEBAS DE NEUTRALIZACIÓN – FLOCULACION:

Para la prueba de neutralización se utilizaron las mismas muestras del análisis de sedimentación. Se tomó 1 litro de muestra para cada prueba, utilizando tres agentes neutralizantes: ácido sulfúrico (H_2SO_4), ácido clorhídrico (HCl) y el ácido Subflock HA (el cual es un residuo industrial de una empresa, que es aprovechado por otras industrias como agente neutralizante). También se realizaron pruebas de floculación, para lo cual se utilizó el $AlCl_3$ (tricloruro de aluminio), que es un producto que se utiliza en estos procesos, debido a sus ventajas como agente floculante (costo, eficiencia y facilidad). La prueba consistió en añadir el floculante en las probetas donde se encontraban los tres ácidos utilizados con la finalidad de cuanto se sedimenta.