



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA TEXTIL**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO**

**DE INGENIERO TEXTIL**

**TEMA**

**“APLICACIÓN DE LA ENZIMA PECTATO LIASA EN EL PROCESO DE  
DESCRUDE EN TEJIDOS DE PUNTO DE ALGODÓN 100% Y SU  
INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES DE LOS GÉNEROS TINTURADOS  
CON COLORANTES REACTIVOS”**

**ELABORADO POR: MARCELO VINICIO JUMA**

**DIRECTOR: ING. EDWIN ROSERO**

**IBARRA – ECUADOR**

**JULIO – 2013**



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

#### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

#### A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

Por medio del presente dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1002175477		
APELLIDOS Y NOMBRES:	JUMA PAMBAQUISHPE MARCELO VINICIO		
DIRECCIÓN:	EL EJIDO DE IBARRA, CALLE 1° DE MAYO Y 10 DE AGOSTO		
EMAIL:	marvin.juma@hotmail.com		
TELÉFONO FIJO:	062631407	TELÉFONO MÓVIL:	0993446601
DATOS DE LA OBRA			
TÍTULO:	APLICACIÓN DE LA ENZIMA PECTATO LIASA EN EL PROCESO DE DESCRUDE EN TEJIDOS DE PUNTO DE ALGODÓN 100% Y SU INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES DE LOS GÉNEROS TINTURADOS CON COLORANTES REACTIVOS		
AUTOR:	JUMA PAMBAQUISHPE MARCELO VINICIO		
FECHA: AAAAMMDD	2013 – 07		
PROGRAMA:	PREGRADO		
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería textil		
DIRECTOR:	Ing. Edwin Rosero		

Firma -----

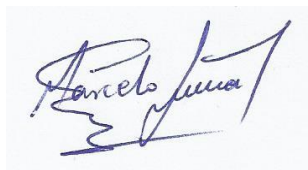
Nombre: Marcelo Vinicio Juma Pambaquishpe

Cédula: 100217547-7

Ibarra, julio 2013

## 2.- AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, **Marcelo Vinicio Juma Pambaquishpe**, con cédula de Identidad N°. **1002175477**, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación , investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.



Firma -----

Nombre: Marcelo Vinicio Juma Pambaquishpe

Cédula: 100217547-7

Ibarra, julio 2013



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA**  
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, **Marcelo Vinicio Juma Pambaquishpe**, con cédula de identidad N° **1002175477**, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4,5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: **APLICACIÓN DE LA ENZIMA PECTATO LIASA EN EL PROCESO DE DESCRUDE EN TEJIDOS DE PUNTO DE ALGODÓN 100% Y SU INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES DE LOS GÉNEROS TINTURADOS CON COLORANTES REACTIVOS**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: **Ingeniero Textil** en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Firma.....

Nombre: Marcelo Vinicio Juma Pambaquishpe

Cédula: 1002175477

Ibarra, Julio del 2013



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CERTIFICACIÓN DEL ASESOR**

Certifico que la investigación **“APLICACIÓN DE LA ENZIMA PECTATO LIASA EN EL PROCESO DE DESCRUDE EN TEJIDOS DE PUNTO DE ALGODÓN 100% Y SU INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES DE LOS GÉNEROS TINTURADOS CON COLORANTES REACTIVOS”** fue elaborada en su totalidad por el Sr. Marcelo Vinicio Juma Pambaquishpe, la cual bajo mi supervisión ha sido revisada y estudiada prolijamente en todas sus partes, por lo que autorizo su presentación y sustentación ante las instancias universitarias correspondientes.

Ibarra, Julio del 2013



Ing. Edwin Rosero  
DIRECTOR DE TESIS



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**DECLARACIÓN**

Yo, Marcelo Vinicio Juma Pambaquishpe, con cédula de identidad 1002175477, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría y que éste no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte; según lo establecido por las Leyes de Propiedad Intelectual y Normatividad vigente de la misma.

---

Marcelo Vinicio Juma Pambaquishpe

CI: 1002175477



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CONSTANCIAS**

El autor Marcelo Vinicio Juma Pambaquishpe C.I. 100217547-7 manifiesta que la obra de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros

Ibarra, Julio del 2013

---

Marcelo Vinicio Juma Pambaquishpe

C.I. 100217547-7



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**DEDICATORIA**

Esta obra va dedicada con mucho cariño a mis PADRES por su incondicional apoyo en todo momento, por los valores que me han inculcado y que gracias a sus consejos y orientación he podido salir adelante.

A mi familia que me han acompañado a lo largo de mi vida y carrera profesional, brindándome su apoyo total, especialmente en momentos difíciles.

A mi hija Mayerli Valentina, que me da fortalezas para seguir adelante y ser mi apoyo, luz y camino.





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**AGRADECIMIENTO**

A mi director de Tesis Ing. Edwin Rosero por sus valiosos conocimientos, que me ha orientado en la realización del presente proyecto.

A todos los Docentes de la Universidad, por sus enseñanzas, que fueron muy valiosas en mi vida profesional.

A Empresas PINTO S.A. por haberme abierto sus puertas y prestar sus instalaciones para el desarrollo del presente trabajo, en especial al Ing. Fernando de la Cruz por brindarme sus enseñanzas y experiencia en el desarrollo del presente trabajo.

A todos mis amigos que de alguna manera estuvieron brindándome su apoyo para culminar el presente trabajo.

## SUMARIO

La industria textil es una de las mayores productoras de efluentes líquidos, los cuales contienen productos químicos no biodegradables y también resistentes a la destrucción por métodos de tratamiento físico-químico, los efluentes textiles poseen un elevado contenido de colorante no fijado al material que son enviados al río.

La tintura del algodón es un proceso largo e intensivo que implica la utilización de grandes volúmenes de agua, altos costos de producción y a ellos debe sumársele problemas de tintura como son los barrados, manchas de colorante, tinturas desiguales, bajas solidez del color y al final obtenemos tejidos con la pérdida de las propiedades naturales del algodón como es el peso, volumen y suavidad, lo que ha determinado que surjan diferentes líneas de investigación en busca de tratamientos basados en procesos biológicos, como los enzimáticos, que minimicen los reprocesos por los efectos adversos de tintura.

En el presente trabajo se comenzará a utilizar el proceso biotecnológico, mediante el empleo de enzimas, las cuales cumplen el requisito de ser respetuosos con el medio ambiente, debido a que las enzimas son biodegradables, actúan sobre moléculas específicas y actúan bajo condiciones suaves.

Mediante las modernas prácticas de tintura y los avances de la ciencia vamos a disminuir el consumo de productos químicos y reducir la cantidad de agua que se necesita para la tintura del algodón, esta investigación dará un enfoque mucho más responsable con el medio ambiente y a la vez mejorar las propiedades de los géneros tinturados, disminuir los costos de producción y aumentar la competitividad de la industria textil.

La aplicación de la enzima pectato liasa en el proceso de descruce del algodón es una estrategia pensada para mejorar la calidad de tintura, eliminar los barrados, manchas y tinturas desiguales e incrementar la reproducibilidad y solidez del color, mantener las propiedades naturales del algodón, obtener el efecto deseado en el tejido como es el de un buen tacto y suavidad de la tela.

Este trabajo se fundamenta en el estudio de factores que intervienen durante los procesos como tipo de maquinaria, el agua, temperatura, tiempo de tratamiento, relación de baño, cantidades de productos químicos y colorantes, que intervienen en las pruebas respectivas que se realizarán en la planta industrial.

Por último evaluaremos las pruebas de tintura, mediante pruebas de solides al lavado casero e industrial, pruebas de solidez a la luz solar, relacionaremos las propiedades de los géneros tinturados a base del descruce convencional con los géneros tinturados a base del descruce enzimático, con la finalidad de conocer si el descruce enzimático influye positiva o negativamente en las propiedades de los géneros tinturados.

## SUMMARY

The textile industry is one of the largest producers of liquid effluents, which contain non-biodegradable chemicals and resistant to destruction by methods of chemical treatment, textile effluents have a high content of unfixed dye to the material being shipped the river.

The dyeing of cotton is long and intensive process that involves the use of large volumes of water, high production costs and they must be added as dyeing problems are barred, dye spots, uneven dyeing, color fastness and low end get tissues with the loss of the natural properties of cotton as the weight, volume and softness, which has determined that different lines of research emerge in search of treatments based on biological processes such as enzyme, which rework minimize the effects Adverse dye.

In this paper we begin to use the biotechnological process through the use of enzymes, which meet the requirement of being friendly to the environment because they are biodegradable enzymes act on specific molecules and act under mild conditions.

By modern dyeing practices and advances in science we will reduce the consumption of chemicals and reduce the amount of water needed for dyeing cotton, this research will give a much more responsible approach to the environment while improve the properties of dyed genres, reduce production costs and increase the competitiveness of the textile industry.

Application of the pectate lyase enzyme in the process of scouring of cotton is a strategy designed to improve the quality of dyeing barred remove, stains and dyes and increase uneven reproducibility and color fastness, maintaining the natural properties of cotton obtain the desired effect on the tissue such as a good feel and softness of the fabric.

This work is based on the study of factors involved in such processes as machinery, water, temperature, treatment time, bath ratio, amounts of chemicals and dyes that are involved in the respective tests to be performed on the plant.

Finally, we evaluate the dyeing tests, by testing solides household and industrial washing, fastness testing sunlight will relate genres properties to dyed conventional scouring base genres based on the scouring dyed enzyme with order to know if the enzymatic scouring positively or negatively influence the properties of dyed genres.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN .....	II
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE .....	IV
CERTIFICACIÓN DEL ASESOR .....	V
DECLARACIÓN .....	VI
CONSTANCIAS .....	VII
DEDICATORIA .....	VIII
AGRADECIMIENTO.....	IX
SUMARIO .....	X
SUMMARY.....	XII
INDICE DE CONTENIDOS .....	XIII
INDICE DE FIGURAS .....	XXIV
INDICE DE TABLAS .....	XXVII
<b>CAPITULO I</b> .....	<b>1</b>
<b>EL ALGODÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1 CARACTERÍSTICAS DEL ALGODÓN.....	1
1.2 PLANTA DE ALGODÓN.....	2
1.2.1 RAÍZ.....	2
1.2.2 TALLO .....	2
1.2.3 HOJAS.....	3
1.2.4 FLORES .....	3
1.2.5 FRUTO .....	3
1.3 MICROESTRUCTURA DE LAS FIBRAS DE ALGODÓN .....	4
1.4 ESTRUCTURA DE LA FIBRA DE ALGODÓN .....	4
1.4.1 LA CUTÍCULA.....	4
1.4.2 LA PARED PRIMARIA.....	5
1.4.3 LA CAPA ENROLLADORA.....	5
1.4.4 LA PARED SECUNDARIA.....	5
1.4.5 EL LUMEN .....	5
1.5 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ALGODÓN.....	6
1.5.1 LA CELULOSA .....	6
1.5.2 PECTINA.....	7
1.5.3 CERAS.....	7
1.5.4 PROTEINAS .....	8
1.5.5 CENIZAS.....	8
1.5.6 SUSTANCIAS MINERALES.....	8

1.6 PROPIEDADES FÍSICAS DEL ALGODÓN.....	8
1.6.1 LONGITUD DE FIBRA.....	8
1.6.2 MICRONAIRE.....	9
1.6.3 FINURA DEL ALGODÓN (M).....	9
1.6.4 GRADO DE MADUREZ.....	9
1.6.5 RESISTENCIA.....	9
1.6.6 ELONGACIÓN.....	10
1.6.7 HIGROSCOPICIDAD.....	10
1.6.8 COLOR.....	11
1.6.9 GRADO DEL ALGODÓN.....	11
1.7 PROPIEDADES QUÍMICAS DEL ALGODÓN.....	11
1.7.1 COMPORTAMIENTO DEL ALGODÓN EN EL AGUA.....	11
1.7.2 COMPORTAMIENTO DEL ALGODÓN EN EL CALOR.....	11
1.7.3 COMPORTAMIENTO DEL ALGODÓN FRENTE A LOS ÁCIDOS.....	11
1.7.4 COMPORTAMIENTO DEL ALGODÓN FRENTE A LOS ÁLCALIS.....	12
<b>CAPITULO II</b> .....	13
<b>ENZIMAS</b> .....	13
2.1 ACTIVIDAD ENZIMÁTICA.....	14
2.1.1 FACTORES QUE REGULAN LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA.....	15
2.1.1.1 EFECTO DEL PH.....	15
2.1.1.2 EFECTO DEL PH EN LA ESTABILIDAD DE LA ENZIMA.....	15
2.1.1.3 LA TEMPERATURA.....	16
2.1.1.4 LA CONCENTRACIÓN DE ENZIMA.....	16
2.1.1.5 LA CONCENTRACIÓN DE SUSTRATO.....	17
2.2 ESPECIFICIDAD DE LAS ENZIMAS.....	17
2.2.1 TIPOS DE ESPECIFICIDAD DE LAS ENZIMAS.....	18
2.2.1.1 BAJA ESPECIFICIDAD.....	18
2.2.1.2 ESPECIFICIDAD DE GRUPO.....	18
2.2.1.3 ESPECIFICIDAD ABSOLUTA.....	18
2.2.2 MODELO DE ACTUACIÓN DE LAS ENZIMAS.....	18
2.3 OBTENCIÓN DE ENZIMAS.....	19
2.3.1 FERMENTACIÓN EN MEDIO SÓLIDO.....	19
2.3.2 FERMENTACIÓN SUMERGIDA.....	20
2.3.2.1 FASES DE LA FERMENTACIÓN SUMERGIDA.....	20
2.4 CLASIFICACIÓN DE LAS ENZIMAS.....	21
2.4.1 OXIDOREDUCTASAS.....	21
2.4.2 TRASFERASAS.....	21

2.4.3	HIDROLASAS .....	21
2.4.4	LIASAS.....	21
2.4.5	ISOMERASAS.....	22
2.4.6	LIGASAS .....	22
2.5	ENZIMAS EN LA INDUSTRIA TEXTIL .....	22
2.5.1	AMILASAS .....	23
2.5.2	LIPASAS.....	23
2.5.3	PECTINASAS.....	23
2.5.4	CATALASAS .....	23
2.5.5	PEROXIDASAS .....	23
2.5.6	CELULASAS.....	23
2.5.7	LACASAS .....	24
2.6	ENZIMA PECTATO LIASA.....	24
2.6.1	CARACTERÍSTICAS .....	24
2.6.2	OBTENCIÓN DE LA ENZIMA PECTATO LIASA.....	24
2.6.2.1	BACILLUS LICHENIFORMIS .....	25
2.6.2.2	ESQUEMA DEL FERMENTADOR BRAUN BIOSTAT.....	26
2.6.2.3	PARTES DEL FERMENTADOR BRAUN BIOSTAT.....	27
2.7	EFFECTOS DE LAS ENZIMAS SOBRE LA SALUD .....	27
2.7.1	SÍNTOMAS DE EXPOSICIÓN A LAS ENZIMAS .....	28
2.7.1.1	IRRITACIÓN .....	28
2.7.1.2	ALERGIA.....	28
2.7.2	MANEJO DE LAS ENZIMAS .....	28
2.7.3	USO DE EQUIPO PARA PROTECCIÓN PERSONAL.....	29
2.7.3.1	PROTECCIÓN RESPIRATORIA.....	29
2.7.3.2	ROPA Y GUANTES PROTECTORES.....	29
2.7.4	MANTENIMIENTO DE LA MAQUINARIA .....	29
2.7.5	LIMPIEZA DE DERRAMES .....	29
2.7.6	LIMPIEZA PERSONAL .....	30
2.7.7	TRATAMIENTO DE PRIMEROS AUXILIOS.....	30
2.7.7.1	CONTACTO CON LA PIEL .....	30
2.7.7.2	INHALACIÓN .....	30
2.7.7.3	CONTACTO CON LOS OJOS .....	31
	<b>CAPITULO III.....</b>	<b>32</b>
	<b>DESCRUDE ENZIMÁTICO DEL ALGODÓN.....</b>	<b>32</b>
3.1	REQUERIMIENTOS DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO.....	32
3.1.1	UNIFORMIDAD E IGUALACIÓN.....	32

3.1.2 LIMPIEZA.....	33
3.1.2.1 IMPUREZAS DEL ALGODÓN.....	33
3.1.3 HIDROFILIDAD.....	34
3.1.4 BLANCURA.....	34
3.1.5 AUMENTO DE RESISTENCIA.....	35
3.2 FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL DESCRUDE ENZIMÁTICO.....	35
3.2.1 DUREZA DEL AGUA.....	35
3.2.1.1 TIPOS DE DUREZA.....	35
3.2.1.2 FORMA DE EXPRESAR LA DUREZA.....	35
3.2.2 SECUESTRANTES.....	36
3.2.3 AGUA.....	36
3.2.4 HUMECTACIÓN.....	36
3.2.5 ACTIVIDAD ENZIMÁTICA.....	37
3.2.6 DETERGENCIA.....	37
3.2.7 EMULSIFICACIÓN.....	38
3.3 PARAMETROS DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO.....	38
3.3.1 RELACIÓN DE BAÑO.....	38
3.3.2 DOSIFICACIÓN.....	39
3.3.3 PH.....	39
3.3.4 TEMPERATURA.....	39
3.3.5 TIEMPO.....	40
3.4 DEFECTOS PRODUCIDOS POR UN MAL DESCRUDE.....	40
3.4.1 MANCHAS ORGÁNICAS.....	40
3.4.2 MANCHAS MINERALES.....	41
3.4.3 MANCHAS DE RESINA.....	41
3.4.4 MODIFICACIONES DE LA CELULOSA.....	41
3.4.5 TINTURAS DESIGUALES.....	41
3.5 CAUSAS DE UN MAL DESCRUDE ENZIMÁTICO.....	41
3.5.1 EMPLEO DE AGUAS DURAS.....	42
3.5.2 TEMPERATURA O PRESIÓN INADECUADA.....	42
3.5.3 PÉRDIDA DE ACTIVIDAD ENZIMÁTICA.....	42
3.5.4 INCORRECTA ELECCIÓN DE LOS AUXILIARES.....	42
3.5.5 MALA DISTRIBUCIÓN DEL TEJIDO EN EL INTERIOR DE LA MÁQUINA.....	42
3.6 CONTROLES EN EL DESCRUDE ENZIMÁTICO.....	43
3.7 MAQUINARIA.....	43
3.8 PROCESO DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO.....	43
3.8.1 PRODUCTOS.....	44



3.8.2 CURVA DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO .....	44
3.9 PROCESO DEL DESCRUDE CONVENCIONAL DEL ALGODÓN.....	45
3.9.1 PRODUCTOS UTILIZADOS .....	45
3.9.2 CURVA DEL PROCESO DE DESCRUDE CONVENCIONAL.....	45
3.9.3 PRE-BLANQUEO QUÍMICO.....	46
<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>47</b>
<b>TINTURA DE ALGODÓN 100% CON COLORANTES REACTIVOS .....</b>	<b>47</b>
4.1 COLORANTES REACTIVOS.....	47
4.1.1 CLASIFICACIÓN DE LOS COLORANTES REACTIVOS POR SU REACTIVIDAD .....	48
4.1.1.1 COLORANTES DE BAJA REACTIVIDAD .....	48
4.1.1.2 COLORANTES DE ALTA REACTIVIDAD .....	48
4.1.2 CLASIFICACIÓN DE LOS COLORANTES REACTIVOS POR SU CONSTITUCIÓN QUÍMICA.....	49
4.1.3 PROPIEDADES DE LOS COLORANTES REACTIVOS.....	50
4.1.3.1 REACTIVIDAD .....	50
4.1.3.2 SUSTANTIVIDAD .....	50
4.1.3.3 PODER DE DIFUSIÓN .....	51
4.1.3.4 PODER IGUALANTE DE UN COLORANTE .....	52
4.2 PROCESO DE TINTURA.....	52
4.2.1 ABSORCIÓN .....	53
4.2.1.1 DIFUSIÓN.....	53
4.2.1.2 ADSORCIÓN .....	53
4.2.2 REACCIÓN.....	54
4.2.3 ELIMINACIÓN DEL COLORANTE HIDROLIZADO.....	55
4.3 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA TINTURA.....	56
4.3.1 AFINIDAD DEL COLORANTE – FIBRA.....	56
4.3.2 RELACIÓN DE BAÑO .....	57
4.3.3 CONCENTRACIÓN DE ELECTROLITO .....	57
4.3.4 EFECTO DEL ÁLCALI .....	58
4.2.5 PH.....	58
4.3.6 TEMPERATURA .....	59
4.3.7 INFLUENCIA DE LA FIBRA.....	59
4.3.8 VELOCIDAD DE LA TINTURA.....	60
4.3.9 COMPATIBILIDAD DE COLORANTES .....	60
4.3.10 TIEMPO DE TINTURA .....	61
4.3.11 FACTORES MECANICOS .....	61
4.4 TRATAMIENTOS POSTERIORES .....	61
4.4.1 FIJADO .....	62

4.4.2 SUAVIZADO .....	62
<b>CAPITULO V</b> .....	<b>63</b>
<b>MAQUINARIA UTILIZADA</b> .....	<b>63</b>
5.1 VERFLOW ROTO PLUS .....	63
5.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.....	64
5.3 ESQUEMA GENERAL DE LA MÁQUINA.....	64
5.4 PARTES DE LA MÁQUINA.....	65
5.5 CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA DE TINTURA.....	65
5.5.1 CIRCULACIÓN DEL BAÑO .....	65
5.5.2 CIRCULACIÓN DEL TEJIDO.....	66
5.5.3 ASPA DE TRANSPORTE .....	66
5.5.4 TOBERA VARIABLE.....	67
5.5.5 PLEGADOR .....	68
5.5.6 VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN DEL TEJIDO .....	68
5.5.6.1 CALCULO DE LA VELOCIDAD DEL TEJIDO .....	69
5.5.7 DOSIFICACIÓN EXPONENCIAL PROGRAMABLE .....	69
5.5.7.1 ADICIÓN .....	70
5.5.7.2 DOSIFICACIÓN LINEAL.....	70
5.5.7.3 DOSIFICACIÓN PROGRESIVA .....	71
5.5.7.4 DOSIFICACIÓN PROGRESIVA NEGATIVA.....	71
5.5.8 TANQUE DE RESERVA .....	72
5.5.9 SISTEMA DE LAVADO RÁPIDO .....	72
5.6 PROGRAMACIÓN.....	73
5.7 PRINCIPALES PARAMETROS QUE SE DEBEN CONTROLAR EN LA MAQUINA DE TINTURA .....	74
5.7.1 SEGURIDAD .....	74
5.7.2 ENERGIA.....	74
5.7.3 AGUA .....	75
5.7.4 PRESION DEL AGUA .....	75
5.7.5 VAPOR .....	75
5.7.5.1 POR EL CONTENIDO DE AGUA.....	75
5.7.5.2 POR LA PRESIÓN DE VAPOR .....	75
5.8 PROGRAMACION DE LA MAQUINA DE TINTURA.....	76
5.8.1 INTRODUCCION DE DATOS .....	76
5.8.2 FUNCIONES DE PROGRAMACIÓN.....	77
5.8.2.1 FUNCIONES PRINCIPALES.....	77
5.8.2.2 FUNCIONES SECUNDARIAS.....	79

<b>CAPITULO VI</b> .....	81
<b>DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS</b> .....	81
6.1 MATERIAL.....	81
6.2 RELACIÓN DE BAÑO .....	81
6.3 AGUA.....	82
6.4 VAPOR.....	82
6.5 PARAMETROS DE LA MÁQUINA DE TINTURA .....	82
6.6 RENDIMIENTO DE LA TELA .....	82
6.7 TIEMPO DE UNA VUELTA.....	83
6.8 VELOCIDAD DEL TEJIDO.....	83
6.9 PRODUCTOS UTILIZADOS EN EL PROCESO DE DESCRUDE ENZIMÁTICO .....	83
6.9.1 INVADINA DA.....	83
6.9.2 CIBAFLOW JET.....	84
6.9.3 CIBAFUID C.....	84
6.9.4 DISPROSEC KG.....	85
6.9.5 SILVATOL FLE .....	85
6.9.6 SECUESTRANTES .....	85
6.9.7 ENZIMA PECTATO LIASA .....	85
6.9.7.1 APLICACIÓN DE LA ENZIMA .....	86
6.9.7.2 DOSIFICACIÓN DE LA ENZIMA.....	86
6.9.8 CARBONATO DE SODIO (NA <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ) .....	87
6.10 CARGA CORRECTA DEL TEJIDO A LA MÁQUINA.....	87
6.11 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE DESCRUDE ENZIMÁTICO .....	88
6.11.1 PROCESO DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 1 (CELESTE 79) .....	88
6.11.2 PROCESO DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 2 (VERDE 3349).....	90
6.11.3 PROCESO DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 3 (TURQUESA 7645).....	92
6.11.4 PROCESO DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 4 (NARANJA 4030).....	93
6.11.5 PROCESO DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 5 (ROJO 6310) .....	95
6.11.6 PROCESO DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 6 (AZUL 7900).....	96
6.11.7 PROCESO DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 7 (NEGRO 0090) .....	98
6.12 PRODUCTOS QUE SE UTILIZARÁN EN EL PROCESO DE TINTURA .....	99
6.12.1 ÁCIDO ACÉTICO.....	99
6.12.2 CIBACEL DBC.....	99
6.12.3 CIBACEL LD.....	100
6.12.4 SECUESTRANTES .....	100
6.12.5 COLORANTES .....	100
6.12.6 SULFATO DE SODIO (NA <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) .....	101

6.12.7	CARBONATO DE SODIO (NA <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ).....	101
6.12.8	HIDRÓXIDO DE SODIO (NAOH).....	101
6.12.9	DOSIFICACIÓN DEL COLORANTE Y ÁLCALI .....	102
6.12.10	ADICIÓN DEL ELECTROLITO .....	102
6.13	ELIMINACIÓN DEL COLORANTE HIDROLIZADO .....	102
6.13.1	ERIOPON R .....	103
6.13.2	CURVA DE LAVADO PARA COLORES BAJOS Y MEDIOS.....	104
6.13.3	CURVA DE LAVADOS PARA COLORES OSCUROS.....	104
6.14	PROCESO DE TINTURA.....	105
6.14.1	PROCESO DE TINTURA DE LA PRUEBA N° 1 (CELESTE 79) .....	105
6.14.2	PROCESO DE TINTURA DE LA PRUEBA N° 2 (VERDE 3349).....	107
6.14.3	PROCESO DE TINTURA DE LA PRUEBA N° 3 (TURQUESA 7645) .....	110
6.14.4	PROCESO DE TINTURA DE LA PRUEBA N° 4 (NARANJA 4030) .....	111
6.14.5	PROCESO DE TINTURA DE LA PRUEBA N° 5 (ROJO 6310).....	112
6.14.6	PROCESO DE TINTURA DE LA PRUEBA N° 6 (AZUL 7900) .....	113
6.14.7	PROCESO DE TINTURA DE LA PRUEBA N° 7 (NEGRO 0090).....	114
6.15	TRATAMIENTOS POSTERIORES.....	115
6.16	FIJADO .....	115
6.16.1.1	TINOFIX ECO.....	115
6.16.1.2	CURVA DE FIJADO.....	115
6.16.2	SUAVIZADO .....	116
6.16.2.1	ULTRATEX HT.....	116
6.16.2.2	CURVA DE SUAVIZADO.....	116
<b>CAPÍTULO VII.....</b>		<b>117</b>
<b>EVALUACIÓN DE LAS MUESTRAS TINTURADAS .....</b>		<b>117</b>
7.1	EL ESPECTRO VISIBLE.....	117
7.2	COLOR.....	118
7.2.1	PROPIEDADES DEL COLOR .....	118
7.2.1.1	MATIZ .....	118
7.2.1.2	SATURACIÓN .....	119
7.2.1.3	BRILLO.....	119
7.3	COLORIMETRÍA .....	120
7.3.1	ESPECTROFOTÓMETRO .....	120
7.4	SISTEMA CIE .....	121
7.4.1	CIELAB.....	121
7.4.1.1	VALORES CIELAB.....	121

7.5 DIFERENCIA ENTRE EL PROCESO DE DESCRUDE ENZIMÁTICO Y EL PROCESO DE DESCRUDE CONVENCIONAL .....	124
7.6 DIFERENCIA DE COLOR DE LA PRUEBA N° 1 (CELESTE 79).....	125
7.6.1 DIFERENCIA DE COLOR EN EL ESPACIO CIELAB DE LA PRUEBA N° 1.....	125
7.7 DIFERENCIA DE COLOR DE LA PRUEBA N° 2 (VERDE 3349).....	126
7.7.1 DIFERENCIA DE COLOR EN EL ESPACIO CIELAB DE LA PRUEBA N° 2.....	126
7.8 DIFERENCIA DE COLOR DE LA PRUEBA N° 3 (TURQUESA 7645).....	127
7.8.1 DIFERENCIA DE COLOR EN EL ESPACIO CIELAB DE LA PRUEBA N° 3.....	127
7.9 DIFERENCIA DE COLOR DE LA PRUEBA N° 4 (NARANJA 4030).....	128
7.9.1 DIFERENCIA DE COLOR EN EL ESPACIO CIELAB DE LA PRUEBA N° 4.....	128
7.10 DIFERENCIA DE COLOR DE LA PRUEBA N° 5 (ROJO 6310).....	129
7.10.1 DIFERENCIA DE COLOR EN EL ESPACIO CIELAB DE LA PRUEBA N° 5.....	129
7.11 DIFERENCIA DE COLOR DE LA PRUEBA N° 6 (AZUL 7900).....	130
7.11.1 DIFERENCIA DE COLOR EN EL ESPACIO CIELAB DE LA PRUEBA N° 6.....	130
7.12 DIFERENCIA DE COLOR DE LA PRUEBA N° 7 (NEGRO 0090).....	131
7.12.1 DIFERENCIA DE COLOR EN EL ESPACIO CIELAB DE LA PRUEBA N° 7.....	131
7.13 ESCALA DE GRISES AATCC PARA CAMBIO DE COLOR.....	132
7.14 ESCALA DE GRISES AATCC PARA MANCHADO .....	132
7.15 PRUEBAS DE SOLIDEZ.....	132
7.15.1 SOLIDEZ AL LAVADO CASERO.....	133
7.15.2 SOLIDEZ AL LAVADO INDUSTRIAL .....	134
7.15.3 SOLIDEZ A LA LUZ SOLAR.....	138
7.16 EVALUACIÓN DEL GRAMAJE DE LAS PRUEBAS TINTURADAS.....	138
7.17 ANALISIS DE COSTOS.....	139
7.17.1 COSTO DE LA TINTURA DE LA PRUEBA N° 1 (CELESTE 79) MEDIANTE EL PROCESO DE DESCRUDE CONVENCIONAL Y PRE-BLANQUEO.....	139
7.17.2 COSTO DE LA TINTURA DE LA PRUEBA N° 1 (CELESTE 79) MEDIANTE EL PROCESO DE DESCRUDE ENZIMÁTICO.....	140
7.17.3 COSTO DE LA TINTURA DE LA PRUEBA N° 2 (VERDE 3349) MEDIANTE EL PROCESO DE DESCRUDE CONVENCIONAL Y PRE-BLANQUEO.....	141
7.17.4 COSTO DE LA TINTURA DE LA PRUEBA N° 2 (VERDE 3349) MEDIANTE EL PROCESO DE DESCRUDE ENZIMÁTICO.....	142
7.17.5 COSTO DE LA TINTURA DE LA PRUEBA N° 3 (TURQUESA 7645) MEDIANTE EL PROCESO DE DESCRUDE CONVENCIONAL Y PRE-BLANQUEO.....	143
7.17.6 COSTO DE LA TINTURA DE LA PRUEBA N° 3 (TURQUESA 7645) MEDIANTE EL PROCESO DE DESCRUDE ENZIMÁTICO.....	144

7.17.7 COSTO DE LA TINTURA DE LA PRUEBA N° 4 (NARANJA 4030) MEDIANTE EL PROCESO DE DESCRUDE CONVENCIONAL Y PRE-BLANQUEO .....	145
7.17.8 COSTO DE LA TINTURA DE LA PRUEBA N° 4 (NARANJA 4030) MEDIANTE EL PROCESO DE DESCRUDE ENZIMÁTICO.....	146
7.17.9 COSTO DE LA TINTURA DE LA PRUEBA N° 5 (ROJO 6310) MEDIANTE EL PROCESO DE DESCRUDE CONVENCIONAL Y PRE-BLANQUEO .....	147
7.17.10 COSTO DE LA TINTURA DE LA PRUEBA N° 5 (ROJO 6310) MEDIANTE EL PROCESO DE DESCRUDE ENZIMÁTICO.....	148
7.17.11 COSTO DE LA TINTURA DE LA PRUEBA N° 6 (AZUL 7900) MEDIANTE EL PROCESO DE DESCRUDE CONVENCIONAL Y PRE-BLANQUEO .....	149
7.17.12 COSTO DE LA TINTURA DE LA PRUEBA N° 6 (AZUL 7900) MEDIANTE EL PROCESO DE DESCRUDE ENZIMÁTICO.....	150
7.17.13 COSTO DE LA TINTURA DE LA PRUEBA N° 7 (NEGRO 0090) MEDIANTE EL PROCESO DE DESCRUDE CONVENCIONAL Y PRE-BLANQUEO .....	151
7.17.14 COSTO DE LA TINTURA DE LA PRUEBA N° 7 (NEGRO 0090) MEDIANTE EL PROCESO DE DESCRUDE ENZIMÁTICO.....	152
7.18 CUADRO COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS .....	153
<b>CAPITULO VIII.....</b>	<b>155</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>155</b>
8.1 CONCLUSIONES.....	155
8.2 RECOMENDACIONES .....	156
BIBLIOGRAFÍA.....	158
ANEXO #1 MUESTRAS DE SOLIDEZ AL LAVADO CASERO DEL CELESTE 79 .....	159
ANEXO # 2 MUESTRAS DE SOLIDEZ AL LAVADO CASERO DEL VERDE 3349.....	160
ANEXO # 3 MUESTRAS DE SOLIDEZ AL LAVADO CASERO DEL TURQUESA 7645.....	161
ANEXO # 4 MUESTRAS DE SOLIDEZ AL LAVADO CASERO DEL NARANJA 4030 .....	162
ANEXO # 5 MUESTRAS DE SOLIDEZ AL LAVADO CASERO DEL ROJO 6310.....	163
ANEXO # 6 MUESTRAS DE SOLIDEZ AL LAVADO CASERO DEL AZUL 7900 .....	164
ANEXO # 7 MUESTRAS DE SOLIDEZ AL LAVADO CASERO DEL NEGRO 0090.....	165
ANEXO # 8 MUESTRAS DE SOLIDEZ AL LAVADO INDUSTRIAL COLOR CELESTE 79.....	166
ANEXO # 9 MUESTRAS DE MANCHADO DEL LAVADO INDUSTRIAL COLOR CELESTE 79.....	166
ANEXO # 10 MUESTRAS DE SOLIDEZ AL LAVADO INDUSTRIAL COLOR VERDE 3349.....	167
ANEXO # 11 MUESTRAS DE MANCHADO AL LAVADO INDUSTRIAL COLOR VERDE 3349 .....	168
ANEXO # 12 MUESTRAS DE SOLIDEZ AL LAVADO INDUSTRIAL COLOR TURQUEZA 7645.....	169
ANEXO # 13 MUESTRAS DE MANCHADO AL LAVADO INDUSTRIAL COLOR TURQUEZA 7645 .....	170
ANEXO # 14 MUESTRAS DE SOLIDEZ AL LAVADO INDUSTRIAL COLOR NARANJA 4030 .....	171
ANEXO # 15 MUESTRAS DE MANCHADO AL LAVADO INDUSTRIAL COLOR NARANJA 4030.....	172

ANEXO # 16 MUESTRAS DE SOLIDEZ AL LAVADO INDUSTRIAL COLOR ROJO 6310 .....	173
ANEXO # 17 MUESTRAS DE MANCHADO AL LAVADO INDUSTRIAL COLOR ROJO 6310.....	174
ANEXO # 18 MUESTRAS DE SOLIDEZ AL LAVADO INDUSTRIAL COLOR AZUL 7900.....	175
ANEXO # 19 MUESTRAS DE MANCHADO AL LAVADO INDUSTRIAL COLOR AZUL 7900 .....	176
ANEXO # 20 MUESTRAS DE SOLIDEZ AL LAVADO INDUSTRIAL COLOR NEGRO 0090.....	177
ANEXO # 21 MUESTRAS DE MANCHADO AL LAVADO INDUSTRIAL COLOR NEGRO 0090.....	178
ANEXO # 22 MUESTRAS DE LA SOLIDEZ A LA LUZ SOLAR.....	179

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1. PLANTA DE ALGODÓN.....	2
FIGURA N° 2. CÁPSULA DE ALGODÓN.....	3
FIGURA N° 3. FIBRA DE ALGODÓN VISTA AL MICROSCOPIO .....	4
FIGURA N° 4. ESTRUCTURA DEL ALGODÓN.....	4
FIGURA N° 5. ESTRUCTURA LINEAL DE LA CELULOSA .....	6
FIGURA N° 6. REPRESENTACIÓN DE UNA ENZIMA.....	14
FIGURA N° 7. EFECTO DEL PH SOBRE LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA .....	15
FIGURA N° 8. REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE LA VELOCIDAD DE INACTIVACIÓN DE LAS ENZIMAS A DIFERENTES VALORES DE PH.....	15
FIGURA N° 9. EFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA.....	16
FIGURA N° 10. EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE LA ENZIMA EN LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA .....	16
FIGURA N° 11. EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DEL SUSTRATO EN LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA .....	17
FIGURA N° 12. MODELO DE ACTUACIÓN DE LAS ENZIMAS.....	18
FIGURA N° 13. ASPECTO TÍPICO DE LAS COLONIAS DE B. LICHENIFORMIS .....	25
FIGURA N° 14. BACILLUS LICHENIFORMES .....	26
FIGURA N° 15. FERMENTADOR BRAUN BIOSTAT .....	26
FIGURA N° 16. TENSIÓN SUPERFICIAL.....	36
FIGURA N° 17. REMOCIÓN DE LA SUCIEDAD.....	37
FIGURA N° 18. INFLUENCIA DEL PH EN LA ACTIVIDAD DE LA ENZIMA PECTATO LIASA .....	39
FIGURA N° 19. INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA ACTIVIDAD DE LA ENZIMA PECTATO LIASA .....	39
FIGURA N° 20. CURVA DE DESCRUDE ENZIMÁTICO.....	44
FIGURA N° 21. CURVA DEL DESCRUDE CONVENCIONAL DEL ALGODÓN .....	45
FIGURA N° 22. CURVA DEL PRE-BLANQUEO QUÍMICO .....	46
FIGURA N° 23. COLORANTE REACTIVO MCT .....	48
FIGURA N° 24. ETAPA DE DIFUSIÓN DEL COLORANTE HACIA LA FIBRA .....	53
FIGURA N° 25. ETAPA DE ADSORCIÓN DEL COLORANTE A LA FIBRA .....	53
FIGURA N° 26. ETAPA DE REACCIÓN COLORANTE-FIBRA.....	54
FIGURA N° 27. REACCIÓN DEL COLORANTE CON LOS HIDROXILOS DE LA CELULOSA Y DEL AGUA EN MEDIO ALCALINO .....	55
FIGURA N° 28. COLORANTE HIDROLIZADO .....	55
FIGURA N° 29. GRADO DE AFINIDAD FIBRA-COLORANTE .....	57
FIGURA N° 30. INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA TINTURA.....	59
FIGURA N° 31. VELOCIDAD DE TINTURA .....	60
FIGURA N° 32. MÁQUINA DE TINTURA OVER FLOW ROTO PLUS .....	63



FIGURA N° 33. ESQUEMA DE LA MÁQUINA OVERFLOW ROTO PLUS .....	64
FIGURA N° 34. BOMBA PRINCIPAL DE CIRCULACIÓN .....	65
FIGURA N° 35. TUBOS CONDUCTORES .....	66
FIGURA N° 36. ASPA DE TRANSPORTE .....	67
FIGURA N° 37. TOBERA VARIABLE .....	67
FIGURA N° 38. PLEGADOR DE TELA .....	68
FIGURA N° 39. RECIPIENTE DE PREPARACIÓN.....	69
FIGURA N° 40. CURVA DE ADICIÓN .....	70
FIGURA N° 41. CURVA DE LA DOSIFICACIÓN LINEAL .....	70
FIGURA N° 42. CURVA DE LA DOSIFICACIÓN PROGRESIVA .....	71
FIGURA N° 43. CURVA DE LA DOSIFICACIÓN PROGRESIVA NEGATIVA .....	71
FIGURA N° 44. TANQUE DE RESERVA .....	72
FIGURA N° 45. MANDO ELECTRÓNICO T 737 XL.....	76
FIGURA N° 46. CURVA DE LA DOSIFICACIÓN DE LA ENZIMA.....	86
FIGURA N° 47. CURVA DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 1 .....	89
FIGURA N° 48. CURVA DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 2 .....	91
FIGURA N° 49. CURVA DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 3 .....	92
FIGURA N° 50. CURVA DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 4 .....	94
FIGURA N° 51. CURVA DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 5 .....	95
FIGURA N° 52. CURVA DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 6 .....	97
FIGURA N° 53. CURVA DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 7 .....	98
FIGURA N° 54. CURVA DE LA DOSIFICACIÓN PROGRESIVA .....	102
FIGURA N° 55. CURVA DE LAVADOS PARA COLORES BAJOS Y MEDIOS.....	104
FIGURA N° 56. CURVA DE LAVADOS PARA COLORES OSCUROS.....	104
FIGURA N° 57. CURVA DE TINTURA DE LA PRUEBA N° 1.....	105
FIGURA N° 58. CURVA DE LAVADOS PRUEBA N° 1 .....	107
FIGURA N° 59. CURVA DE TINTURA PARA COLORES OSCUROS.....	108
FIGURA N° 60. CURVA DE LAVADOS DE LA PRUEBA N° 2.....	109
FIGURA N° 61. CURVA DE FIJADO.....	115
FIGURA N° 62. CURVA DE SUAVIZADO.....	116
FIGURA N° 63. LONGITUD DE ONDA.....	117
FIGURA N° 64. MATICES EN EL CÍRCULO CROMÁTICO.....	118
FIGURA N° 65. SATURACIÓN DE LOS COLORES .....	119
FIGURA N° 66. BRILLO DEL COLOR ROJO .....	119
FIGURA N° 67. ESPECTROFOTÓMETRO.....	120
FIGURA N° 68. DIFERENCIA DE COLOR CIELAB.....	121
FIGURA N° 69. CURVA ESPECTRAL.....	124

FIGURA N° 70. DIFERENCIA DE COLOR EN EL ESPACIO CIELAB DE LA PRUEBA N° 1 .....	125
FIGURA N° 71. DIFERENCIA DE COLOR EN EL ESPACIO CIELAB DE LA PRUEBA N° 2 .....	126
FIGURA N° 72. DIFERENCIA DE COLOR EN EL ESPACIO CIELAB DE LA PRUEBA N° 3 .....	127
FIGURA N° 73. DIFERENCIA DE COLOR EN EL ESPACIO CIELAB DE LA PRUEBA N° 4 .....	128
FIGURA N° 74. DIFERENCIA DE COLOR EN EL ESPACIO CIELAB DE LA PRUEBA N° 5 .....	129
FIGURA N° 75. DIFERENCIA DE COLOR EN EL ESPACIO CIELAB DE LA PRUEBA N° 6 .....	130
FIGURA N° 76. DIFERENCIA DE COLOR EN EL ESPACIO CIELAB DE LA PRUEBA N° 7 .....	131
FIGURA N° 77. MUESTRA PARA ENSAYO A LA SOLIDEZ AL LAVADO INDUSTRIAL.....	135

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ALGODÓN.....	6
TABLA N° 2. LONGITUD DE FIBRA DEL ALGODÓN .....	8
TABLA N° 3. RESISTENCIA DEL ALGODÓN .....	10
TABLA N° 4. PRODUCTOS UTILIZADOS EN EL PROCESO DE DESCRUDE ENZIMÁTICO.....	44
TABLA N° 5. PRODUCTOS UTILIZADOS EN EL PROCESO DE DESCRUDE CONVENCIONAL .....	45
TABLA N° 6. CLASIFICACIÓN DE LOS COLORANTES REACTIVOS POR SU CONSTITUCIÓN QUÍMICA .....	49
TABLA N° 7. CALCULO DE LA VELOCIDAD DE LAS DIFERENTES PRUEBAS .....	83
TABLA N° 8. HOJA PATRÓN DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 1 .....	88
TABLA N° 9. TABLA DE CONTROL DEL PH DE LA PRUEBA N° 1 .....	90
TABLA N° 10. HOJA PATRÓN DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 2 .....	90
TABLA N° 11. TABLA DE CONTROL DEL PH DE LA PRUEBA N° 2 .....	91
TABLA N° 12. HOJA PATRÓN DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 3 .....	92
TABLA N° 13. TABLA DE CONTROL DEL PH DE LA PRUEBA N° 3 .....	93
TABLA N° 14. HOJA PATRÓN DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 4 .....	93
TABLA N° 15. TABLA DE CONTROL DEL PH DE LA PRUEBA N° 4 .....	94
TABLA N° 16. HOJA PATRÓN DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 5 .....	95
TABLA N° 17. TABLA DE CONTROL DEL PH DE LA PRUEBA N° 5 .....	96
TABLA N° 18. HOJA PATRÓN DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 6 .....	96
TABLA N° 19. TABLA DE CONTROL DEL PH DE LA PRUEBA N° 6 .....	97
TABLA N° 20. HOJA PATRÓN DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 7 .....	98
TABLA N° 21. TABLA DE CONTROL DEL PH DE LA PRUEBA N° 7 .....	99
TABLA N° 22. HOJA PATRÓN DE TINTURA DE LA PRUEBA N° 1 .....	105
TABLA N° 23. CONTROL DEL PH EN EL PROCESO DE TINTURA DE LA PRUEBA N° 1.....	106
TABLA N° 24. HOJA DE TINTURA DE LA PRUEBA N° 2.....	107
TABLA N° 25. CONTROL DEL PH EN EL PROCESO DE TINTURA DE LA PRUEBA N° 2.....	109
TABLA N° 26. HOJA PATRÓN DE TINTURA DE LA PRUEBA N° 3 .....	110
TABLA N° 27. CONTROL DEL PH EN EL PROCESO DE TINTURA DE LA PRUEBA N° 3.....	110
TABLA N° 28. HOJA PATRÓN DE TINTURA DE LA PRUEBA N° 4 .....	111
TABLA N° 29. CONTROL DEL PH EN EL PROCESO DE TINTURA DE LA PRUEBA N° 4.....	111
TABLA N° 30. HOJA PATRÓN DE TINTURA DE LA PRUEBA N° 5 .....	112
TABLA N° 31. CONTROL DEL PH EN EL PROCESO DE TINTURA DE LA PRUEBA N° 5.....	112
TABLA N° 32. HOJA DE TINTURA DE LA PRUEBA N° 6.....	113
TABLA N° 33. CONTROL DEL PH EN EL PROCESO DE TINTURA DE LA PRUEBA N° 6.....	113
TABLA N° 34. HOJA PATRÓN DE TINTURA DE LA PRUEBA N° 7 .....	114

TABLA N° 35. CONTROL DEL PH EN EL PROCESO DE TINTURA DE LA PRUEBA N° 7 .....	114
TABLA N° 36. DIFERENCIA ENTRE EL PROCESO DE DESCRUDE ENZIMÁTICO Y EL PROCESO DE DESCRUDE CONVENCIONAL.....	124
TABLA N° 37. DIFERENCIA DE COLOR PRUEBA N° 1.....	125
TABLA N° 38. DIFERENCIA DE COLOR PRUEBA N° 2.....	126
TABLA N° 39. DIFERENCIA DE COLOR PRUEBA N° 3.....	127
TABLA N° 40. DIFERENCIA DE COLOR PRUEBA N° 4.....	128
TABLA N° 41. DIFERENCIA DE COLOR PRUEBA N° 5.....	129
TABLA N° 42. DIFERENCIA DE COLOR PRUEBA N° 6.....	130
TABLA N° 43. DIFERENCIA DE COLOR PRUEBA N° 7.....	131
TABLA N° 44. VALORES EN LA ESCALA DE GRISES PARA CAMBIO DE COLOR DEL LAVADO CASERO EN LAS TINTURAS A BASE DEL DESCRUDE CONVENCIONAL.....	133
TABLA N° 45. VALORES DE LA ESCALA DE GRISES DE CAMBIO DE COLOR DEL LAVADO CASERO EN LAS PRUEBAS DE TINTURA A BASE DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO .....	134
TABLA N° 46. ENSAYOS DE SOLIDEZ AL LAVADO INDUSTRIAL.....	135
TABLA N° 47. VALORES DE SOLIDEZ AL LAVADO INDUSTRIAL EN LA ESCALA DE GRISES PARA CAMBIO DE COLOR DE LAS PRUEBAS DE TINTURA A BASE DEL DESCRUDE CONVENCIONAL.....	136
TABLA N° 48. VALORES DE SOLIDEZ AL LAVADO INDUSTRIAL EN LA ESCALA DE GRISES PARA CAMBIO DE COLOR DE LAS PRUEBAS DE TINTURA A BASE DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO .....	136
TABLA N° 49. VALORES DE SOLIDEZ AL LAVADO INDUSTRIAL EN LA ESCALA DE GRISES PARA MANCHADO DE LAS PRUEBAS DE TINTURA A BASE DEL DESCRUDE CONVENCIONAL.....	137
TABLA N° 50. VALORES EN LA ESCALA DE GRISES PARA MANCHADO DE LAS PRUEBAS DE TINTURA A BASE DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO.....	137
TABLA N° 51. VALORES DE SOLIDEZ A LA LUZ SOLAR EN LA ESCALA DE GRISES PARA CAMBIO DE COLOR DE LAS PRUEBAS DE TINTURA EXPUESTAS AL SOL.....	138
TABLA N° 52. GRAMAJE DE LAS PRUEBAS TINTURADAS .....	138
TABLA N° 53. COSTOS DE LA TINTURA A BASE DEL DESCRUDE CONVENCIONAL DE LA PRUEBA N° 1.....	139
TABLA N° 54. COSTOS DE LA TINTURA A BASE DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 1 .....	140
TABLA N° 55. COSTOS DE LA TINTURA A BASE DEL DESCRUDE CONVENCIONAL DE LA PRUEBA N° 2.....	141
TABLA N° 56. COSTOS DE LA TINTURA A BASE DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 2 .....	142
TABLA N° 57. COSTOS DE LA TINTURA A BASE DEL DESCRUDE CONVENCIONAL DE LA PRUEBA N° 3.....	143
TABLA N° 58. COSTOS DE LA TINTURA A BASE DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 3 .....	144
TABLA N° 59. COSTOS DE LA TINTURA A BASE DEL DESCRUDE CONVENCIONAL DE LA PRUEBA N° 4.....	145
TABLA N° 60. COSTOS DE LA TINTURA A BASE DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 4 .....	146
TABLA N° 61. COSTOS DE LA TINTURA A BASE DEL DESCRUDE CONVENCIONAL DE LA PRUEBA N° 5.....	147
TABLA N° 62. COSTOS DE LA TINTURA A BASE DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 5 .....	148
TABLA N° 63. COSTOS DE LA TINTURA A BASE DEL DESCRUDE CONVENCIONAL DE LA PRUEBA N° 6.....	149

TABLA N° 64. COSTOS DE LA TINTURA A BASE DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 6.....	150
TABLA N° 65. COSTOS DE LA TINTURA A BASE DEL DESCRUDE CONVENCIONAL DE LA PRUEBA N° 7 .....	151
TABLA N° 66.COSTOS DE LA TINTURA A BASE DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 7.....	152
TABLA N° 67. CUADRO COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS.....	154



# CAPÍTULO I

## EL ALGODÓN

El algodón es la planta textil de fibra suave más importante y de mayor uso en el mundo y su cultivo es de los más antiguos; la fibra de algodón tiene una combinación de propiedades como durabilidad, bajo costo, facilidad de lavado y comodidad, que lo hacen apropiado para prendas de verano, ropa de trabajo, toallas y sábanas, esta combinación única de propiedades ha hecho del algodón la fibra más popular para grandes masas de la población mundial.

El algodón es una fibra vegetal natural de gran importancia económica como materia prima para la fabricación de tejidos y prendas de vestir, la generalización de su uso se debe, principalmente, a la facilidad con que la fibra se puede trenzar en hilos, la resistencia, la absorbencia y la facilidad con que se lava y se tiñe también contribuyen a que el algodón se preste a la elaboración de géneros textiles muy variados.

El bajo costo y la fácil utilización del algodón, permitió que los productos hechos a base de este material sean accesibles a grandes sectores de la población, es producido en muchas partes del mundo, donde haya un clima caliente y seco; los principales productores son EEUU, la antigua Unión Soviética, China, India, Egipto, África y Sur América, el algodón es utilizado tanto en un 100% o en mezclas con otras fibras para la elaboración de los tejidos.

### 1.1 CARACTERÍSTICAS DEL ALGODÓN

- ❖ Nombre común: Algodón.
- ❖ Nombre científico: *Gossypium herbaceum* (algodón indio), *Gossypium barbadense* (algodón egipcio), *Gossypium hirsutum* (algodón americano).
- ❖ Clase: Angiospermas
- ❖ Sub Clase: Dicotiledóneas
- ❖ Orden: Malvales
- ❖ Familia: Malvácea
- ❖ Género: *Gossypium*

## 1.2 PLANTA DE ALGODÓN



**Figura N° 1.** Planta de algodón

Las fibras de algodón provienen de la planta GOSSYPUM perteneciente a la familia de las malváceas, que varía de 0.61 a 6.1 metros de altura, de acuerdo con la variedad en particular, la planta necesita del sol y requiere un clima caliente con aproximadamente seis meses de verano para su completo desarrollo, produce capullos y cápsulas con las fibras de algodón.

### 1.2.1 RAÍZ

La raíz principal es axonomorfa o pivotante, las raíces secundarias siguen una dirección más o menos horizontal, en suelos profundos y de buen drenaje, las raíces pueden llegar hasta los dos metros de profundidad, en los de poco fondo o mal drenaje apenas alcanzan los 50 cm, el algodón textil es una planta con raíces penetrantes de nutrición profunda.

### 1.2.2 TALLO

La planta de algodón posee un tallo erecto y con ramificación regular, existen dos tipos de ramas, las vegetativas y las fructíferas, los tallos secundarios, que parten del principal, tienen un desarrollo variable.



### 1.2.3 HOJAS

Las hojas son pecioladas, de un color verde intenso, grandes y con los márgenes lobulados, están provistas de brácteas.

### 1.2.4 FLORES

Las flores son, grandes, solitarias y penduladas, el cáliz de la flor está protegido por tres brácteas; la corola está formada por un haz de estambres que rodean el pistilo, la planta es autógama ya que cuenta con una serie de estambres que rodean el pistilo, por lo que se autoreproduce.

### 1.2.5 FRUTO



**Figura N° 2.** Cápsula de algodón

El fruto es una cápsula en forma ovoide con tres a cinco carpelos, las células epidérmicas de las semillas constituyen la fibra llamada algodón, es de color verde durante su desarrollo y oscuro en el proceso de maduración.

### 1.3 MICROESTRUCTURA DE LAS FIBRAS DE ALGODÓN

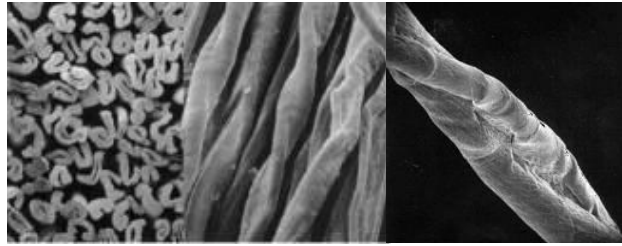


Figura N° 3. Fibra de algodón vista al microscopio

Las fibras de algodón se asemejan a cintas planas torcidas cuando se observan bajo el microscopio, estas cintas están formadas por unos haces de fibras llamados microfibrillas, que están entrelazadas entre sí torcidas en forma de espiral, la fibra de algodón inmadura es una estructura como de tubo o canal (lumen). En el interior de este tubo se encuentra una célula protoplasmática que se seca al madurar el algodón o se contrae regresando al tallo de la planta, la desaparición de esta sustancia origina que la fibra se aplane y tuerza de tal modo que bajo el microscopio aparezca como una cinta torcida.

### 1.4 ESTRUCTURA DE LA FIBRA DE ALGODÓN

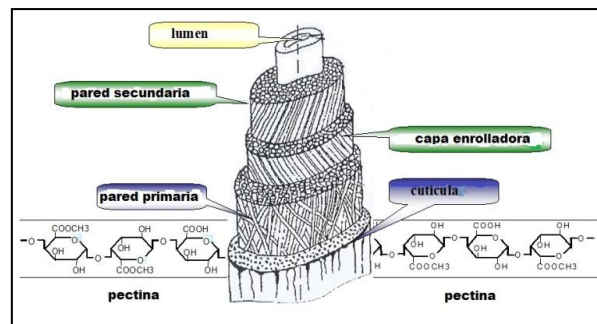


Figura N° 4. Estructura del algodón

Transversalmente se distinguen cinco partes en una fibra de algodón

#### 1.4.1 LA CUTÍCULA

Es la parte más externa de la fibra, es de naturaleza cética, pero contiene también pectinas y materia proteica, cumple la misión de un recubrimiento uniforme y resistente al agua que protege el resto de la fibra, esta capa se elimina de la fibra con el descruce.

#### **1.4.2 LA PARED PRIMARIA**

La pared primaria es la delgada pared celular original, está hecha principalmente de celulosa en una red de fibrillas finas (filamentos pequeños de celulosa), esto contribuye a la formación de un sistema muy bien organizado de capilares continuos, muy finos; es bien sabido que los capilares finos roban líquidos de los capilares gruesos, los capilares superficiales finos de cada fibra de algodón contribuyen en gran medida al desempeño limpio y seco del algodón.

La pared primaria corresponde a la fina pared original de la célula, su naturaleza es principalmente celulósica, pero contiene también materias pécticas, céreas y proteicas, está cubierta e impregnada por las materias componentes de la cutícula.

#### **1.4.3 LA CAPA ENROLLADORA**

La capa enrollada es la primera capa de engrosamiento secundario, difiere en su estructura de la pared primaria o del resto de la pared secundaria, es una especie de red abierta de fibrillas, alineada a un ángulo de 40 a 70 grados del eje de la fibra.

#### **1.4.4 LA PARED SECUNDARIA**

La pared secundaria consiste de capas concéntricas de celulosa que constituyen la porción principal de la fibra de algodón, después que la fibra ha logrado su tamaño máximo durante el período de crecimiento, se añade una capa nueva de celulosa a la pared secundaria, se depositan las fibrillas a ángulos de 70 a 80 grados con puntos en los que se invierten los ángulos a todo lo largo de la fibra, se vuelven a empacar las fibrillas formando capilares pequeños, la pared secundaria está formada por capas concéntricas de celulosa y constituye el componente más importante de la fibra de algodón.

#### **1.4.5 EL LÚMEN**

El lúmen es el canal hueco que corre a lo largo de la fibra, a través del cual se transportan los nutrientes durante el crecimiento de la fibra, está lleno de protoplasto vivo durante el período de crecimiento, después que madura la fibra y se abre la cápsula, se seca el protoplasto y se colapsa el lumen, esto deja un gran vacío o poro central en cada fibra, el espacio hueco o diámetro depende de la fibra si es madura o inmadura, si la fibra es madura el diámetro es menor y viceversa.



### **1.5.2 PECTINA**

La pectina es un material no celulósico presente en la pared celular principal de la fibra del algodón, que actúa como un material de cemento, y contribuye sustancialmente a la firmeza y estructura del algodón, pectinas esterificadas se encuentran en las capas más externas de la pared principal, y previenen la inducción del calcio, tienen un gran porcentaje de cadenas de oligosacáridos en su columna vertebral, las cuales son más largas que las de las pectinas ácidas, y son requeridas para la relajación de la pared celular, necesaria para la expansión de la fibra durante su crecimiento; una capa que se encuentra en el medio entre la pared principal y la secundaria de una fibra de algodón, contiene pectinas no esterificadas, los iones de calcio presentes en esta capa, forman uniones con las pectinas ácidas, por lo tanto sostienen los componentes unidos de la pared celular, esta unión entre las dos pectinas no esterificadas es muy fuerte y forman una estructura rígida, que finalmente conduce a prevenir una expansión de la pared celular secundaria.

La pectina es uno de los componentes no celulósicos más importantes de la fibra de algodón, las estimaciones más fiables señalan contenidos del 0.8 al 1.2%, aunque por la dificultad de extraerla cuantitativamente se considera el valor superior como el más probable, la pectina se localiza casi totalmente en la pared primaria.

### **1.5.3 CERAS**

Las ceras se localizan en la pared primaria, de tal manera que la fibra no se deja penetrar por el agua, la cera actúa como un recubrimiento protector de la fibra de algodón crudo, sucede que el algodón crudo flota sobre el agua durante varios días, mientras que el algodón desprovisto de cera se hunde en pocos minutos.

Desde el punto de vista del procesado de la fibra, la cera es el más importante de sus componentes no celulósicos, la presencia de cera es necesaria para una adecuada hilatura ya que lubrica las fibras, la cera natural del algodón disminuye la tendencia de las fibras a adherirse unas a otras, reduce la fricción entre las fibras y, disminuye la resistencia a la tracción del hilo y del tejido, una típica fibra de algodón maduro contiene del orden del 0.6% de cera, y la mayor parte de los valores registrados están comprendidos entre el 0.5 y el 1.5%.

#### 1.5.4 PROTEÍNAS

El material proteico del algodón corresponde al protoplasma muerto que queda en el lumen después de que la célula muere al abrirse la cápsula, el contenido de proteína deducido del porcentaje de nitrógeno, puede estimarse en un 1.9% para la pared primaria de la fibra y del 14% para su capa más externa.

#### 1.5.5 CENIZAS

El contenido de cenizas de un algodón limpio es del orden de 1.2% sobre peso seco, las cenizas están formadas por carbonatos, fosfatos, sulfatos o cloruros de magnesio, calcio o potasio, con predominio de los carbonatos, estos corresponden sin duda a restos de los metales originalmente presentes como sales del ácido péctico y de algunos ácidos orgánicos; el descrudado y el blanqueo reducen el contenido de ceniza a menos del 0.1%

#### 1.5.6 SUSTANCIAS MINERALES

El nivel de contaminación del algodón es afectado por la geología del área de cultivo, la constitución del suelo, las condiciones climáticas durante el período de maduración, las técnicas de cultivo, los químicos y fertilizantes, así como las técnicas de recoger el algodón.

### 1.6 PROPIEDADES FÍSICAS DEL ALGODÓN

#### 1.6.1 LONGITUD DE FIBRA

La longitud del algodón varía de acuerdo a los factores genéticos, la clase de algodón, procedencia y cultivo, la fibra de mejor calidad es la que mayor longitud alcanza, para hilos peinados es más conveniente una fibra de mayor longitud.

<b>LONGITUD DE FIBRA</b>	<b>LONGITUD (mm)</b>
<b>Fibra muy corta</b>	< 19
<b>Fibra corta</b>	20.6 - 23.8
<b>Fibra media</b>	23.8 – 28.6
<b>Fibra larga</b>	28.6 – 35
<b>Fibra extra larga</b>	> 35

**Tabla N° 2.**Longitud de fibra del algodón

### **1.6.2 MICRONAIRE**

El micronaire es una medida de finura y madurez de la fibra de algodón; es un instrumento de corriente de aire para medir la permeabilidad del aire de una masa constante de fibras de algodón comprimidas a un volumen fijado. El algodón tiene un valor que va de 3,3 a 4 micronaire.

### **1.6.3 FINURA DEL ALGODÓN ( $\mu$ )**

Esta es indirectamente proporcional a su diámetro; esto es que cuanto mayor sea su largo menor será su diámetro y viceversa, la gran mayoría de los algodones tiene una finura que varía entre 16 a 20 micras ( $\mu$ ), mientras más fina sea la fibra es de mayor calidad.

### **1.6.4 GRADO DE MADUREZ**

Es el factor que más influencia en la calidad y se expresa como la relación entre fibras maduras y muertas; fibras maduras son aquellas que adquirieron un desarrollo completo en la pared secundaria por lo que son ricas en celulosa; fibras muertas son las que carecen de pared secundaria por su escaso desarrollo o por que la pared secundaria esta reseca debido a que se dejo pasar la época de cosecha.

El grado de madurez de las fibras de algodón tiene influencia en la tintura, debido a diferencias en el grosor de las paredes, dan matices diversos al ser teñidas en el mismo baño simultáneamente, presentando una tonalidad oscura cuando más maduras están ó más gruesas sean sus paredes, así mismo se presentan diferencias de resistencia entre las fibras inmaduras de paredes delgadas y las fibras maduras de paredes gruesas, factor a tener en cuenta a la hora de producir hilos resistentes.

### **1.6.5 RESISTENCIA**

Se define como la fuerza requerida para romper una fibra o un mechón de fibras, se expresa en gramos-fuerza/tex. La resistencia a la tracción se obtiene de un pequeño manejo de fibras, una fibra unitaria de algodón puede sostener un peso muerto de 2 a 8 gramos, tal fibra no es muy fuerte, pero la tela de algodón acabada puede hacerse muy fuerte si se emplean hilos fuertemente torcidos.

La siguiente tabla puede ser usada como una guía en la interpretación de las mediciones de la resistencia de la fibra.

GRADO DE RESISTENCIA	RESISTENCIA DE HVI (gramos por tex)
Muy resistente	31 y +
Resistente	29 – 30
Promedio	26 – 28
Intermedio	24 – 25
Débil	23 y -

**Tabla N° 3.** Resistencia del algodón

El algodón es de resistencia promedio, las fibras más resistentes son las más gruesas, lo que no quiere decir que los hilos hechos con esas fibras sean más fuertes, sino por el contrario, los hilos más fuertes son los hilados de algodón de fibra fina por entrar mayor número de ella en la sección de un hilo; la humedad también aumenta la resistencia en un 20% cuando los hilos están mojados.

### 1.6.6 ELONGACIÓN

Es el incremento en la longitud de la muestra durante el ensayo de resistencia, para el algodón, el porcentaje de elongación corresponde a la fuerza ejercida hasta la ruptura de la fibra, en promedio la elongación está del 3 al 7%.

$$\% \text{ Elongación} = \frac{\text{Longitud total de rotura} - 1.8''}{1.8''} \times 100\%$$

### 1.6.7 HIGROSCOPICIDAD

Es la propiedad, de absorber agua en mayor o menor cantidad, en condiciones estándar 21°C y 65% de humedad relativa, el algodón absorbe de 7 a 8.5% de humedad, la humedad higroscópica no es el contenido de agua de la materia prima, sino la humedad (agua) contenida en los poros de la fibra y sobre su superficie, esto no es parte de sus constituyentes químicos, si la humedad del aire es excesiva, el contenido de humedad en el algodón aumenta.



### **1.6.8 COLOR**

El color natural del algodón se debe a las materias colorantes o pigmentos contenidos en sus paredes celulares, el color del algodón, es un factor con el cual se determina el grado del algodón

### **1.6.9 GRADO DEL ALGODÓN**

El grado de algodón es la apariencia del algodón, el color de la fibra, la uniformidad del color, el contenido de desperdicio de la mota, el contenido de impurezas y el grado de preparación de las fibras.

## **1.7 PROPIEDADES QUÍMICAS DEL ALGODÓN**

### **1.7.1 COMPORTAMIENTO DEL ALGODÓN EN EL AGUA**

El agua no perjudica al algodón, ni en ebullición, el agua y la humedad le favorecen aumentando en aproximadamente 20% su resistencia

### **1.7.2 COMPORTAMIENTO DEL ALGODÓN EN EL CALOR**

El algodón soporta durante largo tiempo temperaturas de hasta 160 °C, por encima de esta temperatura comienza a amarillarse iniciando su descomposición y a los 240 °C ya se forman gases para acabar carbonizándose.

### **1.7.3 COMPORTAMIENTO DEL ALGODÓN FRENTE A LOS ÁCIDOS**

Los ácidos inorgánicos concentrados disuelven al algodón sobre todo en caliente con mayor rapidez, el ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) por ejemplo en solución diluida al 1% momentáneamente no ataca a la celulosa, pero si se deja secar con residuos, la celulosa se convierte lentamente en hidrocélulosa perdiendo la fibra su resistencia física.

#### **1.7.4 COMPORTAMIENTO DEL ALGODÓN FRENTE A LOS ÁLCALIS**

Los álcalis no atacan al algodón, más bien al tratar la fibra con ellos, esta mejora su aspecto físico, ejemplo el mercerizado con sosa cáustica provoca un hinchamiento diametral de la fibra produciéndole brillo y suavidad al material.

## CAPÍTULO II

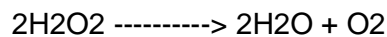
### ENZIMAS

Las enzimas son compuestos orgánicos, producidas por células vivas para acelerar la reacción química en los sistemas biológicos a fin de que puedan llevarse a cabo a una temperatura relativamente baja, pero siguen siendo ellos mismos, aparentemente sin cambios durante el proceso, por lo tanto las enzimas se denominan como biocatalizadores.

Las enzimas son proteínas que tienen la habilidad de facilitar el desarrollo de reacciones químicas; las que sin su participación, se requerirían condiciones de alta energía o transcurrirían muy lentamente, las enzimas ayudan a desarrollar con mayor rapidez y a baja temperatura muchas reacciones químicas de gran complejidad y es por ello que su función puede ser clasificada como catalítica.

Así, por ejemplo:

La descomposición del agua oxigenada (peróxido de hidrógeno) en agua y oxígeno, según la reacción:



Es una reacción que puede transcurrir espontáneamente pero es extraordinariamente lenta, en condiciones normales se descomponen 100.000 moléculas cada 300 años por cada mol de  $\text{H}_2\text{O}_2$  ( $6,023 \cdot 10^{23}$  moléculas), sin embargo, en presencia de una enzima que hay en nuestras células, la catalasa, el proceso se desarrolla con extraordinaria rapidez (el burbujeo que se produce al echar agua oxigenada en una herida es debido a esto).

Las enzimas, como catalizadores que son, no modifican la constante de equilibrio y tampoco se transforman, recuperándose intactas al final del proceso; la rapidez de actuación de las enzimas y el hecho de que se recuperen intactas para poder actuar de nuevo es la razón de que se necesiten en pequeñísimas cantidades.

Las enzimas son extremadamente selectivas y se necesita una enzima para cada tipo de reacción; de ahí la gran cantidad y diversidad de enzimas presentes en la naturaleza participando en unas 4.000 reacciones bioquímicas.



**Figura N° 6.** Representación de una enzima

Desde el punto de vista químico, las enzimas están formadas de carbono (C), Hidrógeno (H), oxígeno (O), Nitrógeno (Ni), y Azufre (S) combinados, pero siempre con peso molecular bastante elevado y con propiedades catalíticas específicas.

## **2.1 ACTIVIDAD ENZIMÁTICA**

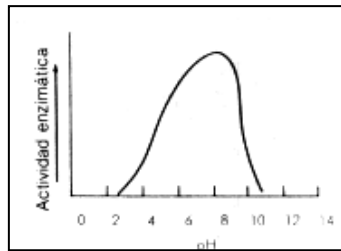
La actividad enzimática es el número de moles de sustrato que reaccionan para formar producto, por mol de enzima y por unidad de tiempo; esto supone que la enzima está plenamente saturada con sustrato y por tanto que la reacción se efectúa con su máxima rapidez.

Se define la unidad de actividad enzimática (U) como la cantidad de enzima que cataliza la conversión de 1  $\mu\text{mol}$  de sustrato en un minuto.

Recientemente, el Sistema Internacional de unidades (SI) ha definido la unidad de actividad enzimática como la cantidad de enzima que cataliza 1 mol de sustrato por segundo.

## 2.1.1 FACTORES QUE REGULAN LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA

### 2.1.1.1 Efecto del pH

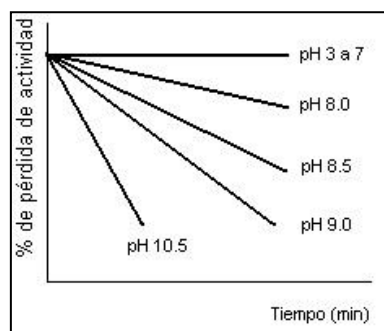


**Figura N° 7.** Efecto del pH sobre la actividad enzimática

La mayoría de las enzimas poseen un pH óptimo en el cual la actividad es máxima; por encima o por debajo de este pH la actividad disminuye, aunque los perfiles de las curvas de actividad en función del pH de muchas enzimas son acampanados pueden variar considerablemente de forma.

La forma de la curva de actividad - pH varía con la concentración del sustrato, estas curvas son mucho más significativas si la enzima se mantiene saturada con el sustrato en todos los valores de pH a los que se experimenta; el pH óptimo de una enzima no es necesariamente idéntico al pH de su entorno intracelular normal, el cual puede hallarse a su vez en la pendiente de su curva ascendente o descendente.

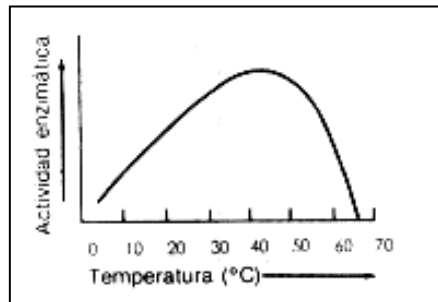
### 2.1.1.2 Efecto del pH en la estabilidad de la enzima



**Figura N° 8.** Representación esquemática de la velocidad de inactivación de las enzimas a diferentes valores de pH.

El pH influye directamente en la estabilidad de la enzima respecto al tiempo es decir, en el pH óptimo de la enzima, ésta suele ser estable a lo largo de los ensayos enzimáticos, pero fuera de este rango de pH hay una pérdida, como se muestra en la Figura N° 8.

### 2.1.1.3 La temperatura

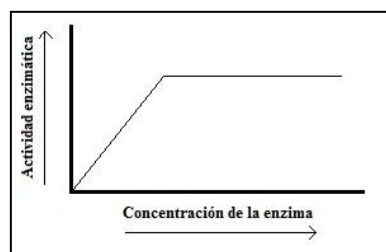


**Figura N° 9.** Efecto de la temperatura en la actividad enzimática.

La temperatura influye en la actividad, el punto óptimo representa el máximo de actividad, a temperaturas bajas, las enzimas se hallan "muy rígidas" y detienen la actividad enzimática pero no las destruyen y cuando se supera un valor considerable (mayor de 60 °C) la actividad cae bruscamente porque, como proteína, la enzima se desnatura por acción del calor y se inactivan cuando la elevación de temperatura sobrepasa cierto punto.

Aunque la mayoría de las enzimas se inactivan a una temperatura comprendidas entre 55 y 60°C, algunas de ellas son completamente estables y conservan su actividad a temperaturas muy superiores, cabe mencionar, que aún las enzimas estando en su aparente temperatura óptima suelen perder actividad enzimática dependiendo de la duración del ensayo.

### 2.1.1.4 La concentración de enzima

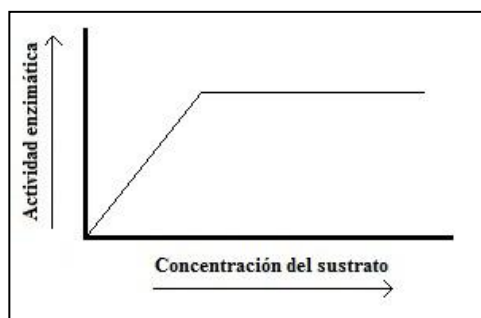


**Figura N° 10.** Efecto de la concentración de la enzima en la actividad enzimática

Existe una relación casi lineal entre la actividad de la reacción y la concentración de la enzima, la actividad aumenta rápidamente con el incremento de la concentración de la enzima, incrementos posteriores en las concentraciones de la enzima no tienen efecto sobre la actividad, ya que esta se vuelve independiente de la concentración de la enzima.

#### 2.1.1.5 La concentración de sustrato

Para una determinada cantidad de enzima, la actividad de la reacción se incrementa al aumentar la concentración de sustrato. Al principio esta relación es casi lineal, pero luego la curva de la reacción asume una forma hiperbólica, se alcanza una meseta en la cual la actividad es constante, esto ocurre a concentraciones de sustrato tales que posteriores incrementos no afectan la actividad aparente. Aquí todas las moléculas de enzima están saturadas de sustrato.



**Figura N° 11.**Efecto de la concentración del sustrato en la actividad enzimática

La actividad enzimática aumenta rápidamente con incremento inicial en el sustrato; incrementos posteriores en las concentraciones del sustrato no tienen efecto sobre el índice; ya que este se vuelve independiente de la concentración del sustrato.

## 2.2 ESPECIFICIDAD DE LAS ENZIMAS

Las enzimas son altamente específicas para las reacciones que catalizan, esto es que cada enzima cataliza un único tipo de reacción química, es decir, su intervalo de acción se limita a un determinado tipo de compuestos que deben reunir ciertas características para que puedan ser usados como sustrato.

Esta especificidad está relacionada con la estructura tridimensional de la molécula enzimática, así como la interacción entre el sustrato y la enzima a través del centro activo, dependiendo de la naturaleza de las interacciones entre estos, normalmente de las fuerzas

débiles, tales como puentes de hidrógeno, fuerzas de Van Der Waals e interacciones hidrofóbicas.

## 2.2.1 TIPOS DE ESPECIFICIDAD DE LAS ENZIMAS

Los tipos de especificidad de las enzimas se han dividido en cuatro grupos, éstos son de baja especificidad, especificidad de grupo y especificidad absoluta.

### 2.2.1.1 Baja especificidad

Se denomina como enzima de baja especificidad cuando la enzima no discrimina entre sustratos, sino que se muestra específica únicamente para el enlace a atacar.

### 2.2.1.2 Especificidad de grupo

La especificidad de grupo se presenta cuando las enzimas actúan sobre un sustrato que contiene un determinado enlace y un grupo químico específico al lado de éste.

### 2.2.1.3 Especificidad absoluta

Se habla de especificidad absoluta cuando la enzima sólo ataca a un sustrato y cataliza sólo una reacción. La mayoría de las enzimas pertenecen a esta categoría.

## 2.2.2 MODELO DE ACTUACIÓN DE LAS ENZIMAS

Para explicar la actividad catalítica de las enzimas, se ha propuesto un mecanismo general, en dos etapas:

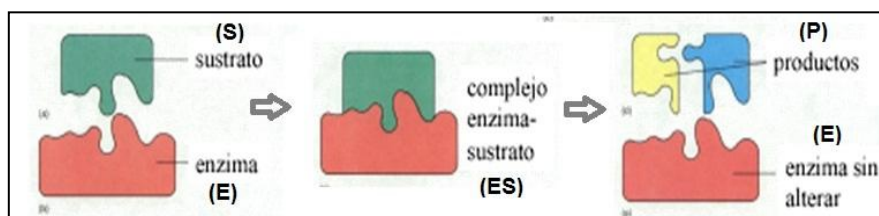


Figura N° 12. Modelo de actuación de las enzimas



En la primera etapa, la enzima (E) se une a la molécula de sustrato (S), para formar el complejo enzima-sustrato (ES). En una segunda etapa, el complejo se fragmenta dando lugar al producto (P) y a la enzima (E), que vuelve a estar disponible para reaccionar con otra molécula de sustrato.

Por lo general, la molécula de enzima es mucho mayor que la del sustrato por lo que sólo una pequeña parte de la enzima está implicada en la formación del complejo; esta región que interacciona con el sustrato y en la que tiene lugar la reacción, se denomina sitio activo de la enzima.

## **2.3 OBTENCIÓN DE ENZIMAS**

Actualmente uno de los métodos más usados para la obtención de enzimas es la fermentación, esta puede llevarse a cabo de dos maneras: en cultivo semi-sólido o en cultivo sumergido.

El cultivo semi-sólido, comúnmente llamado fermentación sólida, es la forma más común de producción de enzimas fúngicas la cual presenta ciertas ventajas frente a la fermentación en cultivo sumergido; principalmente la alta productividad de la enzima de interés.

### **2.3.1 FERMENTACIÓN EN MEDIO SÓLIDO**

La fermentación en medio sólido está definida como una fermentación en ausencia de agua, sin embargo, el sustrato posee cierto grado de humedad para soportar el crecimiento y metabolismo del microorganismo.

Debido al bajo contenido de agua, la fermentación en medio sólido estimula el crecimiento de las cepas fúngicas, evita contaminaciones microbianas (ya que su crecimiento es a partir del 40 a 70% de humedad), los requerimientos de energía son muy bajos, se producen menos desechos líquidos, permite la producción de metabólicos en mayor concentración, hay una reducción de volumen del equipo por unidad de sustrato bioconvertido en comparación con una fermentación sumergida, la aplicación es directa en la fermentación como medio de conservación de alimentos, y que además aumenta su digestibilidad.

La optimización de la fermentación depende de los parámetros iniciales, como son el contenido de humedad, el pH, si el sustrato requiere de pre – tratamientos, humedad

relativa, temperatura de incubación, agitación o aireación, tamaño del inóculo, la adición de algunos nutrientes como fuente de carbono, nitrógeno, fósforo y algunos elementos traza.

En años recientes se ha reportado algunos fundamentos sobre la fermentación en medio sólido como son la transferencia de calor y masa que afectan a la fermentación, ya que una gran cantidad de calor es generado el cual es directamente proporcional a la actividad metabólica de los microorganismos.

### **2.3.2 FERMENTACIÓN SUMERGIDA**

La fermentación sumergida es definida como la técnica de crecimiento de microorganismos en un medio líquido, donde todos los nutrientes se encuentran disueltos en el medio del cultivo y el proceso se lleva a cabo bajo condiciones físico-químicas controladas, este es el método más usado en la industria biotecnológica. En comparación con la fermentación sólida presenta las siguientes ventajas: se obtiene un producto más homogéneo, es más sencillo el control de los factores de fermentación como la temperatura, aireación, agitación y pH, presenta mejor distribución del oxígeno y del calor suministrado al sistema y se puede llevar a cabo la medición directa de la biomasa.

La fermentación sumergida se realiza principalmente usando tres métodos de alimentación de sustrato, fermentación en lote, fermentación en lote alimentado y fermentación en cultivo continuo.

#### **2.3.2.1 Fases de la fermentación sumergida**

- ❖ **Fase de inactividad.-** Es de duración variable ya que depende del número de células así como de las características metabólicas de las mismas. Grandes fases de inactividad indican la presencia de sustancias tóxicas, muerte de células o inactividad de éstas.
- ❖ **Fase temporal de aceleración.-** No ha sido definida matemáticamente pero en ellas las proporciones de las células hijas tienden a alcanzar el 50% de la población total.
- ❖ **Fase de crecimiento exponencial.-** Allí crecen los microorganismos rápidamente y el crecimiento de la población depende del sustrato inicialmente colocado.
- ❖ **Fase estacionaria.-** Aquí ya se ha alcanzado el máximo valor de producción, en esta fase algunas células se dividen y otras mueren donde las células vivas utilizan

los compuestos provenientes de las muertas como nutrientes, manteniendo la población constante durante la fase.

- ❖ **Fase de muerte.**- Dado que la población celular presente no se mantiene por sí misma comienza a morir.

## **2.4 CLASIFICACIÓN DE LAS ENZIMAS**

Debido al gran número de enzimas conocidas en la actualidad, se ha adoptado una clasificación y nomenclatura más sistemática, en la que cada enzima tiene un número de clasificación que la identifica, se las ha clasificado en:

### **2.4.1 OXIDOREDUCTASAS**

Son aquellas que intervienen en las reacciones de transferencia de electrones o en procesos de oxidación fisiológica.

Ejemplo: oxidoreductasa de alcohol.

### **2.4.2 TRASFERASAS**

Son aquellas que permiten la transferencia de grupos funcionales, como: grupos amino, metilo, alquilo, y acilo, y de grupos que contengan fósforo o azufre.

Ejemplo: UDP-glucosa-fructosa- glucotransferasa.

### **2.4.3 HIDROLASAS**

Son aquellas que intervienen en las reacciones de hidrólisis e incluyen enzimas digestivas como: amilasa, sacarasa, lipasa y proteasas.

### **2.4.4 LIASAS**

Permiten la adición a dobles enlaces o la supresión de grupos químicos sin hidrólisis.

Ejemplo: carboxilasa, fenilalanina amonioliasa, pectato liasa.

### **2.4.5 ISOMERASAS**

Son aquellas que facilitan el cambio de una sustancia a uno de sus isómeros: es decir, interviene en las reacciones de isomerización.

Ejemplo: fosfoglucoisomerasa.

### **2.4.6 LIGASAS**

Se conocían como sintetasas, participan en la formación de enlaces con hidrólisis de ATP; es decir, la unión de dos moléculas con rotura de un enlace pirofosfato del ATP o de un trifosfato similar.

Ejemplo: ligasa de tirosina

## **2.5 ENZIMAS EN LA INDUSTRIA TEXTIL**

Uno de los objetivos destacables de los tratamientos textiles modernos es obtener el efecto requerido modificando preferentemente la superficie de las fibras a fin de mantener la calidad del material, utilizando procesos que conlleven el mínimo impacto ambiental, tanto en el uso de productos como en la tecnología empleada.

Dentro de este contexto, se comenzaron a utilizar diversos procesos biotecnológicos mediante el empleo de enzimas, éstas cumplen con el requisito de ser respetuosos con el medio ambiente, ya que las enzimas son biodegradables, actúan sobre moléculas específicas y trabajan bajo condiciones suaves.

Las enzimas que se usan industrialmente son producidas en grandes cantidades por bacterias y hongos que se cultivan en tanques llamados fermentadores, estas enzimas se vienen usando desde hace más de 40 años con el objetivo de reemplazar a los compuestos sintéticos, minimizar el uso del agua y el consumo de energía, ya que antes las manchas sólo podían ser removidas con blanqueadores y altas temperaturas.

La industria textil emplea enzimas para el tratamiento de fibras proteicas naturales (lana y seda) y celulósicas (algodón, lino y cáñamo) y también fibras sintéticas, estas enzimas se usan en las fases de hilado, teñido y acabado de los tejidos, con el objetivo de limpiar la superficie del material, reducir las pilosidades y mejorar la textura.

### **2.5.1 AMILASAS**

Las amilasas se utilizan para eliminar el almidón que recubre a las telas (proceso de desengomado), y se obtienen de las bacterias *Bacillus subtilis* y *Bacillus licheniformis*

### **2.5.2 LIPASAS**

Son enzimas que degradan lípidos y son usadas en la industria textil, junto con las amilasas, para el desengomado de las fibras.

### **2.5.3 PECTINASAS**

En el tratamiento de las fibras de algodón, se deben extraer las pectinas de la pared primaria de la fibra del algodón; las enzimas pectinasas, que degradan esta sustancia, son utilizadas en el lavado alcalino del algodón.

Numerosos estudios realizados muestran que un tratamiento usando solamente pectinasa, seguido por un enjuagado en agua caliente, es capaz de hacer que la fibra de algodón se vuelva hidrófila y absorbente, facilitando su posterior utilización.

### **2.5.4 CATALASAS**

En la industria textil la catalasa es utilizada para descomponer en oxígeno y agua el peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ) residual después del blanqueo de las fibras de algodón, la remoción de este producto es necesaria para que las fibras puedan luego ser teñidas; la catalasa es una enzima que se encuentra en organismos vivos y su empleo disminuye el consumo de productos químicos, de energía y de agua.

### **2.5.5 PEROXIDASAS**

Se utilizan las peroxidasas para remover los residuos de peróxido de hidrógeno utilizados en la etapa de blanqueo, las peroxidasas también pueden ser utilizadas después del teñido, para la reducción de colorantes residuales.

### **2.5.6 CELULASAS**

Las celulasas son enzimas que degradan las fibras de la superficie (fibras sueltas y microfibrillas) haciendo a los tejidos más lisos y blandos, otorgándoles una textura aterciopelada similar a la seda natural, eliminan el pilling de la superficie de los tejidos.

### **2.5.7 LACASAS**

Son enzimas del tipo fenol-oxidasa dependiente de cobre que tiene la capacidad de catalizar reacciones de desmetilación, este es un paso importante en la biodegradación de polímeros que contengan grupos aromáticos fenólicos; debido a esta propiedad, la lacasa es utilizada en la oxidación del índigo (colorante de tipo fenólico) en la preparación de telas para jeans, esta enzima es extraída de hongos, como *Trametes hirsuta* y *Sclerotium rolfsii*.

### **2.6 ENZIMA PECTATO LIASA**

La enzima pectato liasa es una pectinasa alcalina utilizada para el bio-desgrude de fibras celulósicas naturales como algodón, lino, cáñamo y mezclas, elimina las pectinas de la pared primaria de las fibras de algodón sin causar degradación de la celulosa y así no tiene efecto negativo en las propiedades de resistencia del tejido de algodón.

El objetivo principal de la enzima pectato liasa es actuar en el estrato de la cutícula, rica en ceras, proteínas y pectinas, la pectato liasa es una enzima que rompe los enlaces glicosídicos alfa (1-4) del ácido poligalacturónico ( $C_6H_{10}O_7$ ), el componente principal de la pectina de la pared celular.

#### **2.6.1 CARACTERÍSTICAS**

- ❖ Es de color marrón el cual puede variar de lote a lote.
- ❖ Tiene una densidad aproximada de 1,04 g/ml.
- ❖ Tiene un ligero olor a fermentación.
- ❖ La actividad de la enzima de pectato liasa se declara en UNPA (Unidades Normales Pectinasa Alcalina.), y es de 375 UNPA/g.

#### **2.6.2 OBTENCIÓN DE LA ENZIMA PECTATO LIASA**

La enzima pectato liasa es producida mediante fermentación sumergida del microorganismo *Bacillus Licheniformis* genéticamente modificado, la proteína enzimática, la cual no está genéticamente modificada, se separa del organismo de producción y se purifica.

### 2.6.2.1 *Bacillus licheniformis*

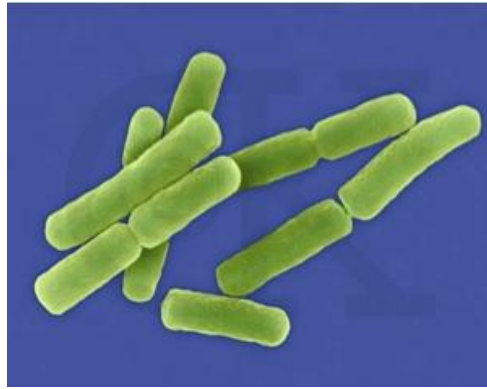


**Figura N° 13.**Aspecto típico de las colonias de *B. licheniformis*

*Bacillus licheniformis* es una bacteria que se encuentra comúnmente en el suelo y plumas de aves. Las aves que tienden a permanecer en el suelo más que el aire (es decir, gorriones) y en el agua (es decir, los patos) son portadoras comunes de esta bacteria, que se encuentra sobre todo en torno a la zona del pecho del ave y un plumaje nuevo.

Su temperatura de crecimiento óptima es de 50°C, pero también pueden sobrevivir a temperaturas mucho más altas, su temperatura óptima para la secreción de la enzima es 37 °C. Se ha descrito que es capaz de secretar cantidades de proteína superiores a 25 g/L, lo que lo convierte en un microorganismo muy interesante para su estudio, esta bacteria puede sobrevivir en medios ambientes hostiles debido a que se encuentra en forma de espora, cuando las condiciones son buenas, se convertirá de nuevo en un estado vegetativo.

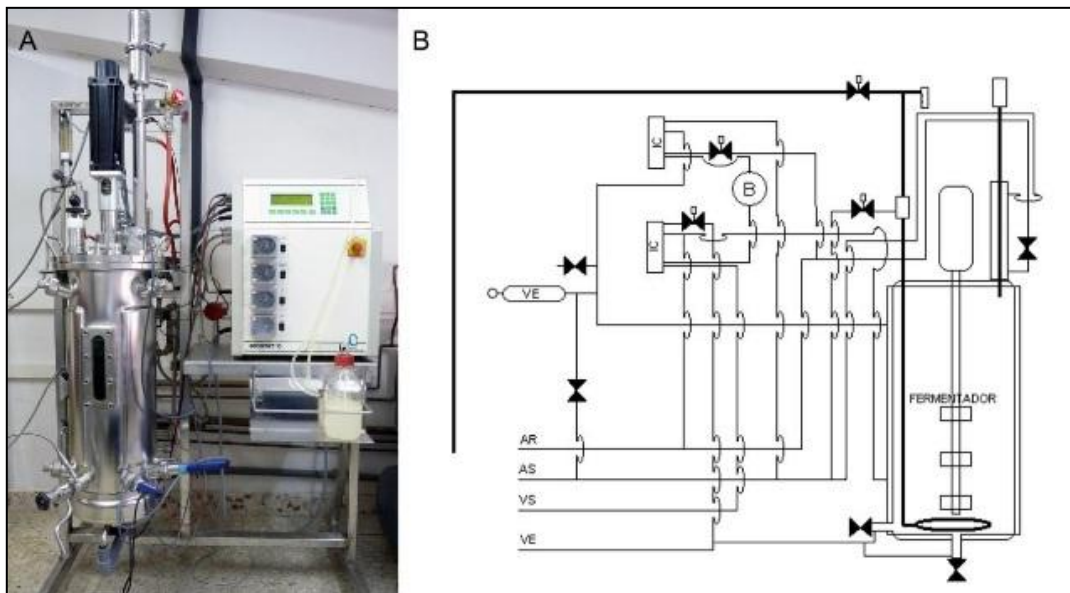
Bacillos *licheniformis* es una bacteria saprófita ampliamente distribuida que contribuye al ciclo de la materia, dada la gran cantidad de enzimas que produce, se considera a esta especie genéticamente homogénea, está considerado como un microorganismo seguro, dado que no se ha encontrado que produzca toxinas y, aunque puede crecer fácilmente en la piel humana, no se han encontrado evidencias de septicemias ni enfermedades causadas específicamente por este microorganismo. Por ello, ha sido reconocido como microorganismo GRAS (generalmente reconocido como seguro) por la “U.S. Food and Drug Administration”



**Figura N° 14.**Bacillus licheniformis

Bacillus licheniformis se utiliza industrialmente para la producción de enzimas extracelulares tales como proteasas,  $\alpha$ -amilasa, penicilinas, pentosanasas, cicloglucosiltransferasa,  $\beta$ -mananasa y varios enzimas pectinolíticos.

#### 2.6.2.2 Esquema del fermentador Braun Biostat



**Figura N° 15.**Fermentador Braun Biostat



### 2.6.2.3 Partes del fermentador Braun Biostat

- ❖ **VE:** Entrada de vapor
- ❖ **VS:** Salida de vapor
- ❖ **AR:** Agua de refrigeración
- ❖ **AS:** Salida de agua
- ❖ **IC:** Intercambiador de calor
- ❖ **▶◀:** Válvulas

Las fermentaciones se llevaron a cabo en un fermentador Biostat C (B. Braun Biotech International, Melsungen, Alemania) de 30 L de capacidad (Fig. 15) usando 20 L de medio LB. El medio fue esterilizado in situ a 121 °C durante 30 minutos con agitación suave, se realizaron controles de contaminación para evaluar la esterilidad del medio no inoculado, el inóculo consistió en 1.5 L de cultivo con una densidad celular de  $10^5$  células por mL.

La fermentación se llevó a cabo con una entrada de aire de 5 L min<sup>-1</sup>, pH 7 y una agitación de 300 rpm a 37°C. Se añadió un antiespumante controlado automáticamente por el fermentador, el flujo de aire y la agitación se incrementaron cuando aumentó la demanda biológica de oxígeno. Se obtuvieron muestras durante 24 h para determinar el pH, la densidad celular y la actividad enzimática, las células se cosecharon empleando una centrífuga de flujo continuo de alta velocidad.

## 2.7 EFECTOS DE LAS ENZIMAS SOBRE LA SALUD

El manejo de enzimas, así como la mayoría de productos utilizados en procesos industriales, se debe tener precaución para evitar el contacto con la piel, las enzimas se pueden usar con seguridad sin efectos nocivos sobre la salud mediante la utilización de buenas prácticas de trabajo, controles de ingeniería y equipo de protección personal apropiado.

## **2.7.1 SÍNTOMAS DE EXPOSICIÓN A LAS ENZIMAS**

### **2.7.1.1 Irritación**

Un contacto prolongado de la piel con enzimas puede causar irritación de la piel, también los ojos pueden irritarse por contacto con las enzimas, como se puede esperar, entre más concentrado sea el preparado de enzimas mayores son las posibilidades de producir irritación por contacto, la irritación de la piel es más probable en las áreas corporales donde ocurre transpiración como son las manos, las axilas, la ingle y los pies, y alrededor de las áreas de uso de ropa ajustada como puños, cintura y áreas de la cara en contacto con máscaras faciales.

Se debe minimizar el contacto de la piel y los ojos con todas las enzimas como parte de las prácticas de higiene personal, así como cualquier sustancia química, debe evitarse el contacto con enzimas si la piel está lacerada o irritada.

### **2.7.1.2 Alergia**

Como con cualquier otra proteína extraña al tracto respiratorio, la inhalación repetida de enzimas contenidas en aerosoles, pueden ocurrir síntomas entre moderados o graves e incluir cualquiera de los siguientes, o combinación de los mismos: asma, estornudos, congestión nasal o sinusitis, tos, lagrimeo, secreción nasal, opresión del pecho, jadeo o respiración agitada; estos síntomas pueden desarrollarse durante las horas de trabajo o con retraso de hasta dos horas o más, después de la exposición durante el trabajo. Los síntomas sólo se producirán en una persona alérgica si aerosoles de enzimas son inhalados, generalmente desaparecen después de algunas horas o días después de que la exposición ha sido eliminada.

Actualmente no existen pruebas que indiquen que el contacto de la piel con enzimas cause dermatitis de contacto alérgico, aparte de alergias, no se han encontrado efectos de duración prolongada cuando se trabaja con enzimas.

## **2.7.2 MANEJO DE LAS ENZIMAS**

Se puede lograr un manejo seguro de preparados de enzimas a través de prácticas adecuadas de trabajo, controles de ingeniería y uso de equipo de protección, al trabajar con enzimas es importante usar prácticas de trabajo que no generen aerosoles o que resultan

en contacto directo con la piel, cada operación de trabajo debe realizarse con cuidado para reducir al mínimo la formación de aerosoles y el contacto con la piel o con los ojos, se debe evitar el barrido, soplado, limpieza a vapor y lavado con agua a alta presión.

## **2.7.3 USO DE EQUIPO PARA PROTECCIÓN PERSONAL**

### **2.7.3.1 Protección respiratoria**

Normalmente, en la mayoría de las condiciones operacionales en las que se usan enzimas no se necesita protección respiratoria, algunas operaciones, como despeje de derrames, limpieza de equipos y reparación de equipos, pueden generarse aerosoles, en estas ocasiones, la protección respiratoria puede ser necesaria, la protección respiratoria también debe usarse cuando lo indique su supervisor, el personal profesional de seguridad o personal médico.

### **2.7.3.2 Ropa y guantes protectores**

Se debe usar ropa de protección cuando existen posibilidades de contacto con la piel o con los ojos, dicha ropa debe incluir guantes, delantales, anteojos (gafas) de seguridad, exteriores, como trajes de mecánicos o túnicas de laboratorio, la ropa de protección es especialmente importante cuando se trabaja con enzimas que se conoce que causen irritación de la piel.

## **2.7.4 MANTENIMIENTO DE LA MAQUINARIA**

Siempre que deba realizar mantenimiento en algún equipo que haya estado en contacto con enzimas, se debe limpiar el área antes de comenzar el trabajo, realice un lavado húmedo (empapando, refregando) o un sistema de aspiración equipado con un filtro para partículas de alta eficiencia para limpiar el equipo o despejar los derrames, debe evitarse realizar la limpieza con dispositivos de alta presión (vapor, aire o agua), porque es sabido que estas operaciones causan formación de aerosoles. El uso de equipo de protección (guantes, respiradores, gafas de seguridad) puede ser requerido durante unas operaciones de mantenimiento.

### **2.7.5 LIMPIEZA DE DERRAMES**

Las enzimas que se derraman se deben limpiar inmediatamente con un sistema de aspiradora central, aspiradoras equipadas con un filtro, fregado o lavado; para impedir la

formación de polvo o aerosoles durante la limpieza es preciso no barrer ni usar sistemas de alta presión de aire, vapor o aire comprimido sobre el material derramado, se debe usar abundante agua para lavar el material enzimático para evitar la generación de polvo a partir del material seco.

### **2.7.6 LIMPIEZA PERSONAL**

La limpieza personal es esencial para prevenir la irritación de enzimas proteolíticas en la piel y en las membranas mucosas, la reacción irritante en la piel se incrementa en presencia de humedad y cuando se eliminan los aceites naturales de la piel.

Se recomiendan los siguientes procedimientos para prevenir la irritación:

- ❖ Inmediatamente después de haber estado en contacto con materiales enzimáticos se deben lavar las manos con agua y un jabón suave antes de abandonar el lugar de trabajo.
- ❖ Cambiar la ropa de trabajo diariamente e inmediatamente después de contacto con material enzimático. La ropa que se usa en el trabajo no debe usarse en el hogar.
- ❖ Evitar tocar la cara y los ojos con ropa o guantes contaminados con enzimas.
- ❖ Usar guantes de seguridad con forros de algodón para absorber la transpiración.

### **2.7.7 TRATAMIENTO DE PRIMEROS AUXILIOS**

#### **2.7.7.1 Contacto con la piel**

La mayor parte de los materiales de enzimas son solubles en agua, por tanto, la piel expuesta se debe mojar abundantemente con agua fría y lavada con un jabón suave y agua; si la ropa está contaminada, hay que quitársela, tomar una ducha y ponerse ropa limpia, la ropa contaminada se debe sumergir en agua y lavar normalmente.

#### **2.7.7.2 Inhalación**

Alejar al individuo de la zona de exposición y vigilar la presencia de irritación o síntomas alérgicos, los síntomas pueden ocurrir 2 horas o más después de la exposición, si existen síntomas, consulte a un médico.

### **2.7.7.3 Contacto con los ojos**

Lavar los ojos completamente con agua fría por lo menos 15 minutos y luego consultar a un médico.

## CAPITULO III

### DESCRUDE ENZIMÁTICO DEL ALGODÓN

En las fibras naturales, a los procesos de extracción de impurezas se los denomina descruce, debido a que la fibra sin procesar, tal cual se obtiene de la naturaleza, se la denomina fibra cruda. En el presente capítulo vamos a estudiar el descruce enzimático o bio-descruce utilizando la enzima **PECTATO LIASA**, la cual es una pectina alcalina utilizada para el bio-descruce de fibras celulósicas naturales como algodón, lino, cáñamo y mezclas, elimina las pectinas de la pared primaria de las fibras de algodón sin causar degradación de la celulosa y así no tiene efecto negativo en las propiedades de resistencia del tejido de algodón.

El proceso de hidrólisis enzimática llamado bio-descruce para eliminar las pectinas del algodón tiene varias ventajas potenciales sobre los tratamientos textiles tradicionales como es la reducción del consumo de agua total por aproximadamente 25%, los hilos y tejidos tratados retienen sus propiedades de fuerza, y la pérdida de peso es mucho menor que mediante los procesos tradicionales, además se obtiene mayor suavidad en el algodón.

El impacto al medio ambiente es mínimo con la aplicación de la enzima pectato liasa, debido a la baja cantidad utilizada de químicos y consumo reducido de agua, los niveles de DQO y DBO de las aguas residuales que se generan son mucho menores debido al hecho de que la cantidad de impurezas extraídas y/o degradadas es mucho menor.

La forma de remover los contaminantes o impurezas que trae la fibra es mediante una limpieza exhaustiva en medio acuoso, con diferentes formulaciones y métodos de aplicación de las mismas, según el caso en particular.

### 3.1 REQUERIMIENTOS DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO

#### 3.1.1 UNIFORMIDAD E IGUALACIÓN

El proceso de descruce de la tela para la etapa de teñido tiene un gran impacto sobre la calidad final de la tintura, ya que las fibras de algodón están recubiertas con ceras y otras impurezas que provienen del proceso anterior de tejeduría, lo cual impide una buena absorción de la colorante en la fibra, para homogenizar las propiedades del algodón

respecto a estas impurezas y obtener un acabado uniforme debemos controlar que productos auxiliares, enzima se utilicen de la manera correcta y la maquinaria debe estar en las mejores condiciones óptimas de trabajo.

### 3.1.2 LIMPIEZA

Los tejidos luego del descrudado deben estar totalmente libres de impurezas como cascara, cenizas, además se deben eliminar las ceras, grasas y lubricantes provenientes de la tejeduría.

El conocimiento de las impurezas del algodón y su comportamiento frente a los diferentes compuestos que intervienen en el proceso del descruce nos permitirá conocer de mejor manera las reacciones químicas y fenómenos con tensoactivos que intervienen en la eliminación de dichas impurezas.

#### 3.1.2.1 Impurezas del algodón

- ❖ **Sales minerales.-** Están compuestas de sales solubles en agua, cloruros, carbonatos, fosfatos de sodio y potasio, y sales insolubles de calcio y magnesio, las primeras se disuelven en agua y las segundas requieren agentes complejantes para su eliminación.
- ❖ **Proteínas.-** Bajo esta denominación se encuentran proteínas, aminoácidos y otros compuestos nitrogenados; por maceración en agua se eliminan entre un (8-30) %; los tratamientos alcalinos las convierten en aminoácidos solubles en agua. Si no se eliminan convenientemente, se favorece la aparición de bacterias y mohos en los artículos acabados.
- ❖ **Sustancias pécticas.-** Son compuestos orgánicos complejos, distribuidos fundamentalmente, en la pared primaria de la fibra, estas sustancias se hidrolizan con facilidad, particularmente en presencia del hidróxido de sodio (NaOH).<sup>1</sup>
- ❖ **Ceras.-** Son los compuestos más difíciles de eliminar y son la causa principal de la hidrofobicidad de la fibra natural, se encuentran localizadas en la capa externa del algodón (capa primaria), siendo mayor su porcentaje cuando más fina es la fibra, su eliminación es el principal objetivo del proceso de descruce, ya que su presencia

---

<sup>1</sup> Fuente: MORALES, Nelson; guía del textil en el acabado; pag. 11

dificulta la penetración de las soluciones acuosas que contienen los colorantes; la eliminación total de las ceras no es aconsejable puesto que confiere al algodón un tacto áspero, un porcentaje residual entre el (0,1 – 0,2) % se considera adecuado.

- ❖ **Pigmentos.-** Parte de los pigmentos coloreados del algodón se eliminan en el descruce alcalino; el resto debe de ser eliminado en el blanqueo oxidante.
- ❖ **Partículas vegetales.-** La eliminación de las partículas vegetales, cáscaras, semillas de algodón, compuestos por materias leñosas, requieren tratamientos energéticos en el descruce y blanqueo.

### 3.1.3 HIDROFILIDAD

La consecución de una buena hidrofiliidad es uno de los objetivos principales del descruce y está bastante relacionada con la eliminación de las ceras, en general, un descruce adecuado se obtiene con un contenido residual de ceras del orden del (0,20 – 0,25) %.

La máxima hidrofiliidad es lograda con la combinación de un surfactante y la enzima pectato liasa de bio-descruce, donde la enzima ataca las pectinas, y el surfactante asegura una emulsificación de la capa de cera.

Debido a las propiedades que el residuo de ceras confiere a los tejidos de algodón, se ha de procurar que el residuo de ceras 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 éste, ya que entonces puede dar lugar a la presencia de partes amarillentas en la tela.

### 3.1.4 BLANCURA

La eliminación parcial de los pigmentos coloreados y de la suciedad durante el descruce, produce un aumento del blanco del algodón, por lo general, se obtiene un incremento del grado de blanco, sin embargo este aumento de la blancura no es suficiente para obtener un buen blanco, ni para la tinte en colores claros, medios y brillantes.

La tela descruada cambia de un color amarillo a uno más blanco, adquiere mayor reactividad con el colorante al eliminar las impurezas y está preparada para la etapa de



tintura, el descrudado es un proceso de especial cuidado ya que los residuos de esta etapa pueden arruinar la calidad del proceso de tintura.

### 3.1.5 AUMENTO DE RESISTENCIA

El aumento de resistencia es función del encogimiento siendo una prueba de que el proceso de descrude ha sido bien conducido, sino se observa dicho aumento es que hay alguna falta en dicho descrude, generalmente el incremento de la resistencia es de un 20%.

## 3.2 FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL DESCRUDE ENZIMÁTICO

### 3.2.1 DUREZA DEL AGUA

La dureza del agua es una medida que hace referencia a las cantidades de sales de calcio y magnesio disueltas en el agua.

#### 3.2.1.1 Tipos de dureza

- ❖ **Total** : Contenido total de iones de Ca y Mg
- ❖ **Cálcica** : Contenido total de iones Ca
- ❖ **Temporal** : Contenido de bicarbonatos y carbonatos de Ca y Mg
- ❖ **Permanente**: Evalúa el contenido de cloruros, Nitratos y Sulfatos de Ca y Mg, es igual a la diferencia entre la dureza total y la dureza temporal.

#### 3.2.1.2 Forma de expresar la dureza

- ❖ Se mide en grados de dureza o ppm como carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ )
- ❖  $1 \text{ ppm } \text{CaCO}_3 = 0,1 \text{ G.F} = 0,056 \text{ GA} = 0,07 \text{ GI}$
- ❖ GF = Grados Franceses de Dureza
- ❖ GA = Grados Alemanes de Dureza
- ❖ GI = Grados Ingleses de Dureza

### 3.2.2 SECUESTRANTES

Los secuestrantes son químicos que permiten remover iones de calcio, hierro y otros metales que interfieren en el desempeño de la enzima, son sustancias que tienen la propiedad de secuestrar, dispersar iones alcalino-térreos y de metales pesados que se encuentran en un medio acuoso.

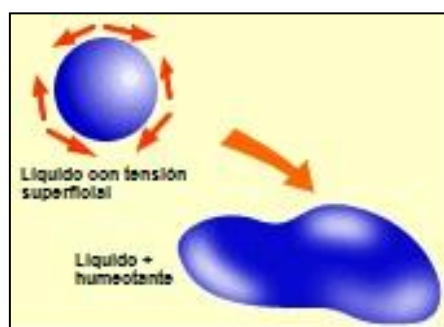
Todas las fibras vegetales, y dependiendo de la procedencia geográfica, contienen cantidades de metales pesados y alcalino-térreos, para un descruce enzimático sin problemas, estas sustancias deben eliminarse del tejido con la ayuda de secuestrantes. La enzima pectato liasa tiene una actividad que depende de la presencia de iones de calcio, por consiguiente, se debe evitar el uso de secuestrantes que tengan una fuerza capaz de comprimir el calcio.

### 3.2.3 AGUA

El agua es el medio en el cual se realizará el descruce enzimático, por lo tanto debe cumplir ciertos requisitos, entre los más importantes tenemos:

- ❖ Libre de sólidos en suspensión.
- ❖ No debe presentar acidez o alcalinidad excesiva.
- ❖ Libre o escaso contenido de metales pesados, afectan seriamente las operaciones de descruce y tintura.
- ❖ Dureza cálcica y magnésica media a baja (5 - 15 GA).
- ❖ Bajo contenido de cloro residual debido a que produce cambios de tono, manchas y dificultades de reproductibilidad al teñir.

### 3.2.4 HUMECTACIÓN



**Figura N° 16.**Tensión superficial

Para que el baño humecte el tejido, es necesario que la tensión superficial del baño sea menor que la del tejido, los agentes de superficie activa (tensoactivos) o surfactantes reducen la tensión interfacial del agua, estos son llamados agentes humectantes ya que facilitan la humectación o extendido del líquido sobre la superficie.

Los humectantes son sustancias que dan una mayor capacidad de retener agua entre las fibras de la tela, disminuyendo la tensión de la superficie de un líquido, se aplica especialmente al iniciar el proceso de descruce, los agentes humectantes son importantes para asegurar un buen desempeño de la enzima, considerando que son ellos los responsables por el contacto entre la enzima y la fibra de algodón.

### 3.2.5 ACTIVIDAD ENZIMÁTICA

La enzima pectato liasa deberá tener una alta actividad enzimática en el sustrato, en este caso el tejido de algodón, será la responsable de la destrucción de las ceras y sustancias pécticas adheridas a la pared principal de la fibra del algodón, para una buena hidrofiliadad de la fibra en los procesos posteriores.

### 3.2.6 DETERGENCIA

Es una propiedad que remueve la suciedad de la superficie, además reduce la tensión de la superficie del agua, son sustancias que realizan la acción de detergencia sobre superficies sucias, esto no es más que la separación por disolución de la suciedad presente en una superficie, esto se logra mediante la utilización de detergentes industriales.

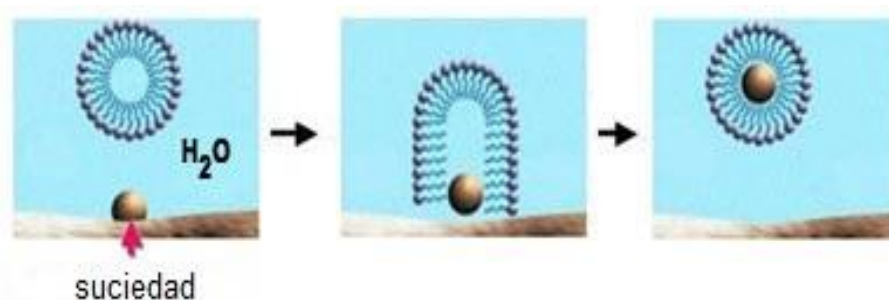


Figura N° 17. Remoción de la suciedad

La tecnología de los detergentes modernos satisface estas necesidades durante el proceso de lavado mediante dos procesos: la eliminación física y la modificación química de las manchas por hidrólisis o por oxidación (blanqueo), lo cual tiene como resultado su disolución, y/o decoloración respectivamente, los detergentes actuales contienen diferentes aditivos que intentan satisfacer la demanda de los consumidores, entre los que tenemos:

- ❖ **Agente tensoactivo o surfactante.**- Es el componente que tiene una función similar al del jabón, tiene propiedades humectantes, detergentes y emulsionantes; facilita la tarea del agua al conseguir que esta humecte mejor a los tejidos, lo que a su vez incrementa la actividad de las enzimas.
- ❖ **Agentes coadyuvantes.**- Ayudan al agente tensoactivo en su labor, entre ellos se encuentran componentes que “ablandan” el agua y permiten lavar en aguas duras; otros que evitan la reposición de la suciedad manteniéndola en suspensión, y otros que blanquean manchas obstinadas.

### 3.2.7 EMULSIFICACIÓN

La emulsificación es un fenómeno que convierte los materiales insolubles en agua, en unas suspensiones acuosas estables, los emulsionantes son muy efectivos para remover la cera y siempre deben ser aplicados en el proceso de descrude enzimático.

## 3.3 PARÁMETROS DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO

### 3.3.1 RELACIÓN DE BAÑO

La relación de baño es la cantidad de litros de agua que se añade al equipo de tintura por cada kilo de material que se procesa:

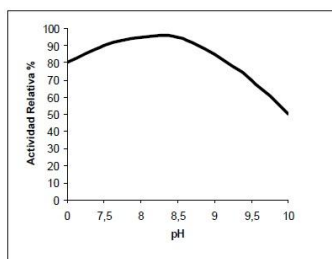
$$\text{Relación de baño} = \frac{\text{Peso de material (Kg.)}}{\text{Cantidad de agua (lt)}}$$

Para obtener un excelente descrude enzimático se suele comúnmente trabajar en relaciones de baño 1:10, 1:8, 1:6; aunque en la actualidad ya se trabaja con relaciones de baño de 1:2 a 1:5, para la presente investigación se utilizara una relación de baño de 1:8.

### 3.3.2 DOSIFICACIÓN

Se recomienda para el proceso de descrude una dosificación de la enzima pectato liasa de 0.4 a 0.8% en peso de material de algodón. Para comenzar la dosificación a la enzima se la debe tratar con mucho cuidado, antes de entrar a la máquina de tintura se debe disolver con bastante agua a una temperatura máxima de 40 °C, debe estar bien disuelta, evitando los grumos, los recipientes de preparación deben estar totalmente limpios, libre de contaminantes.

### 3.3.3 pH

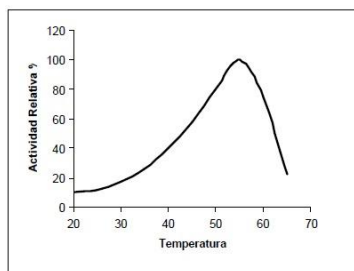


**Figura N° 18.**Influencia del pH en la actividad de la enzima pectato liasa

El pH es un factor importante para la actuación óptima de la enzima y va desde 7.5 a 8.5, en este rango la actividad enzimática se encuentra en su punto más alto, fuera de este rango la enzima no actuará con total eficiencia, por consecuencia tendremos un mal descrude.

### 3.3.4 TEMPERATURA

La temperatura recomendada es de 50 a 60 °C, debido a que en este rango de temperatura se encuentra la mayor actividad enzimática.



**Figura N° 19.**Influencia de la temperatura en la actividad de la enzima pectato liasa

Temperaturas mayores a 60 °C pueden desactivar la enzima, en cambio a temperaturas debajo de los 50 °C la enzima no actúa con eficiencia, desaprovechando las propiedades de la enzima.

### **3.3.5 TIEMPO**

El tiempo de actuación de la enzima dependerá del equipo utilizado y podría ser de 10 minutos por agotamiento o 120 minutos o más tiempo cuando se aplica en sistemas continuos. En el presente estudio la acción de la enzima será por agotamiento debido a la maquinaria que vamos a utilizar y el tiempo de actuación de la enzima será de 20 minutos hasta un máximo de 30 minutos.

## **3.4 DEFECTOS PRODUCIDOS POR UN MAL DESCRUDE**

Debido a que muchos problemas del descruce enzimático que ocurren se deben a la calidad del sustrato y pueden no aparecer hasta ya muy adelantado el proceso, con frecuencia es difícil percibir y predecir los problemas que pueden ocurrir durante los procesos de preparación, la mayoría de las fallas en el teñido pueden ser eliminadas si el sustrato está bien preparado para los siguientes procesos de humidificación.

Las impurezas naturales presentes en el algodón, principalmente pectinas y ceras, hacen que el algodón no sea absorbente y reducen la eficiencia para realizar otros procesos, por otra parte las impurezas metálicas presentes en el algodón y el agua pueden causar graves daños al algodón tales como depósitos de fibra, pérdida de fuerza y huecos, debido a la formación de oxixelulosa, defectos de teñido, baja absorción, etc., estos defectos pueden ser visibles como las manchas superficiales en la tela, rayados, tinturas desiguales, etc., y las invisibles como el ataque a la fibra, las manchas que aparecen después de teñir el tejido, el amarillamiento de ésta, producido después de almacenada cierto tiempo, etc.

### **3.4.1 MANCHAS ORGÁNICAS**

Las manchas de aceite y parafinas son debidas a los procesos de tisaje y de acabado, por estar las máquinas mal lubricadas; su eliminación será posible mediante un buen detergente con buenas propiedades de emulsificación.

### **3.4.2 MANCHAS MINERALES**

Las manchas de Fe (OH) se encuentran localizadas o formando aureolas y son debidas al mal estado de la maquinaria, o bien a que el agua empleada, en especial si es muy alcalina, corroe las conducciones de hierro de la máquina, depositando sobre las fibras un precipitado de Fe (OH)<sup>3</sup>.

### **3.4.3 MANCHAS DE RESINA**

El empleo de detergentes no recomendados en el descruce del algodón puede originar manchas de resina bastante difíciles de eliminar con un lavado en caliente, dando lugar a que la tela obtenga un tacto duro y áspero.

### **3.4.4 MODIFICACIONES DE LA CELULOSA**

La formación de oxixelulosa, que tiene lugar la maquinaria al estar el algodón en medio alcalino y no haberse eliminado completamente el aire, da lugar a unas zonas atacadas en el tejido que posteriormente absorberán con menos intensidad el baño de tintura y que se caracterizan porque por el calor amarillean antes que la celulosa. Su eliminación es muy difícil; solamente cuando no son intensos pueden corregirse desmontando la tintura.

### **3.4.5 TINTURAS DESIGUALES**

Si la tela tuvo un mal descruce enzimático esto se lo nota en el acabado final de la tela, en las tinturas desiguales, en donde existen manchas de colorantes, sombras, aparece el barré, líneas blancas u oscuras a lo largo de la tela, esto principalmente a que no reacciono la enzima con la fibra de algodón, dando una menor absorción de colorante en el tejido

## **3.5 CAUSAS DE UN MAL DESCRUDE ENZIMÁTICO**

Varios son los indicios que nos indican si las fibras están mal descruadas a saber: tinturas desiguales, tacto pegajoso o duro, blanco defectuoso, etc., entre otras las principales causas de un mal descruce son:

### **3.5.1 EMPLEO DE AGUAS DURAS**

El empleo de aguas duras dará como resultado tinturas rayadas, debido a la mala absorbencia y escasa penetración del colorante en la fibra, deficiente grado de blanco, pérdida de resistencia, rotos, manchas blancas durante la tintura debido a la formación de oxixelulosa.

### **3.5.2 TEMPERATURA O PRESIÓN INADECUADA**

Altas temperaturas o no recomendadas pueden causar que la enzima se inactive, perdiendo el poder de eliminación de pectinas presentes en la fibra, por otra parte presiones inadecuadas dan lugar a la presencia de espuma o formación de balones de la tela, produciendo atrancamientos del género en la máquina.

### **3.5.3 PÉRDIDA DE ACTIVIDAD ENZIMÁTICA**

Las enzimas pierden actividad gradualmente con el tiempo y dependen de la temperatura de almacenamiento, se recomiendan condiciones frescas; cuando se guarde en recipientes cerrados a 25°C, el producto mantendrá la actividad declarada durante por lo menos 3 meses, el almacenamiento extendido y/o las condiciones adversas, incluyendo temperaturas altas, llevan a la inactivación de la enzima.

### **3.5.4 INCORRECTA ELECCIÓN DE LOS AUXILIARES**

Como resultado de la incorrecta elección de los auxiliares como detergentes y humectantes, tendremos tejidos con rayas de aceite y residuos de parafina, debido a la redistribución de las sales cálcicas y magnésicas a partir de las ceras y grasas.

### **3.5.5 MALA DISTRIBUCIÓN DEL TEJIDO EN EL INTERIOR DE LA MÁQUINA**

Para asegurar una buena marcha del tejido es importante no sobrecargar la máquina con el tejido a tratar, se debe tener una carga correcta de la tela a la máquina, se debe preparar



adecuadamente las cuerdas de longitud igual para los acumuladores de la máquina, y no llenar demasiada agua, trabajar con relaciones de baño recomendadas.

### **3.6 CONTROLES EN EL DESCRUDE ENZIMÁTICO**

El control en las secciones de descruce debe ser riguroso y constante, los puntos más esenciales a controlar son:

- ❖ Revisar la dureza del agua.
- ❖ Verificar la carga correcta del tejido al interior de la máquina.
- ❖ Calcular de manera precisa el peso de los productos.
- ❖ Supervisar que se coloque los auxiliares en forma correcta.
- ❖ Registrar el pH en todo el proceso de descruce.
- ❖ Controlar la temperatura y tiempo de las curvas de los procesos.

### **3.7 MAQUINARIA**

El proceso de descruce enzimático se recomienda efectuar en máquinas donde se pueda controlar en forma precisa la temperatura, velocidad de transporte del tejido, presión de trabajo, ya que de esta manera aseguramos un buen desempeño de la enzima, y por lo tanto, un buen proceso de descruce.

Por otra parte, el tratamiento de los tejidos se puede efectuar en cuerda o al ancho; el primero resulta más económico y es propio para tejidos de poco peso destinados a blanco y para el género de punto, mientras que el tratamiento al ancho tiene tendencia a imponerse ya que permite una mejor apariencia superficial del tejido.

### **3.8 PROCESO DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO**

El proceso del descruce enzimático comienza con la buena elección de los productos auxiliares y detergentes que permitirán a una buena limpieza de la superficie de la tela, más la enzima Pectato Liasa obtendremos un buen descruce de la tela que estará lista para ser tinturada.

### 3.8.1 PRODUCTOS

	PRODUCTO	CANTIDAD
A	Humectante	0.5 – 1 g/l.
	Detergente – emulsionante	1 - 2 g/l.
B	Secuestrante	2 g/l.
C	Enzima	0.5 – 0.8 %
D	Álcali	0.1 g/l

Tabla N° 4.Productos utilizados en el proceso de descruce enzimático

### 3.8.2 CURVA DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO

A partir de la presente curva se realizarán las diferentes pruebas de descruce enzimático, esta curva es recomendada por los fabricantes de la enzima pectato liasa, luego del descruce enzimático pasamos directamente al proceso de tintura.

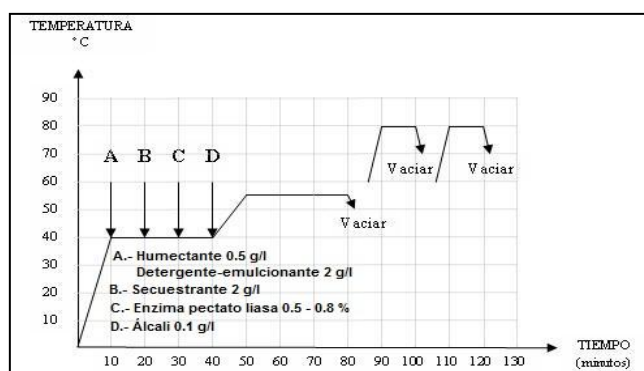


Figura N° 20.Curva de descruce enzimático

- 1 Agregamos el humectante conjuntamente con el detergente emulsionante.
- 2 Luego de 10 min. agregamos el secuestrante.
- 3 En este paso adicionamos la enzima pectato liasa.
- 4 En caso de ser necesario añadimos el álcali con la finalidad de conseguir un pH de 8.
- 5 Subimos la temperatura a 55 °C durante 30 min., luego botamos el baño.
- 6 Realizamos 2 lavados a 80 °C durante 10 min cada uno
- 7 Lavados posteriores

Los lavados posteriores tiene por objeto la eliminación de los residuos de impurezas que todavía puedan existir, de forma que se evite la redeposición de estas sobre la fibra, en la mayoría de los casos la materia queda ligeramente alcalina, lo cual justifica el lavado final para dejar la fibra apta para los procedimientos de blanqueo, tintura o estampación que requieran, el tejido se encuentra prácticamente neutra.

### 3.9 PROCESO DEL DESCRUDE CONVENCIONAL DEL ALGODÓN

El descrude convencional utiliza químicos fuertes, como sosa cáustica, perjudicial a la tela y también al medio ambiente, consiste en la saturación de la fibra de algodón con la solución de sosa cáustica (hidróxido de sodio); se saponifican los aceites y ceras naturales convirtiéndolos en jabones, se suaviza el material vegetal y se suspenden las pectinas y otros materiales no celulósicos para que puedan lavarse.

La solución alcalina permanece en contacto con la fibra a temperaturas elevadas y después de un tiempo predeterminado, se enjuagan con agua las ceras alcalinas saponificadas y los materiales suspendidos.

#### 3.9.1 PRODUCTOS UTILIZADOS

	PRODUCTO	CANTIDAD (g/l)
<b>A</b>	Humectante	0.5 - 1
	Detergente-emulsionante	1 - 2
	Secuestrante-dispersante	1 - 3 g/l
	Sosa cáustica	2 - 3 g/l
<b>B</b>	Ácido acético	1- 1.5 g/l

Tabla N° 5.Productos utilizados en el proceso de descrude convencional

#### 3.9.2 CURVA DEL PROCESO DE DESCRUDE CONVENCIONAL

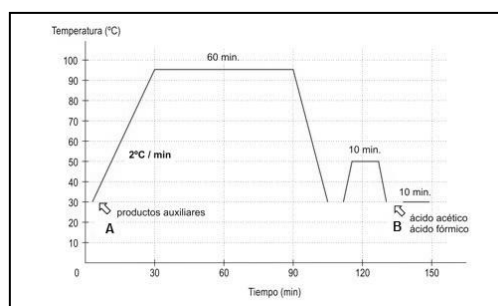
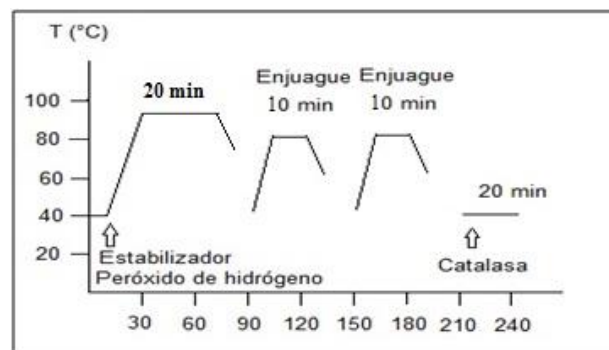


Figura N° 21.Curva del descrude convencional del algodón

- 1 En el punto A se agrega los productos en el orden dado al equipo de pre-tratamiento.
- 2 Subir la temperatura hasta 95-98 °C
- 3 Se mantiene durante 45–60 minutos.
- 4 Enfría el baño hasta 60°C y se descarga.
- 5 Realizar un lavado a 50°C durante 10 min. y se descarga el baño.
- 6 Se realiza un nuevo lavado en frío con 1 - 1.5 gr/l de ácido acético o ácido fórmico (cantidad suficiente para neutralizar el algodón) durante otros 10 minutos.
- 7 Se bota el baño

### 3.9.3 PRE-BLANQUEO QUÍMICO



**Figura N° 22.**Curva del pre-blanqueo químico

Luego del descruce convencional se realiza el denominado pre-blanqueo químico, se usa un agente oxidante estabilizador, peróxido de hidrógeno o hipoclorito de sodio en el baño de blanqueo para realizar la destrucción de la materia colorante natural del algodón, la solución de blanqueo permanece en contacto con el género textil durante 20 minutos a 90 °C, tiempo necesario y temperatura adecuada para lograr la remoción del pigmento amarillento natural del algodón y luego se realiza los respectivos enjuagues, a continuación se debe eliminar los residuos de peróxido a través de una catalasa.

## **CAPÍTULO IV**

### **TINTURA DE ALGODÓN 100% CON COLORANTES REACTIVOS**

Uno de los descubrimientos recientes en el campo de los colorantes, es de los colorantes reactivos, estos colorantes contienen grupos los cuales se combinan químicamente con la celulosa formando enlaces covalente.

Los colorantes reactivos contienen grupos que reaccionan con los grupos hidroxilos presentes en la celulosa, aunque su uso se ha extendido a otras fibras como el nylon o las fibras proteínicas, su mayor aplicación es en la tintura de fibras celulósicas. El colorante que reacciona con la fibra se dice que “repara” a la fibra y el que reacciona con el agua se dice que “hidroliza” a la fibra.

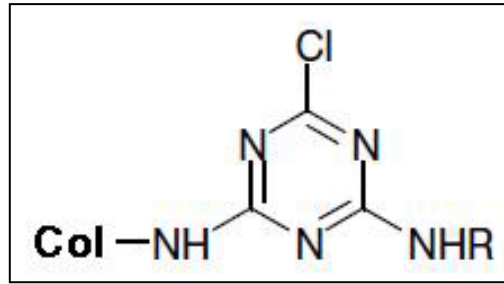
Debido a la unión química que se lleva a cabo entre la fibra y el colorante, su solidez resulta excepcional, estos colorantes difieren de otros tipos de colorantes fundamentalmente por sus cualidades de fijación en húmedo, la absorción física y la retención mecánica.

#### **4.1 COLORANTES REACTIVOS**

El procedimiento de agotamiento es el campo de aplicación más importante de los colorantes reactivos, debido a su comportamiento técnico favorable, los colorantes reactivos ocupan un lugar destacado en dicho procedimiento.

De acuerdo con la importancia de la tintura por agotamiento, en el transcurso de los años se han ido perfeccionando los procesos de aplicación, adaptándolos a las exigencias del material a teñir y de las máquinas de tintura disponibles.

Los colorantes reactivos son utilizados en la tintura de fibras celulósicas, especialmente del algodón, mediante reacción química con las moléculas de celulosa formando un enlace covalente.



**Figura N° 23.**Colorante reactivo MCT

Los colorantes reactivos son sustancias de estructuras no saturadas, orgánicas solubles en agua, se preparan comercialmente para tener uno o dos átomos de cloro que reaccionen con la celulosa formando enlaces covalentes con los grupos nucleofílicos de la fibra, obedecen a la misma estructura química básica, es decir todos pertenecen al grupo cromóforo denominado **Mono CloroTriazina (MCT)**.

#### **4.1.1 CLASIFICACIÓN DE LOS COLORANTES REACTIVOS POR SU REACTIVIDAD**

##### **4.1.1.1 Colorantes de baja reactividad**

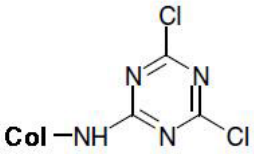
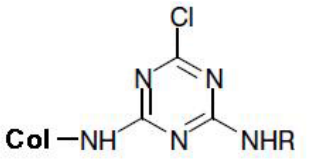
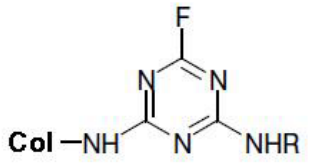
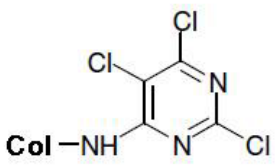
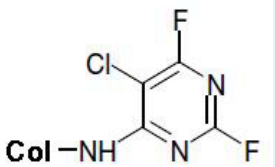
Estos se absorben débilmente por la fibra y se muestra una baja eficiencia en la fijación, pero se lavan fácilmente, para teñir la fibra los colorantes de baja reactividad se utilizan temperaturas de 80 - 90 °C.

##### **4.1.1.2 Colorantes de alta reactividad**

Los colorantes de alta reactividad dependiendo del grupo reactivo pueden teñir la fibra entre 40 °C y 60 °C a pH 11 mediante la adición de 10 y 80 g/l de electrolito, de acuerdo al matiz o intensidad del color.

Los colorantes de alta reactividad tienen la gran ventaja de usar tiempos cortos de fijación en los métodos de tintura continuos, permiten un elevado ritmo de producción y son de aplicación muy económica, además para su fijación en la fibra solo requiere álcalis débiles.

#### 4.1.2 CLASIFICACIÓN DE LOS COLORANTES REACTIVOS POR SU CONSTITUCIÓN QUÍMICA

GRUPO REACTIVO	DENOMINACIÓN	NOMBRE COMERCIAL
	Diclorotriazina (DCT)	Proción M
	Monoclorotriazina (MCT)	Novacrón
	Monofluorotriazina (MFT)	Novacrón F
<b>Col-SO<sub>2</sub>-CH=CH<sub>2</sub></b>	Vinilsulfona (VS)	Soliodazol N
	Tricloropirimidina (TCP)	Drimaren
	Difluorocloropirimidina (DFCP)	Drimaren R

**Tabla N° 6.** Clasificación de los colorantes reactivos por su constitución química

### 4.1.3 PROPIEDADES DE LOS COLORANTES REACTIVOS

#### 4.1.3.1 Reactividad

La reactividad determina la velocidad de fijación de los colorantes, los colorantes de alta reactividad tienen la gran ventaja de usar tiempos de fijación sumamente breves en los métodos de tintura continuos. El grupo reactivo determina el pH requerido para su fijación a una temperatura determinada así tenemos que existen colorantes reactivos que tiñen entre 40 °C y 60 °C a pH 11 mediante la adición de 10 y 80 g/l de electrolito, para la fijación del colorante sobre la fibra solo se requiere álcalis débiles.

#### 4.1.3.2 Sustantividad

Una característica importante en el comportamiento de los colorantes reactivos es la sustentividad, esta propiedad es la atracción de la celulosa por el colorante reactivo, este interés cambia de acuerdo al grupo de colorantes o curva de tintura, agregando mayores cantidades de sal se consigue incrementar, dentro de ciertos límites, la sustentividad.

La sustentividad depende fundamentalmente de los grupos cromóforos del colorante y se puede controlar mediante la adición de electrolitos y la temperatura, a mayor cantidad de sal aumenta la sustentividad.

La alta sustentividad de los colorantes o la buena afinidad por la fibra es un requisito previo para una eficiente tintura por agotamiento con colorantes reactivos, porque de no ser así el género capta muy poco colorante quedando la mayor parte de este en el baño, siendo por tanto casi imposible conseguir tonos medios y oscuros con colorantes que no tienen sustentividad por el material.

Para que un colorante sea sustantivo a la celulosa, ha de reunir las siguientes condiciones necesarias, las cuales están basadas en varias teorías sobre sustentividad.

- ❖ **La molécula de colorante debe estar orientada linealmente.**- Si la celulosa posee una cadena molecular, y a su vez el colorante tiene orientada su molécula en una dirección, la unión entre dichas moléculas será más efectiva en este caso, ya que las valencias residuales actuarán en el sentido de hacer más íntima y fija esta unión.



- ❖ **Los núcleos aromáticos deben estar en posición coplanar.**- En este punto se presenta con gran influencia el efecto denominado impedimento estérico, por lo tanto, los núcleos aromáticos tales como los triazínicos, diazínicos, bencénicos, naftalénicos, etc. Que se presentan generalmente en los colorantes reactivos, deben encontrarse en un mismo plano, para que la coplanaridad facilite la unión entre colorante – fibra.
- ❖ **La molécula de colorante debe contener grupos capaces de formar enlaces de hidrógeno.**- Los tipos de fuerzas que actúan entre moléculas, entre iones y entre moléculas e iones, son fuerzas electrostáticas como el puente de hidrógeno, en el cual un átomo de hidrógeno actúa como puente entre dos átomos electronegativos (F, O, N) mediante un enlace covalente. De este modo entre las moléculas de colorante y la celulosa se establece una unión por medio de enlaces de hidrógeno.

#### 4.1.3.3 Poder de difusión

El poder de difusión influye en la cinética de la reacción de los colorantes reactivos, los colorantes que se fijan rápidamente han de poseer, por principio, un elevado poder difusor, es decir que, en el breve tiempo que se dispone para la difusión, los colorantes deben difundirse con mayor celeridad posible por el interior de la fibra, con el fin de alcanzar los puntos y zonas de moléculas de celulosa susceptibles de entrar en reacción.

Las propiedades de difusión de los colorantes se encuentran en estrecha dependencia de la sustentividad y, por tanto, de la facilidad de eliminación del colorante hidrolizado, cuando mayor es la difusión y menor la sustentividad del colorante, más fácil de lavar resulta la tintura.

Existen factores que condicionan la difusión del colorante, acelerándola o retardándola, por ejemplo: el estado de agregación del colorante, la estructura cristalina de estas moléculas, las fuerzas de repulsión eléctrica desde las fibras, o el tamaño de los "poros" amorfo en la estructura cristalina molecular de la fibra; las moléculas del colorante que hay en una solución tintórea pueden agregarse formando macromoléculas, además de existir monomoléculas en el mismo baño. La difusión del colorante se manifiesta exteriormente en la igualación, la apariencia de regularidad y uniformidad que presenta la materia teñida.

#### **4.1.3.4 Poder igualante de un colorante**

Se llama poder igualador a la propiedad que tienen los colorantes reactivos de producir tinturas uniformes sobre los textiles, de tal manera que las irregularidades de colorante existentes en el tejido antes de la tintura son corregidas en ella.

La igualación de una tintura con colorantes reactivos depende mucho del desarrollo del proceso de fijación, se requiere una fijación lenta y uniforme durante la tintura, lo que puede conseguirse controlando la temperatura y la adición del álcali, todas las fases de la tintura son decisivas para el buen resultado final.

La igualación se puede describir en tres fases:

- ❖ Desde el comienzo de la tintura hasta que todo el textil haga contacto con el colorante
- ❖ Fase de calentamiento y subida del colorante a la fibra
- ❖ Fase de migración del colorante que se desplaza a través del baño, desde las partes más teñidas a las partes menos teñidas.

En la primera y segunda fase pueden darse influencias incluso contra la igualación; es decir, las desigualdades de colorante pueden acentuarse, hay que tener en cuenta si el colorante posee o no buenas propiedades migratorias; si son buenas, la igualación se conseguirá en la tercera fase; si no lo son, hay que actuar en la primera y la segunda, bien con la agitación de baño-fibra o bien bajando la temperatura o alargando (suavizando) la fase de calentamiento.

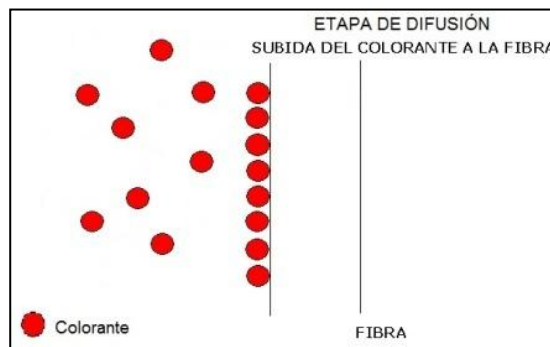
## **4.2 PROCESO DE TINTURA**

La tintura es el proceso en el que la materia textil, al ser puesta en contacto con una solución de colorante, absorbe éste, de manera que habiéndose teñido ofrece resistencia a devolver el colorante al baño, la tintura consiste en una compenetración entre colorante y fibra, que no es el recubrimiento exterior de una fibra con un colorante, sino la absorción de colorante al interior de la fibra, el objetivo del proceso de tintura es la coloración uniforme de las fibras que conforman el material obteniéndose el color requerido en tono, intensidad y solidez, la tintura de fibras celulósicas con los colorantes reactivos tiene lugar en tres etapas diferentes: absorción, reacción y eliminación del colorante hidrolizado.

## 4.2.1 ABSORCIÓN

La primera etapa de tincura consiste en la absorción del colorante por la fibra en medio neutro y con adición de electrolito, en esta etapa de la tincura, el colorante reactivo no sufre ninguna descomposición, produciéndose tan solo la difusión hacia el interior de la fibra en un medio neutro, donde el colorante es absorbido sobre las cadenas moleculares celulósicas a través de fuerzas de tipo secundario. Las etapas de absorción de una molécula de colorante son:

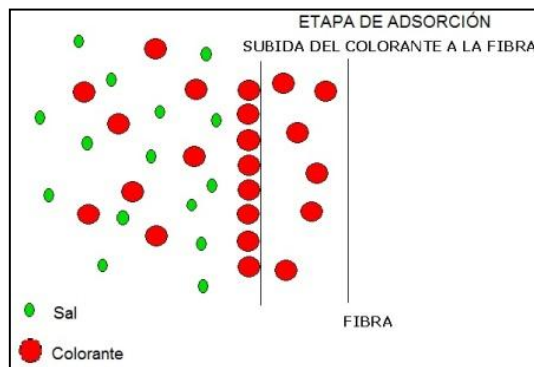
### 4.2.1.1 Difusión



**Figura N° 24.** Etapa de difusión del colorante hacia la fibra

Es el proceso de movimiento de la molécula a través del líquido donde el colorante se acerca difundiéndose hasta que se deposita en la fibra textil.

### 4.2.1.2 Adsorción

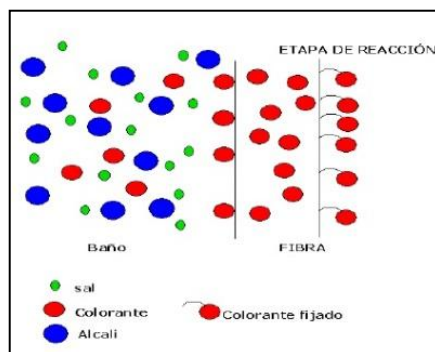


**Figura N° 25.** Etapa de adsorción del colorante a la fibra

La adsorción es el contacto de la molécula de colorante con la fibra y penetración en su cuerpo físico, mediante la adición de electrolitos.

La cantidad empleada de electrolito neutro depende de la afinidad del colorante y de la intensidad de tintura. Se requieren mayores cantidades para matices intensos y colorantes de baja reactividad.

#### 4.2.2 REACCIÓN

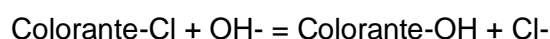


**Figura N° 26.** Etapa de reacción colorante-fibra

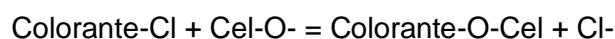
Una vez alcanzado el equilibrio en la absorción, se añade álcali a la solución de tintura iniciándose la fase de reacción, esta fase de reacción es la compenetración del colorante en la fibra del algodón en un pH alcalino, mediante la adición de un álcali, en estas condiciones las moléculas del colorante se fija a la fibra mediante enlaces covalentes, llegado a este punto de fijación se puede decir que el colorante ha teñido la fibra y el proceso de tintura ha terminado, estando todas las moléculas de fibra enlazadas con las moléculas de colorante.

La velocidad de reacción del colorante con la fibra es varios cientos de veces mayor que la velocidad de reacción del colorante con el agua, diferencia ésta que aumenta al aumentar la concentración de colorante en el agua, y disminuye al aumentar el agotamiento del colorante

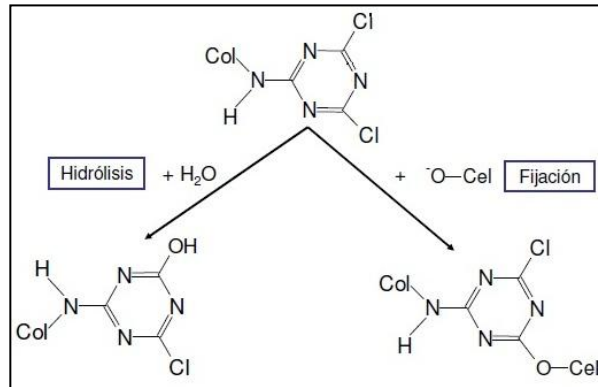
Reacción del colorante con el agua:



Reacción del colorante con la fibra:



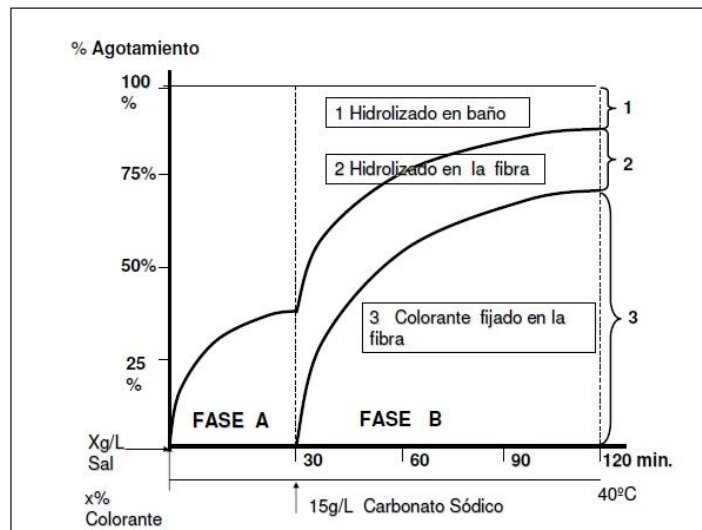
La reacción del colorante con los hidroxilos de la celulosa y del agua en medio alcalino es la siguiente:



**Figura N° 27.**Reacción del colorante con los hidroxilos de la celulosa y del agua en medio alcalino

#### 4.2.3 ELIMINACIÓN DEL COLORANTE HIDROLIZADO

La última etapa de la tintura consiste en la eliminación del colorante hidrolizado, y por lo tanto no fijado covalentemente a la fibra celulósica, que si bien se procura que sea mínimo, siempre existe en mayor o menor proporción.



**Figura N° 28.**Colorante hidrolizado

Al final del proceso el colorante se encuentra en tres formas:

- ❖ Colorante fijado en la fibra
- ❖ Colorante hidrolizado en el baño, se drena con el efluente al vaciar la máquina después de la tintura.
- ❖ Colorante hidrolizado en la fibra, debe extraerse de las fibras durante los lavados y enjuagados posteriores a la tintura. Se elimina junto con los efluentes de los baños de lavado.

Es importante que el colorante hidrolizado en la fibra sea extraído, después del proceso de tintura, por medio de lavados muy completos, si no se extraen, perjudican la verdadera elevada solidez a los tratamientos húmedos del colorante, cuanto más pequeña sea la cantidad de colorante hidrolizado más fácil es la operación de lavar.

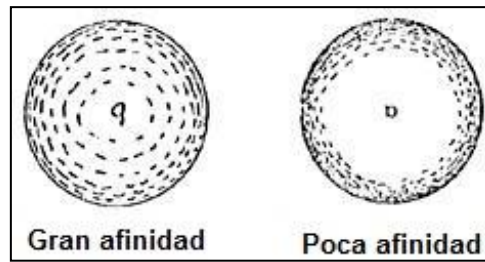
Cabe recalcar desde el punto de vista medioambiental, que todo el colorante no fijado e hidrolizado, será descargado en los efluentes procedentes del baño de tintura y de los posteriores lavados, por lo cual se procura en lo posible utilizar colorantes biodegradables.

### **4.3 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA TINTURA**

#### **4.3.1 AFINIDAD DEL COLORANTE – FIBRA**

Para el caso de la afinidad colorante-fibra, ésta no es directamente proporcional al coeficiente de difusión, si se trata de una elevada afinidad, la tintura es rápida en el inicio de la penetración en la fibra, pero enseguida el proceso se vuelve lento, por la propia concentración del colorante en ese principio que frena más partículas de colorante con las suyas propias.

Las capas exteriores se tintan mucho y las interiores muy poco y muy despacio (figura 30), con baja afinidad, si bien el coeficiente puede que no aumente, sin embargo la penetración al interior es más uniforme. Puede verse el fenómeno en una sección transversal de una fibra al microscopio.



**Figura N° 29.**Grado de afinidad fibra-colorante

Los colorantes reactivos son de baja afinidad, pero a la vez presentan elevados coeficientes de difusión, el motivo de la baja afinidad es que no siendo posible impedir una cierta hidrólisis del colorante en la tintura, al final de la misma siempre existe una parte mayor o menor de colorante hidrolizado sobre la fibra; la afinidad a su vez es función de la temperatura, de tal forma que al aumentar esta última disminuye la afinidad sin embargo, como tienen coeficientes de difusión elevados, es posible teñir a bajas temperaturas.

#### **4.3.2 RELACIÓN DE BAÑO**

Es la cantidad de litros de agua utilizada por cada kilogramo de material a tinturar, es uno de los factores que más influencia tiene en el agotamiento de este tipo de colorantes, la relación de baño influye en la hidrólisis del colorante, además de su acción sobre el agotamiento, por lo que en todos los casos se mejora el rendimiento de la tintura al trabajar a relaciones de baño inferiores, sin embargo, la relación de baño viene impuesta por la maquinaria a utilizar.

#### **4.3.3 CONCENTRACIÓN DE ELECTROLITO**

La presencia de electrolitos neutros influye mucho en la absorción de los colorantes reactivos, las cantidades de sal a utilizar son en función de la concentración del colorante y de la relación de baño, a mayor intensidad de tintura se precisan mayores concentraciones de electrolito, y si disminuye la relación de baño se requiere menor cantidad de electrolito.

La adición de los electrolitos aumenta considerablemente la sustentividad de los colorantes, mejorando por tanto el rendimiento de fijación, al elevarse la sustentividad, el equilibrio sustantivo se desplaza cada vez más a favor de la fibra y se acelera su establecimiento,

también el posterior montaje del colorante tras la adición de electrolito transcurre con mayor rapidez cuando ésta se aumenta, de modo que el colorante abunda menos en la fase acuosa y por tanto se hidroliza menos.

#### **4.3.4 EFECTO DEL ÁLCALI**

Según el álcali que se emplee se puede presentar efectos dobles, en primer lugar, aumentando el pH se aumenta la rapidez de la reacción química, pero, en segundo lugar, si el pH del baño de tintura va más allá de 11, el agotamiento disminuye notablemente, con lo cual se reduce la eficacia del fijado, por consiguiente el pH debe ser compatible con el término de la reacción al final del tiempo destinado para la tintura.

Para ajustar el pH a un valor favorable para cada temperatura de tintura, es usual la ayuda de álcalis como sosa cáustica, carbonato o bi-carbonato de sodio, carbonato tri o di-sódico y sus mezclas, sin embargo es siempre conveniente elegir el mismo álcali y si es posible una baja temperatura que sea fácil de ajustar y de mantener constante.

En la práctica, para evitar la hidrólisis del colorante en solución, se usan álcalis débiles y se prolonga el tiempo de reacción a una temperatura constante, la cantidad de álcali necesaria depende de la intensidad de tintura y de la proporción del baño, ya que así se puede establecer una adecuada relación entre la cantidad de colorante y la de álcali, para lograr la fijación final en un tiempo de tintura normal.

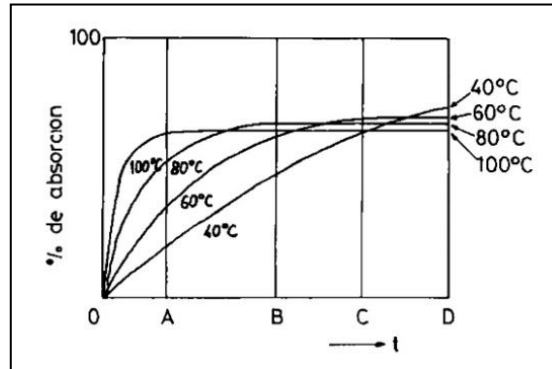
#### **4.2.5 pH**

La etapa de absorción en los colorantes reactivos se realiza a pH neutro, puesto que la elevación del pH produce la reacción del colorante con la fibra o con el agua, y si el colorante no está aún absorbido en la fibra se incrementa la hidrólisis; al aumentar el pH cuando excede de 11, se produce una disminución del agotamiento además de una mayor hidrólisis.



### 4.3.6 TEMPERATURA

Al igual que en todos los sistemas tintóreos, el incremento de la temperatura reduce el agotamiento, en los colorantes reactivos debido a sus mayores coeficientes de difusión se puede realizar la tintura en frío.



**Figura N° 30.**Influencia de la temperatura en la tintura

La influencia de la temperatura en cuanto a la velocidad se refiere podemos considerar como una representación gráfica de los colorantes en general, y se deduce que la velocidad de tintura aumenta con la temperatura; a veces ocurre que los aumentos de velocidad, se superponen a los de afinidad del colorante por la fibra, y como éstas son menores conforme aumenta la temperatura, resulta que el sistema presenta una mayor absorción a baja temperatura, la relación entre estos dos factores se puede apreciar en la figura N° 31, en la cual se ha ideado unas isotermas ficticias a fin de poder dejar bien claro estos conceptos.

### 4.3.7 INFLUENCIA DE LA FIBRA

Existen marcadas diferencias en el agotamiento de los colorantes reactivos entre los distintos lotes de algodón, de tal forma que el algodón más maduro tiene mayor agotamiento que el algodón menos maduro.

#### 4.3.8 VELOCIDAD DE LA TINTURA

Se llama velocidad de tintura al peso de colorante absorbido por la fibra en una unidad de tiempo, el peso de colorante absorbido se mide por defecto del porcentaje de agotamiento en el baño.

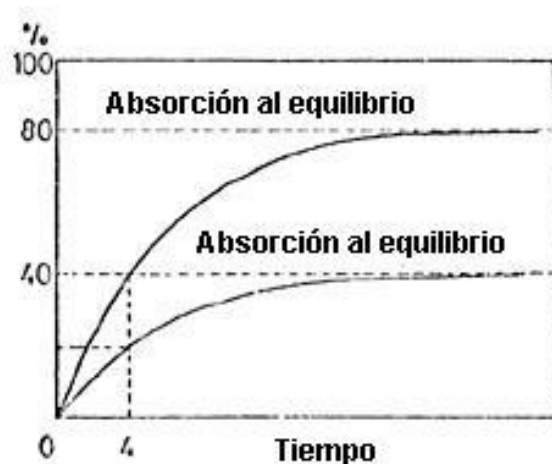


Figura N° 31. Velocidad de tintura

Este tiempo se toma como el necesario para que la fibra absorba la mitad de colorante que debiera absorber para el estado de equilibrio, es decir, que en interior de la fibra haya tanto colorante como para saturar la fibra y que la tintura se detenga.

#### 4.3.9 COMPATIBILIDAD DE COLORANTES

Cuando se han de utilizar dos o más colorantes en una misma tintura, antes es preciso saber que todos los colorantes son compatibles entre sí, y lo son cuando:

- ❖ Las velocidades absolutas de absorción son constantes
- ❖ Las propiedades de solidez son iguales
- ❖ El grupo al que pertenecen deben ser de la misma familia
- ❖ Si al utilizar dos o más colorantes no compatibles, obtendremos tinturas desiguales y manchadas.

Durante el proceso de tintura la forma de comprobar dicha compatibilidad es interrumpiendo el proceso en cualquier momento, la fibra teñida debe mostrar siempre el mismo tono.

#### **4.3.10 TIEMPO DE TINTURA**

El tiempo de teñido deberá adaptarse de forma que se alcance la fijación completa en las condiciones existentes, lo que quiere decir que las curvas de absorción y de fijación deben discurrir paralelas al eje del tiempo, esta regulación del tiempo en el proceso de teñido se logra mediante la adecuada adaptación recíproca de la temperatura de teñido y la clase de álcali utilizada.

El tiempo de tintura está limitado, en el sentido de que si el proceso de absorción y fijación es demasiado rápido, las tinturas fácilmente pueden resultar desiguales, lo cual deberá evitarse siempre, pues el colorante fijado ya no podrá igualarse y las tinturas deberán ser desmontadas o sobre tinturadas, si se desea corregirlas.

#### **4.3.11 FACTORES MECÁNICOS**

Entre los factores de tipo mecánico que pueden influir en la tintura, tenemos estructura de la máquina, el movimiento entre la fibra y baño tintóreo, la velocidad de tintura, las relaciones entre el volumen del baño de tintura y el peso de la fibra, la influencia de los diámetros de los hilos, la estructura de las telas a tintar, la velocidad relativa de circulación entre el baño y la fibra, etc.

Como podemos ver son muchos factores de tipo mecánico que pueden influir en el proceso de tintura, debemos tener presente que a lo largo del proceso se pueden presentar muchos problemas y que debemos resolver lo más pronto, para tener una buena tintura.

#### **4.4 TRATAMIENTOS POSTERIORES**

Es un conjunto de operaciones que tienen como objetivo el mejorar las características de la tela ya tinturada.

#### **4.4.1 FIJADO**

Para mejorar las solidesces a los tratamientos en húmedo, el fijador forma con el colorante un complejo insoluble por lo que mejora mucho la solidez (resistencia) al lavado y la luz, este tratamiento se lo realiza luego de los enjuagues respectivos y haber eliminado el colorante hidrolizado.

#### **4.4.2 SUAVIZADO**

El suavizante es el que da la terminación a la tela, transmite las propiedades de suavidad, volumen, y un tacto liso, formando una película en la superficie de la tela que mejora la facilidad de costura, no debe alterar el matiz de las tinturas.

## CAPÍTULO V

### MAQUINARIA UTILIZADA

Las pruebas realizadas en el presente trabajo se las efectuó en la máquina overflow roto plus de marca thies, la cual es una máquina vertical, de tintura por agotamiento para tejidos de punto, donde el tejido se encuentra en movimiento en forma de cuerda dentro de una corriente de baño.

Esta máquina fue desarrollada para asegurar un tratamiento suave a los tejidos y aprovechar al mismo tiempo las ventajas de una relación de baño variable desde 1:5 hasta 1:10, la cámara de compartimento o almacenamiento de tela, puede absorber una cuerda sin fin con un peso de 200 a 400 kg, la temperatura de operación de esta máquina puede llegar hasta los 140 °C.

#### 5.1 OVERFLOW ROTO PLUS



**Figura N° 32.**Máquina de tintura Overflow roto plus

## 5.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

❖ Marca	Thies
❖ Numero de toberas	2
❖ Presión de toberas	0.1 – 1 bar
❖ Velocidad aspas de transporte	100 – 400 m/min
❖ Temperatura máxima de operación	140 °C
❖ Capacidad de carga de material	200 - 400 Kg
❖ Relación de baño	5 – 8
❖ Tablero de mando	T 737 XL
❖ Brazo plegador	2
❖ Toberas variables	2

## 5.3 ESQUEMA GENERAL DE LA MÁQUINA

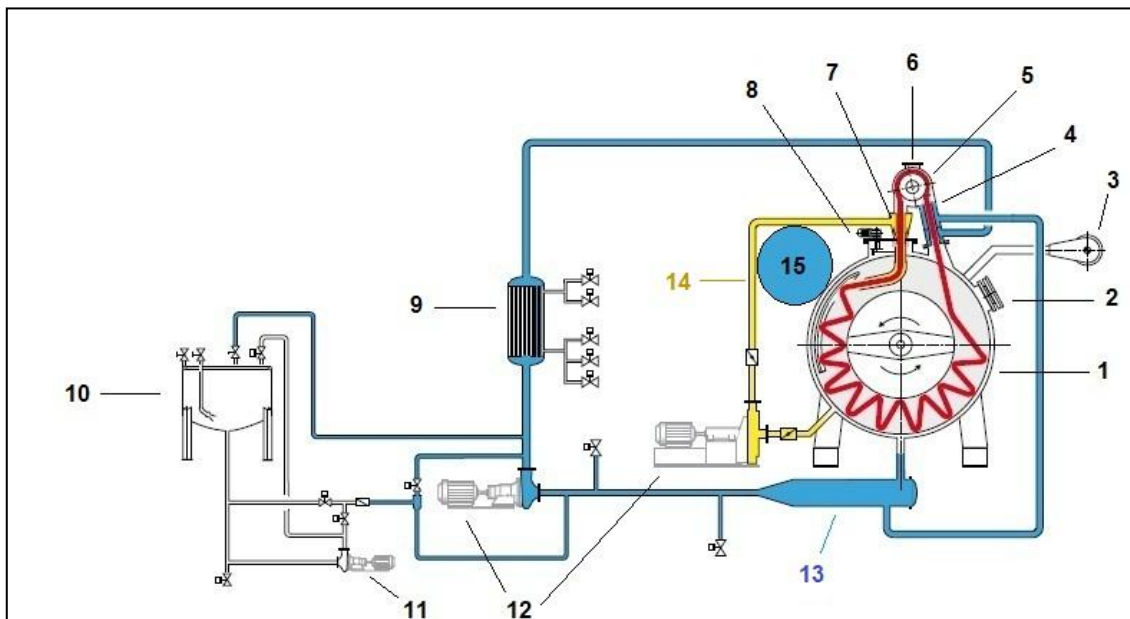


Figura N° 33. Esquema de la máquina overflow roto plus

#### 5.4 PARTES DE LA MÁQUINA

- 1 Compartimento
- 2 Aberturas de carga y descarga de la tela
- 3 Aspa de carga/descarga de la tela
- 4 Tubos conductores de tela
- 5 Aspa de transporte
- 6 Tapa del aspa de transporte
- 7 Tobera variable
- 8 Plegador
- 9 Intercambiador de temperatura
- 10 Bomba de dosificación
- 11 Bomba principal de circulación
- 12 Sistema de circulación del baño
- 13 Sistema de entrada de los auxiliares a la máquina
- 14 Tanque de reserva

#### 5.5 CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA DE TINTURA

Para que la máquina de tintura cumpla con éxito las metas propuestas en el presente trabajo se basa en los siguientes puntos:

##### 5.5.1 CIRCULACIÓN DEL BAÑO

La máquina dispone de una bomba la misma que mantiene el caudal constante a diferentes presiones de trabajo, y la relación de baño se mantiene muy baja, 1:7 a 1:8 según los tejidos a procesar.



**Figura N° 34.**Bomba principal de circulación

El número de circulaciones del baño a través de la bomba por minuto (contactos x minuto) es elevado, lo que sumado a la alta velocidad de circulación del tejido por minuto (que también son contactos x minuto), da un resultado óptimo con el cual se obtiene tinturas igualadas así como la posibilidad de poder reducir el tiempo total de proceso.

### **5.5.2 CIRCULACIÓN DEL TEJIDO**



**Figura N° 35.**Tubos conductores

A la salida del compartimento el tejido está en perfectas condiciones para ser transportado por los tubos conductores hacia el aspa de transporte sin tensiones, y entre la tobera variable y el sistema de plegado se conseguirá cambiar la posición del mismo de forma que los pliegues ocasionados durante la circulación cambian a cada vuelta, evitándose así las tan indeseadas marcas verticales.

### **5.5.3 ASPA DE TRANSPORTE**

La tracción del tejido se efectúa por medio del aspa de transporte que lo conduce a través de un tubo por el que circula el baño en el mismo sentido, el aspa de transporte asegura una perfecta adaptación del tejido sobre el mismo, mediante un sistema de regulación que controla que el tejido actúe sobre la velocidad del torniquete.

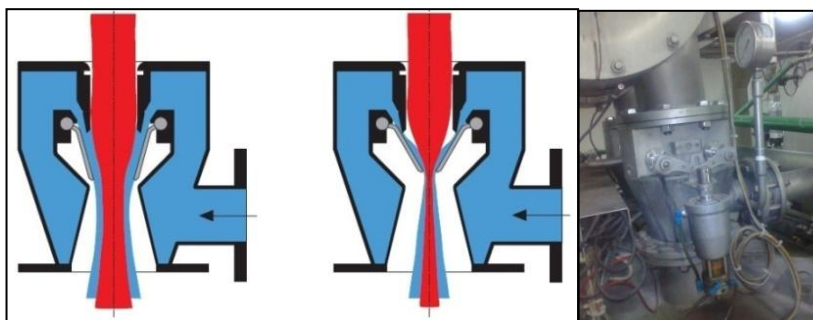




**Figura N° 36.**Aspa de transporte

Con este sistema la circulación del tejido es impecable, sin deslizamientos ni sobrealimentaciones que evita los frotamientos, pilling o paros por enredos en el torniquete, con lo cual aseguraremos un tejido con una superficie impecable.

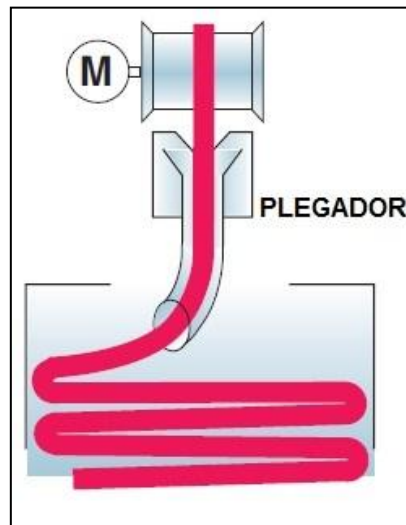
#### 5.5.4 TOBERA VARIABLE



**Figura N° 37.**Tobera variable

Para asegurar una buena marcha del tejido es importante seleccionar el diámetro adecuado de la tobera, esta máquina posee una tobera que se le puede ajustar el diámetro de acuerdo al tejido a procesar, sin que la superficie del tejido se vea alterada, la correcta elección del diámetro de la tobera permite obtener tinturas uniformes, mayor poder de agotamiento del colorante.

### 5.5.5 PLEGADOR



**Figura N° 38.**Plegador de tela

El tejido debe ser perfectamente plegado a la salida de la tobera variable dentro del compartimento, el cual está provisto de dos cestas que evita cualquier posibilidad de enredo y, además, el tejido se deslizará y será transportado suavemente sin tensiones ni abrasiones sobre una plancha de material deslizante situada en el fondo del compartimento.

### 5.5.6 VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN DEL TEJIDO

La velocidad del tejido se consigue mediante la regulación adecuada de la bomba de circulación, y según sea el peso, ancho, largo y composición del tejido; con una bomba de circulación capaz de trabajar a presión variable con un caudal prácticamente constante y un acelerador adecuado se pueden conseguir velocidades de circulación de los tejidos hasta 400 m/min., siendo las velocidades reales promedio para algodón entre 200 a 300 m/min.

Circulando a estas altas velocidades aseguramos una buena igualación de tintura, un agotamiento regular y óptimo de los colorantes, evitamos la ausencia de quebraduras y arrugas, conseguimos un inmejorable aspecto superficial de los tejidos.

### 5.5.6.1 Cálculo de la velocidad del tejido

$$\text{Velocidad del tejido} = \frac{\text{Rendimiento (m/kg)} \times \text{Peso total de la tela (kg)}}{\text{Tiempo de una vuelta (min)} \times \text{numero de toberas}}$$

$$\text{Rendimiento de la tela} = \frac{\text{Longitud tela (m)}}{\text{Peso tela (kg)}}$$

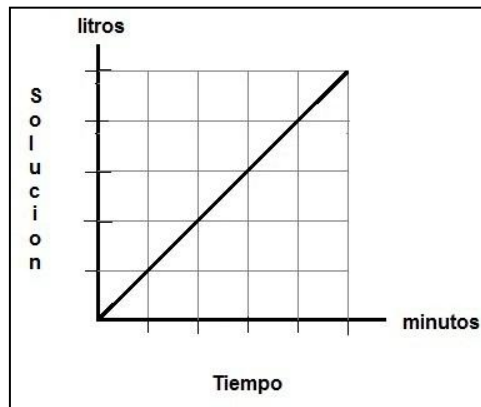
### 5.5.7 DOSIFICACIÓN EXPONENCIAL PROGRAMABLE



**Figura N° 39.** Recipiente de preparación

Tanto las soluciones de colorantes como los productos químicos para los procesos (descruce, blanqueo, tintura, lavados, etc.), se preparan en el recipiente de preparación y se los introduce en la máquina mediante un sistema de dosificación exponencial programado, asegurando un agotamiento regular, por lo tanto una igualación adecuada y una reproducibilidad en los matices.

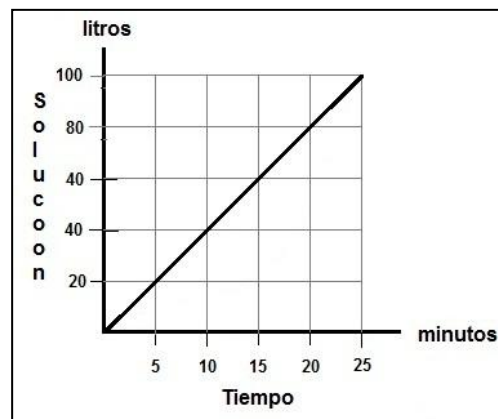
### 5.5.7.1 Adición



**Figura N° 40.**Curva de adición

La adición es el paso de la solución contenida en el recipiente de preparación, sin límite de tiempo a un caudal constante, hasta terminar de vaciar el recipiente de preparación.

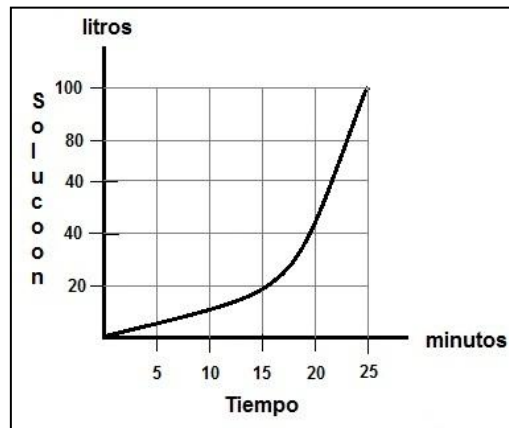
### 5.5.7.2 Dosificación lineal



**Figura N° 41.**Curva de la dosificación lineal

Esta dosificación es con una cuota constante de caudal en un tiempo definido, la cantidad de líquido total a dosificar en un tiempo determinado es programable, la dosificación con tiempos se utiliza sobre todo para la adición de colorante y productos que puedan causar efectos adversos en la tela. La dosificación se efectúa con intervalos de tiempos de caudal y tiempos de pausa iguales.

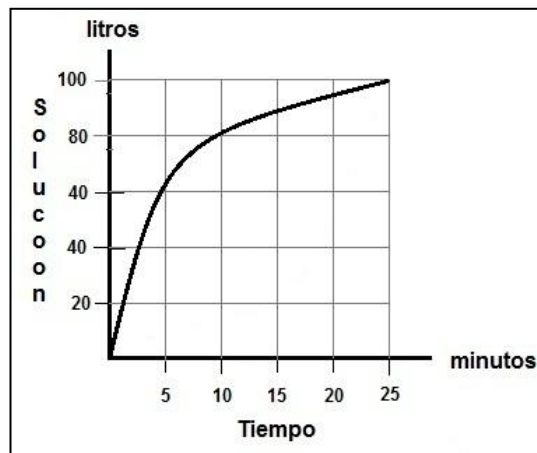
### 5.5.7.3 Dosificación progresiva



**Figura N° 42.**Curva de la dosificación progresiva

La dosificación progresiva se comienza con una cantidad pequeña de solución que va aumentando al transcurrir el tiempo, los tiempos de intervalo del caudal son cortos y va en aumento, mientras que los tiempos de pausa van de largos a cortos.

### 5.5.7.4 Dosificación progresiva negativa



**Figura N° 43.**Curva de la dosificación progresiva negativa

Es lo contrario a la dosificación progresiva, se la conoce como negativa debido a que comienza con una cantidad grande de solución y a medida que transcurre el tiempo la solución comienza a disminuir.

### 5.5.8 TANQUE DE RESERVA



**Figura N° 44.**Tanque de reserva

La máquina dispone de un tanque de reserva con capacidad suficiente para preparar los baños de tratamiento de forma que los mismos estén ya con los productos a temperatura de trabajo, listos para cuando se precise la transferencia rápida hacia la máquina, con el fin de ahorrar tiempo de proceso.

El tanque de reserva dispone de un sistema de circulación, calentamiento de alta velocidad mediante un intercambiador de calor multitubular, sistemas de admisión desde las cocinas de colorantes automáticas y dispensadores de productos químicos líquidos y lavado automático después de cada transvase a máquina.

### 5.5.9 SISTEMA DE LAVADO RÁPIDO

El lavado rápido consiste en un lavado continuo con agua limpia con evacuación forzada, una válvula impide el paso del baño sucio a la bomba de circulación, con este sistema se puede conseguir un lavado eficiente, rápido y con un mínimo consumo de agua, este lavado reduce el tiempo en un 80% respecto de los sistemas convencionales, con una garantía de limpieza total.

## 5.6 PROGRAMACIÓN

La máquina de tintura posee un sistema de programación que abarca todas las variables que los procesos textiles lo requieran, es inteligible y de fácil manejo para los trabajadores, en la máquina de tintura se puede programar las siguientes variables:

- ❖ Entrada de agua por una o dos entradas
- ❖ Vaciado por una o dos salidas
- ❖ Adición, dosificación exponencial, y disolución automática de la sal, en el recipiente de preparación
- ❖ Llenado mediante nivel magnético.
- ❖ Lavado y llenado por litros.
- ❖ Lavado por tiempo.
- ❖ Diámetro de la tobera variable
- ❖ Caudal de la bomba de circulación programable a través del variador de frecuencia.
- ❖ Regulación de la velocidad del torniquete a través del variador de frecuencia.
- ❖ Presión del torniquete
- ❖ Control de la curva de temperatura.
- ❖ Lavado de la máquina de tintura.

Como queda constatado son muchas las variables y parámetros que se han de programar, y todos ellos a través de un sistema simple.

El programador es del tipo PC-Industrial, T737XL, claro, fiable, y de gran simplicidad de manejo con ilimitadas posibilidades de programación con facilidad de ser conectado a un ordenador desde el cual, mediante un Software adecuado, podemos controlar constantemente los procesos en ejecución, imprimir o ver en pantalla procesos realizados con todas sus incidencias, etc.

## **5.7 PRINCIPALES PARÁMETROS QUE SE DEBEN CONTROLAR EN LA MÁQUINA DE TINTURA**

El presente informe contiene informaciones generales que pueden contribuir a asegurar un óptimo rendimiento de las máquinas de tintura.

### **5.7.1 SEGURIDAD**

Las máquinas de tintura están equipadas con dispositivos de seguridad de acuerdo a las últimas prescripciones de seguridad industrial, que se deberán observar y revisar estrictamente antes de su puesta en marcha, manipulaciones descuidadas o no autorizadas impedirán el correcto funcionamiento de los dispositivos de seguridad instalados.

Reglas generales de seguridad

- ❖ Nunca abrir una máquina por encima de los 80 °C.
- ❖ Nunca abrir una máquina con presión.
- ❖ Nunca enfriar una máquina regándola con agua fría.
- ❖ Nunca abrir o eliminar un dispositivo de seguridad.

### **5.7.2 ENERGÍA**

Para un rendimiento óptimo de la máquina de tintura se requiere una alimentación suficiente y continua de energía, pequeñas fluctuaciones de corriente ( $\pm 5\%$ ) no tiene influencia en la máquina, pero hay que tener en cuenta que mayores fluctuaciones pueden causar fallas en los sistemas de mando, en este caso se trabaja con 220 VCA.



### 5.7.3 AGUA

El agua debe cumplir con ciertas exigencias mínimas que valen tanto para el agua de tintorería como para el agua de enfriamiento y de generación de vapor, en el proceso de tintura es preciso minimizar la dureza del agua, el agua debe ser blanda.

### 5.7.4 PRESIÓN DEL AGUA

Un parámetro importante para condiciones óptimas de servicio es una presión de agua de 2 a 3 barios (30 – 45 p.s.i.).

Una presión demasiado baja prolongará los tiempos de llenado de la máquina y retardará el enfriamiento, el material textil no se enjuagará correctamente.

Una presión de agua demasiado fuerte podrá causar golpes en las tuberías, llevando a un deterioro prematuro de las válvulas.

### 5.7.5 VAPOR

El vapor de agua es un gas que se obtiene por evaporación o ebullición del agua líquida, en terminología técnica se distinguen dos categorías de vapor:

#### 5.7.5.1 Por el contenido de agua

- ❖ **Vapor saturado.**- Es un vapor con una temperatura de ebullición específica, que no contiene agua in evaporada.
- ❖ **Vapor húmedo.**- En la práctica por causa de las condiciones técnicas el vapor siempre contiene cierta parte de agua in evaporada, se habla de vapor húmedo, el tipo de vapor habitual.
- ❖ **Vapor caliente.**- Vapor sobrecalentado se llama vapor caliente, se lo produce calentando el vapor húmedo sin aumentar la presión, el vapor caliente no contiene agua in evaporada.

#### 5.7.5.2 Por la presión de vapor

- ❖ **Vapor a baja presión.**- Tiene una presión entre 0.1 – y 4 barios.
- ❖ **Vapor a alta presión.**- Tiene una presión superior a los 4 barios.

En la empresa se trabaja con vapor caliente a alta presión

### 5.7.5.2 Por la presión de vapor

- ❖ **Vapor a baja presión.-** Tiene una presión entre 0.1 – y 4 barios.
- ❖ **Vapor a alta presión.-** Tiene una presión superior a los 4 barios.

En la empresa se trabaja con vapor caliente a alta presión

## 5.8 PROGRAMACIÓN DE LA MÁQUINA DE TINTURA



**Figura N° 45.**Mando electrónico T 737 XL

La programación de las máquinas de tintura se realiza en el mando electrónico T 737 XL, un PC industrial de operación cómoda gracias a su superficie gráfica, los diferentes pasos de programa se determinan seleccionando los diferentes iconos o símbolos, este mando permite editar las funciones de la máquina y funciones paralelas, registrar y archivar datos de partida y visualizar el desarrollo del proceso, los tiempos y tipos de alarma.

### 5.8.1 INTRODUCCIÓN DE DATOS

- ❖ **Nombre del programa.-** Seleccionar el nombre del programa que se va a cargar en el mando electrónico T737 XL, de acuerdo a la calidad del tejido y el color a tinturar.
- ❖ **Peso.-** El peso de carga del material a tinturar va de acuerdo a la capacidad del acumulador de la máquina, estructura y ancho del tejido.

- ❖ **Relación de baño.-** La relación de baño se calcula en base al volumen de baño en litros y al peso de partida en kilogramos, debemos escoger una relación de baño de acuerdo al diseño de la máquina y que garantice una buena tintura, tenemos relaciones de baño que van desde 1:6 hasta 1:10.
- ❖ **Humedad residual.-** Cuando el tejido ya está húmedo se debe tomar en cuenta el contenido de humedad de tejido, esto con la finalidad de no alterar la relación de baño, el algodón tiene una humedad residual aproximada del 110% de su peso.
- ❖ **Velocidad.-** La velocidad de circulación del aspa de transporte depende del tipo de máquina, calidad del tejido, el tiempo de una vuelta o giro de la cuerda, en general oscila entre los 150 – 250 m/min., para un tiempo de giro de la cuerda dentro de la máquina entre los 2 a 3 min.
- ❖ **Presión.-** Para que el tejido tenga una buena circulación por la tobera e igualación de tintura la presión de la tobera se debe encontrar entre los 0.4 – 0.8 bar, esto dependiendo del genero textil y de la máquina.
- ❖ **Tamaño de la tobera.-** Para asegurar una buena marcha del tejido es importante seleccionar la tobera adecuada con el orificio correcto, el tamaño de la tobera esta en dependencia del peso del material por metro lineal, es importante que el material bruto ocupe  $\frac{1}{2}$  hasta  $\frac{3}{4}$  de la abertura de la tobera.

## 5.8.2 FUNCIONES DE PROGRAMACIÓN

Cada paso de programa está compuesto de una función principal y de hasta 12 funciones paralelas o llamadas funciones secundarias.

### 5.8.2.1 Funciones principales

La función principal se refiere al desarrollo del proceso evidente en el compartimento o almacenamiento principal de la máquina de tintura.

- ❖ **Circulación.-** Nos indica el tiempo, gradiente y temperatura en la que se encuentra la máquina, es la regulación de temperatura con un tiempo definido.
- ❖ **Llenado.-** Esta función permite que se llene la máquina ya sea en el acumulador principal o en el tanque de reserva, de acuerdo a la relación de baño, la cantidad de agua que se encuentra en la máquina esta dado en porcentaje (%), y en cualquier proceso que se encuentre este porcentaje debe encontrarse entre el 70 - 80%.
- ❖ **Enjuague.-** Son los tipos de enjuagues que nos brinda la máquina, entre ellos se encuentran los lavados continuos, enjuague en caliente, lavado por tiempo, lavado por litros.
- ❖ **Drenaje.-** Mediante esta función la máquina evacua el baño del acumulador, en un tiempo definido, para un buen drenaje debemos observar que la cantidad de agua en la máquina marque 0 %.
- ❖ **Dosificado/Adición.-** Esta función controla mediante pulsos la entrada al interior de la máquina los diferentes productos como son: químicos y colorantes. Los químicos se introducen mediante la adición y el colorante, carbonato mediante una dosificación progresiva.
- ❖ **Transmisión.-** Esta función permite ingresar productos del recipiente auxiliar al tanque de reserva para luego descargar al acumulador principal.
- ❖ **Llamada de operador.-** Es la alarma preventiva de la máquina que indica al operador que tiene que cargar el material a la máquina, preparar un producto en el recipiente auxiliar, ver el pH, muestreo del color del tejido antes de fijar, descargar el material.
- ❖ **Sistema.-** Estas funciones no ordenan a la máquina, pero se utilizan para funciones especiales del sistema
- ❖ **Arranque del programa.-** Esta función debe ser programada en el primer paso de cada programa, esta función efectúa las instrucciones necesarias para el arranque de una nueva partida.

- ❖ **Fin de programa.-** Esta función debe ser programada al final de cada programa, al llegar al fin de programa, se para el programa en curso, el mando pasa al estado "fin".
- ❖ **Función vacía.-** Se necesita una función vacía si en un cierto paso de programa se requiere programar solamente funciones secundarias sin programar una función principal.
- ❖ **Adición start.-** Esta función caracteriza el comienzo de un sub-programa dentro de un programa.
- ❖ **Adición fin.-** Esta función caracteriza el fin del sub-programa dentro de un programa.

#### 5.8.2.2 Funciones secundarias

Las unidades periféricas de la máquina como por ejemplo el recipiente de preparación, los recipientes auxiliares, la bomba, el aspa, etc., se controlan por medio de las funciones secundarias

- ❖ **Bomba.-** Activa la bomba principal.
- ❖ **Aspa.-** Acciona el aspa de transporte del tejido luego de haberse cargado el material textil
- ❖ **Control de bomba.-** Este se activa para que automáticamente se memorice los parámetros de la bomba en los pasos subsiguientes.
- ❖ **Control de presión.-** Al activar esta función, la presión será la misma en todos los pasos del programa.
- ❖ **Duración.-** Permite que la máquina circule sin el control de la temperatura, solo con un tiempo definido.
- ❖ **Dosificado.-** Permite seleccionar los diferentes dosificados que tiene la máquina en este caso seleccionamos el dosificado progresivo para el colorante y carbonato.
- ❖ **Control de pH.-** Es una alarma preventiva que indica que debemos medir el valor de pH del baño antes de continuar con el programa.

- ❖ **Llenar recipiente auxiliar 1.-** Esta función permite llenar el auxiliar 1 con la cantidad de agua generalmente de 40 a 50 litros.
- ❖ **Llenar recipiente auxiliar2.-** Esta función permite llenar el auxiliar 2 con la cantidad de agua generalmente de 40 a 50 litros.
- ❖ **Recipiente de preparación 1.-** Alarma que indica que debemos preparar productos químicos o colorante en el auxiliar 1.
- ❖ **Recipiente de preparación 2.-** Alarma que indica que debemos preparar productos en el auxiliar 2.
- ❖ **Estación de productos químicos.-** Alarma que indica que en el auxiliar existe un producto y que está adicionando/dosificando a la máquina.

## **CAPÍTULO VI**

### **DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS**

En el presente capítulo describiremos las diferentes curvas de procesos que se aplicaron para realizar las pruebas de descruce con la enzima pectato liasa y la posterior tintura con colorantes reactivos, se debe tomar en cuenta que luego del proceso de descruce enzimático pasamos directo a la tintura, evitando el proceso de pre-blanqueo de los tejidos, también detallaremos los tiempos y temperaturas del proceso, los productos utilizados, tiempos de dosificado de los productos auxiliares, colorantes, electrolitos, álcalis.

#### **6.1 MATERIAL**

Las pruebas realizadas en el presente trabajo se las realizaron en tejido de punto de algodón peinado SU PIMA 100%, con un título de hilo 30/1 Ne, en tejido Jersey, el algodón su pima se caracteriza por ser de fibra extra larga, su longitud varía de 34.90 mm a 38.1 mm, de alta finura y resistencia, presenta un color blanco ligeramente cremoso, el tejido no presenta mucha suciedad en su superficie con poca cantidad de residuos de cáscara de algodón, el material no muestra rayas muy acentuadas de aceite provenientes de la sala de tejeduría.

#### **6.2 RELACIÓN DE BAÑO**

Es un factor muy considerado en la empresa donde se realizó el presente trabajo, debido a que es el elemento principal de costos, para reducir las concentraciones de auxiliares y cantidad de colorante en los baños de teñido, vamos a utilizar una relación de baño de 1:8, esta relación será tomada en cuenta como valor para las pruebas de descruce y tintura.

### 6.3 AGUA

El agua que se emplea en el proceso de descruce y tintura debe satisfacer diferentes requerimientos, sin los cuales resulta inadecuada, deberá estar exenta de hierro, magnesio y aluminio, para evitar la aparición de manchas de óxido en el descruce. El calcio y magnesio dan lugar a la formación de precipitados como polvo blanco correspondientes a sales de carbonatos que se empastan en la fibra, perjudicando la tonalidad del color requerido y el sangrado permanente en cada lavada.

### 6.4 VAPOR

El vapor que genera los calderos en la empresa donde se realizo las pruebas de tintura es vapor sobrecalentado o vapor caliente, no contiene agua in evaporada, el intercambiador de calor de la máquina está dimensionado para un servicio con vapor con una presión de 8 barios (116 p.s.i.). de esta manera se logra un calentamiento de 3 °C/min desde 20 °C hacia los 140 °C.

### 6.5 PARÁMETROS DE LA MÁQUINA DE TINTURA

A continuación se detallan los parámetros de la máquina con los cuales se realizaron las pruebas del presente trabajo.

❖ Presión de las toberas	0.5 bar.
❖ Abertura de las toberas variables	25%
❖ Velocidad	200 – 300 m/min.
❖ Tiempo de una vuelta de la cuerda	2 min.
❖ Relación de baño	8

### 6.6 RENDIMIENTO DE LA TELA

El rendimiento de la tela es de 4.45 m/kg, esto significa que 1 kilo de tela mide 4.45 metros, este valor es muy importante para calcular la velocidad del tejido.



## 6.7 TIEMPO DE UNA VUELTA

El tiempo que demora en dar una vuelta la tela es de 2 minutos, este parámetro es el más idóneo para tejidos de algodón 100%.

## 6.8 VELOCIDAD DEL TEJIDO

$$\text{Velocidad del tejido} = \frac{\text{Rendimiento (m/kg)} \times \text{Peso total de la tela (kg)}}{\text{Tiempo de una vuelta (min)} \times \text{numero de toberas}}$$

N° Prueba	Color	Rendimiento (m/kg)	Peso total del tejido (kg)	Tiempo de una vuelta (min)	N° de toberas	Velocidad (m/min)
1	Celeste 79	3.45	253	2	2	218
2	Verde 3349	3.45	268	2	2	231
3	Turquesa 7645	3.45	241	2	2	207
4	Naranja 4030	3.45	285	2	2	245
5	Rojo 6310	3.45	262	2	2	226
6	Azul 7900	3.45	240	2	2	207
7	Negro 0090	3.45	327	2	2	282

Tabla N° 7. Calculo de la velocidad de las diferentes pruebas

## 6.9 PRODUCTOS UTILIZADOS EN EL PROCESO DE DESCRUDE ENZIMÁTICO

### 6.9.1 INVADINA DA

Agente humectante y detergente con poca formación de espuma para pre-tratamientos discontinuos y procesos continuos con inmersión, remueve impurezas aceitosas/grasosas y partículas de polvo, buena hidrofiliidad de los tejidos tratados, tiene una alta estabilidad y de fácil manipulación; se recomienda utilizar de 0.5 - 1 g/l.

### **6.9.2 CIBAFLOW JET**

Previene la formación de espuma o la destruye cuando ésta ya se ha formado, es efectivo incluso en máquinas con vigorosa circulación de baño, el cibaflow jet se utiliza en condiciones de relación de baños cortos o para la tintura a alta temperatura, elimina la espuma del baño en los diferentes procesos de tintura que pueden tener condiciones de pH desde fuertemente alcalino hasta ácido.

Biodegradable, de fácil manipulación la cantidad requerida de cibaflow jet debe adicionarse al baño antes de cargar los tejidos en la máquina, dejando circular el baño un tiempo antes de iniciar los procesos.

La cantidad requerida de cibaflow jet depende principalmente del tipo de máquina a utilizar y de los productos involucrados en el baño de tintura, se recomienda utilizar de 0.1 – 1.0 g/l de cibaflow jet.

### **6.9.3 CIBAFLUID C**

Lubricante para prevenir la formación de quiebres, disminuye la fricción en el textil, no hay formación de quiebres permanentes durante el acabado en húmedo, el material se abre y se desplaza más fácilmente, tiende a mejorar la igualación, reduce la fricción del material textil con el metal, el tejido corre mejor y más seguro en las máquinas, no se forman quiebres, marcas, rayas o arrugas, disminuye el coeficiente de fricción del material textil, mejora las propiedades de circulación del material textil, aumenta la calidad de los resultados en procesos de relación de baño corto.

No afecta las solidez al frote, excelentes solidez, genera muy poca espuma, mejora el trabajo de los géneros textiles, es estable en agua dura, ácidos, álcalis y electrolitos en las concentraciones usualmente encontradas en los procesos textiles.

Para un mejor efecto del cibafluid c deberá adicionarse preferentemente en el baño de tratamiento antes de que el material entre a la máquina, el cibafluid c se diluye vertiéndolo en agua tibia y agitando, después adicionar al baño de tratamiento, la cantidad de cibafluid c requerida, dependerá de la relación de baño, peso y sensibilidad del material textil, del tipo de maquinaria. La siguiente cantidad se da como recomendación general: 1.0 - 2.0 g/l.

#### **6.9.4 DISPROSEC KG**

Producto dispersante de las impurezas que acompañan al algodón crudo y sus mezclas, impide que las precipitaciones producidas por las sustancias acompañantes del algodón o la dureza del agua vuelvan a adherirse al tejido, es un coloide protector y además secuestrante de los iones causantes de la dureza del agua, se recomienda usarlo en los procesos de descruce, semiblanqueo, blanqueo.

Producto de gran versatilidad, gracias a su buen efecto secuestrante-dispersante, puede ser utilizado en los procesos de preparación y tintura de algodón y sus mezclas, presenta un buen poder dispersante en el lavado posterior a las tinturas con colorantes reactivos, evitando la re-deposición del colorante no fijado, en tratamientos previos o pre-tratamientos se utiliza de 1-2 g/l, y para tinturas de 1- 4g/l.

#### **6.9.5 SILVATOL FLE**

Detergente-emulsionante especialmente para remover impurezas de las fibras, grasas y aceites provenientes de tratamientos anteriores de hilatura y tejeduría, actúa preferentemente en condiciones alcalinas, se recomienda su uso de 1 - 3 g/l.

#### **6.9.6 SECUESTRANTES**

Son sustancias que tienen la propiedad de secuestrar, dispersar iones de sales y de metales pesados, formadores orgánicos de complejos que corrigen la dureza del agua. Entre los productos utilizados tenemos el Euroquest y el Secuestrante propiamente dicho.

#### **6.9.7 ENZIMA PECTATO LIASA**

La enzima pectato liasa es una pectinasa alcalina utilizada para el bio-descruce de fibras celulósicas naturales como algodón, lino, cáñamo y mezclas, elimina las pectinas de la pared primaria de las fibras de algodón sin causar degradación de la celulosa y así no tiene efecto negativo en las propiedades de resistencia del tejido de algodón.

### 6.9.7.1 Aplicación de la enzima

La aplicación de la enzima pectato liasa en el proceso de descruce se requiere de mucho cuidado, se aconseja seguir los siguientes pasos:

- ❖ Disolver con 100 litros de agua antes de entrar a la máquina
- ❖ La temperatura de disolución no debe sobrepasar los 40 °C
- ❖ No colocar vapor directo para disolver la enzima
- ❖ Evitar la formación de brumos
- ❖ Limpiar correctamente el recipiente de preparación antes de disolver la enzima
- ❖ Controlar la dureza del agua del baño de descruce antes de aplicar la enzima
- ❖ Revisar el pH del baño antes de dosificar la enzima
- ❖ La dosificación de la enzima debe ser constante, utilizando una dosificación lineal, esto es con un caudal constante en un tiempo de 10 minutos
- ❖ Verificar que toda la enzima se haya introducido a la máquina

### 6.9.7.2 Dosificación de la enzima

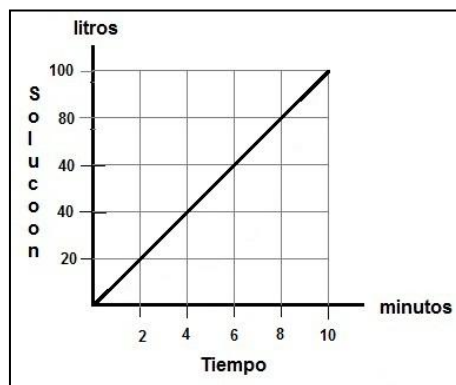


Figura N° 46. Curva de la dosificación de la enzima

Esta dosificación es con una cuota constante de caudal en un tiempo de 10 minutos, la dosificación se efectúa con intervalos de tiempos de caudal y tiempos de pausa iguales.

#### **6.9.8 CARBONATO DE SODIO ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )**

Es un polvo blanco con fuertes propiedades alcalinas, con una densidad relativa de 2,35 y un punto de fusión de 851 °C, se encuentra en la naturaleza en los estratos de sal y también disuelto en las aguas de lagos interiores, llamados lagos de sosa.

Es un álcali débil que es soluble en agua y se descompone en sodio (Na) e iones de carbonato ( $\text{CO}_3$ ) en solución, se lo utiliza en aquellos procesos en los que hay que regular el pH, como es el caso del descrude enzimático.

#### **6.10 CARGA CORRECTA DEL TEJIDO A LA MÁQUINA**

Buenas condiciones de descrude y tintura requieren una carga correcta de la tela a la máquina, se recomienda seguir los pasos que a continuación se detallan.

- ❖ Preparar adecuadamente las cuerdas de los tejidos de longitud y peso igual para los acumuladores de la máquina.
- ❖ Coser correctamente las uniones de los tejidos y deponerlas en un coche apropiado para reducir los tiempos de carga y evitar que se enreden las cuerdas al introducir a la máquina.
- ❖ Antes de cargar la tela a la máquina, se debe limpiar el sistema de filtro y los recipientes de preparación de la máquina de tintura.
- ❖ No llenar demasiada agua, un baño demasiado alto puede impedir un transporte correcto del tejido dentro del acumulador.
- ❖ Tomar en cuenta las adiciones durante el proceso de tintura, estas adiciones aumentarán el volumen del baño.

- ❖ Cargar con un peso del tejido de por lo menos un 50% de la capacidad nominal de la máquina de tintura, caso contrario es posible que la cuerda del tejido flotaría y se enredaría en el acumulador.
- ❖ Seleccionar el programa de tintura correcto de acuerdo a la calidad y peso del tejido, así como el color a tinturar.
- ❖ Antes de cargar la tela, la máquina debe estar llena de agua, de acuerdo a la relación de baño, con una temperatura aproximada de 40 – 50 °C
- ❖ Introducir primeramente a la máquina los productos auxiliares previamente disueltos, especialmente un humectante, antiespumante y anti quiebre.
- ❖ Una vez revisados los pasos anteriores, procedemos con la carga correcta de la tela, a una velocidad máxima de 100 m/min, observando que la tela este lo suficientemente humedecida para continuar con el proceso de descruce.

## 6.11 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE DESCRUDE ENZIMÁTICO

### 6.11.1 PROCESO DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 1 (CELESTE 79)

HOJA DE DESCRUDE					
<b>Material:</b>	Jersey H30/1 Ne	<b>R / B:</b>	8		
<b>Peso:</b>	253 Kg.	<b>Baño:</b>	2024 lt.		
<b>Color:</b>	Celeste 79	<b>Máquina:</b>	T5		
PRODUCTOS		NOMBRE	%	g/l	TOTAL (Kg)
<b>A</b>	Humectante	Invadina DA		0.5	1.012
	Antiespumante	Cibaflow Jet		0.5	1.012
	Antiquiebre	Cibafluid C		2	4.048
	Dispersante	Disprosec KG		2	4.048
	Detergente	Silvatol FLE		2	4.048
<b>B</b>	Secuestrante	Euroquest		2	4.048
<b>C</b>	<b>Enzima</b>	<b>Pectato liasa</b>		<b>0.8</b>	<b>2.024</b>
<b>D</b>	Álcali	Carbonato de sodio		0.1	0.202

**Tabla N° 8.**Hoja patrón del descruce enzimático de la prueba N° 1

## PROCEDIMIENTO DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 1

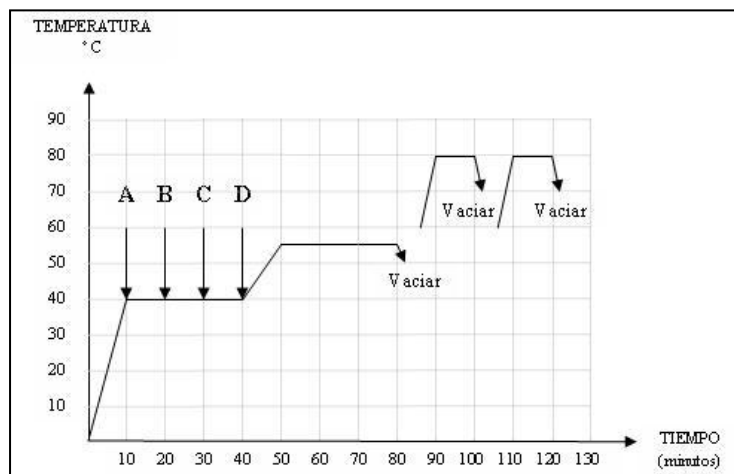


Figura N° 47. Curva del descruce enzimático de la prueba N° 1

- 1 Llenamos la máquina con agua de acuerdo a la relación de baño 1/8
- 2 En el punto **A** en 40 °C colocamos los productos auxiliares incluido el detergente de acuerdo al orden de la tabla, los productos deben estar previamente ya disueltos, antes de ingresar a la máquina.
- 3 Cargamos la tela a la máquina, dejamos en circulación durante 10 minutos a 40°C.
- 4 En el punto **B** colocamos el secuestrante.
- 5 En el punto **C** colocamos la enzima pectatoliasa al 0.8% del peso del material.
- 6 En el punto **D** colocamos el álcali para ajustar el pH a 8 – 8.5.
- 7 Subimos la temperatura a 55 °C y dejamos en circulación por 30 minutos.
- 8 Botamos el baño de descruce.
- 9 Realizamos dos lavados a 80 °C durante 10 minutos con la finalidad de desactivar la enzima y eliminar las ceras y grasas emulsificadas.

**PUNTOS DE CONTROL DEL pH DEL PROCESO DE DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 1**

PUNTOS DE CONTROL	CONTROL DEL pH
Agua para el descrude	7.1
Baño con productos	7.5
Baño con productos + secuestrante	8.2
Baño con productos + secuestrante + enzima	7.8
Ajuste del pH con carbonato de sodio	8.4
pH al llegar a los 55 °C	8.2
pH a los 5 min a 55°C	8.1
pH a los 10 min a 55 °C	8.1
pH a los 15 min a 55 °C	8.1
pH a los 20 min a 55 °C	8.1
pH a los 25 min a 55 °C	8
pH antes de botar el baño de descrude	8

Tabla N° 9. Tabla de control del pH de la prueba N° 1

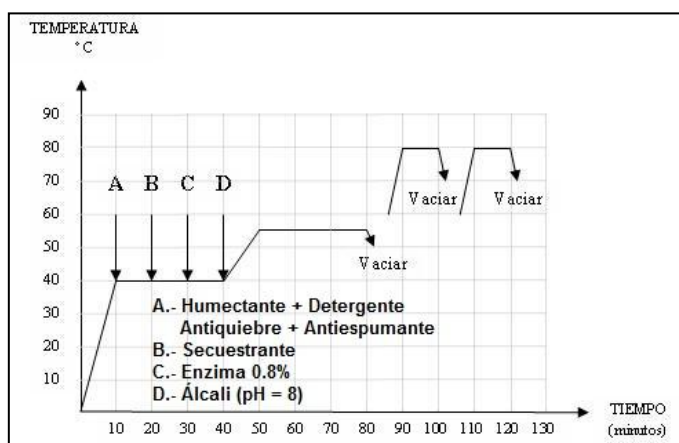
**6.11.2 PROCESO DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 2 (VERDE 3349)**

HOJA DE DESCRUDE					
<b>Material:</b>	Jersey H30/1 Ne	<b>R / B:</b>	8		
<b>Peso:</b>	268 Kg.	<b>Baño:</b>	2144 lt.		
<b>Color:</b>	Verde 3349	<b>Máquina:</b>	T5		
PRODUCTOS		NOMBRE	%	g/l	TOTAL (Kg)
<b>A</b>	Humectante	Invadina DA		0.5	1.072
	Antiespumante	Cibaflow Jet		0.5	1.072
	Antiquebre	Cibafluid C		2	4.288
	Dispersante	Disprosec KG		2	4.288
	Detergente	Silvatol FLE		2	4.288
<b>B</b>	Secuestrante	Euroquest		2	4.288
<b>C</b>	Enzima	Pectato liasa	<b>0.8</b>		<b>2.144</b>
<b>D</b>	Álcali	Carbonato de sodio		0.1	0.214

Tabla N° 10. Hoja patrón del descrude enzimático de la prueba N° 2



## PROCEDIMIENTO DEL PROCESO DE DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 2



**Figura N° 48.** Curva del descruce enzimático de la prueba N° 2

El procedimiento es similar a la prueba de descruce enzimático N° 1

## PUNTOS DE CONTROL DEL pH DEL PROCESO DE DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 2

PUNTOS DE CONTROL	CONTROL DEL pH
Agua para el descruce	7.0
Baño con productos	7.5
Baño con productos + secuestrante	8.5
Baño con productos + secuestrante + enzima	7.8
Ajuste del pH con carbonato de sodio	8.2
pH al llegar a los 55 °C	8.1
pH a los 5 min a 55°C	8.1
pH a los 10 min a 55 °C	8.1
pH a los 15 min a 55 °C	8.1
pH a los 20 min a 55 °C	8.1
pH a los 25 min a 55 °C	8.1
pH antes de botar el baño de descruce	8.2

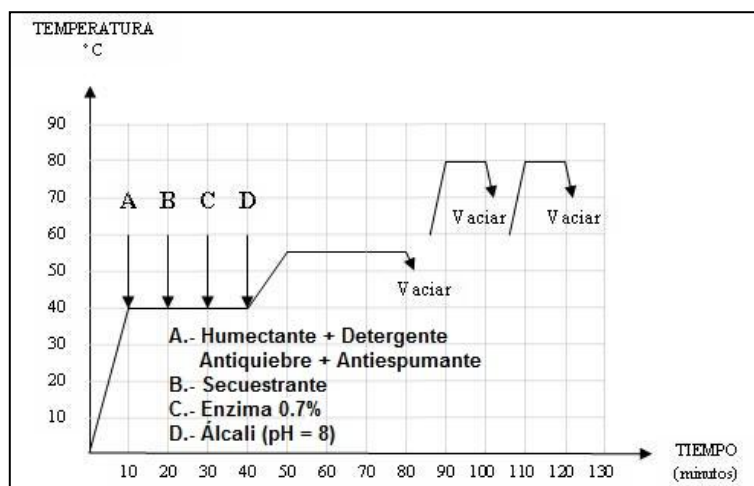
**Tabla N° 11.** Tabla de control del pH de la prueba N° 2

**6.11.3 PROCESO DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 3  
(TURQUESA 7645)**

HOJA DE DESCRUDE					
<b>Material:</b>	Jersey H 30/1 Ne	<b>R / B:</b>	8		
<b>Peso:</b>	241 kg.	<b>Baño:</b>	1928 lt.		
<b>Color:</b>	Turquesa 7645	<b>Máquina:</b>	T5		
PRODUCTOS		NOMBRE	%	g/l	TOTAL (Kg)
<b>A</b>	Humectante	Invadina DA		0.5	0.964
	Antiespumante	Cibaflow Jet		0.5	0.964
	Antiquiebre	Cibafluid C		2	3.856
	Dispersante	Disprosec KG		2	3.856
	Detergente	Silvatol FLE		2	3.856
<b>B</b>	Secuestrante	Euroquest		2	3.856
<b>C</b>	Enzima	Pectato liasa	<b>0.7</b>		<b>1.687</b>
<b>D</b>	Álcali	Carbonato de sodio		0.1	0.192

**Tabla N° 12.**Hoja patrón del descruce enzimático de la prueba N° 3

**PROCEDIMIENTO DEL PROCESO DE DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 3**



**Figura N° 49.**Curva del descruce enzimático de la prueba N° 3

El procedimiento es similar a la prueba anterior, con excepción del punto C, en este punto colocamos la enzima pectatoliasa al 0.7% del peso del material.

**PUNTOS DE CONTROL DEL pH DEL PROCESO DE DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 3**

PUNTOS DE CONTROL	CONTROL DE pH
Agua para el descrude	7.1
Baño con productos	7.8
Baño con productos + secuestrante	8.3
Baño con productos + secuestrante + enzima	7.9
Ajuste del pH con carbonato de sodio	8.2
pH al llegar a los 55 °C	8.1
pH a los 5 min a 55°C	8.1
pH a los 10 min a 55 °C	8.1
pH a los 15 min a 55 °C	8.1
pH a los 20 min a 55 °C	8.1
pH a los 25 min a 55 °C	8
pH antes de botar el baño de descrude	8

Tabla N° 13. Tabla de control del pH de la prueba N° 3

**6.11.4 PROCESO DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N°4**

(NARANJA 4030)

HOJA DESCRUDE					
<b>Material:</b>	Jersey H30/1 Ne	<b>R / B:</b>	8		
<b>Peso:</b>	285 kg.	<b>Baño:</b>	2280 lt.		
<b>Color:</b>	Naranja 4030	<b>Máquina:</b>	T5		
	<b>PRODUCTOS</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>%</b>	<b>g/l</b>	<b>TOTAL (Kg)</b>
<b>A</b>	Humectante	Invadina DA		0.5	1.14
	Antiespumante	Cibaflow Jet		0.5	1.14
	Antiquebre	Cibafluid C		2	4.56
	Dispersante	Disprosec KG		2	4.56
	Detergente	Silvatol FLE		2	4.56
<b>B</b>	Secuestrante	Euroquest		2	4.56
<b>C</b>	<b>Enzima</b>	<b>Pectato liasa</b>	<b>0.7</b>		<b>1.995</b>
<b>D</b>	Álcali	Carbonato de sodio		0.1	0.228

Tabla N° 14. Hoja patrón del descrude enzimático de la prueba N° 4

## PROCEDIMIENTO DEL PROCESO DE DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 4

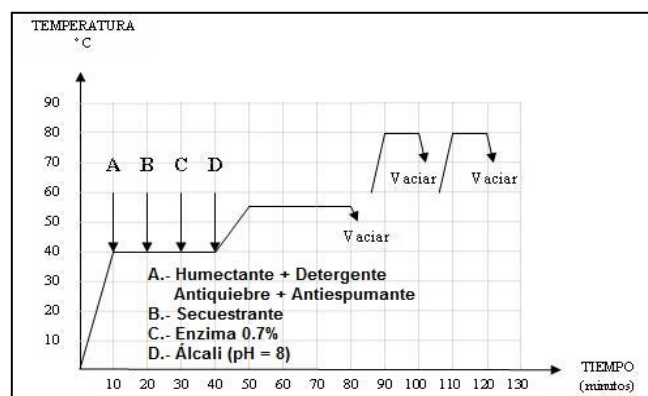


Figura N° 50. Curva del descruce enzimático de la prueba N° 4

El procedimiento es similar a la prueba anterior, con excepción del punto C, en este punto colocamos la enzima pectatoliasa al 0.7% del peso del material.

## PUNTOS DE CONTROL DEL pH DEL PROCESO DE DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 4

PUNTOS DE CONTROL	CONTROL DE pH
Agua para el descruce	7.1
Baño con productos	7.4
Baño con productos + secuestrante	8.4
Baño con productos + secuestrante + enzima	7.8
Ajuste del pH con carbonato de sodio	8.4
pH al llegar a los 55 °C	8.4
pH a los 5 min a 55°C	8.4
pH a los 10 min a 55 °C	8.2
pH a los 15 min a 55 °C	8.2
pH a los 20 min a 55 °C	8.2
pH a los 25 min a 55 °C	8.1
pH antes de botar el baño de descruce	8.1

Tabla N° 15. Tabla de control del pH de la prueba N° 4

### 6.11.5 PROCESO DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 5

(ROJO 6310)

HOJA DESCRUDE					
<b>Material:</b>	Jersey H 30/1 Ne	<b>R / B:</b>	8		
<b>Peso:</b>	262kg.	<b>Baño:</b>	2096 lt.		
<b>Color:</b>	Rojo 6310	<b>Máquina:</b>	T5		
PRODUCTOS		NOMBRE	%	g/l	TOTAL (Kg)
A	Humectante	Invadina DA		0.5	1.048
	Antiespumante	Cibaflow Jet		0.5	1.048
	Antiquebre	Cibafluid C		2	4.192
	Dispersante	Disprosec KG		2	4.192
	Detergente	Silvatol FLE		2	4.192
B	Secuestrante	Euroquest		2	4.192
C	Enzima	Pectato liasa	0.6		1.572
D	Álcali	Carbonato de sodio		0.1	0.209

Tabla N° 16.Hoja patrón del descrude enzimático de la prueba N° 5

### PROCEDIMIENTO DEL PROCESO DE DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 5

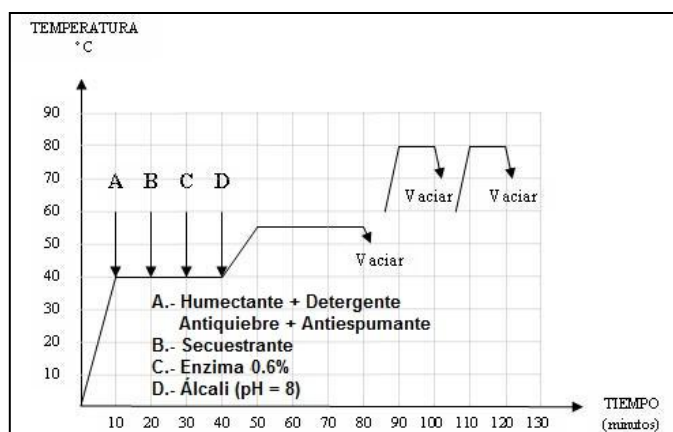


Figura N° 51.Curva del descrude enzimático de la prueba N° 5

El procedimiento es similar a la prueba anterior, con excepción del punto C, en este punto colocamos la enzima pectatoliasa al 0.6% del peso del material.

**PUNTOS DE CONTROL DEL pH DEL PROCESO DE DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 5**

PUNTOS DE CONTROL	CONTROL DE pH
Agua para el descrude	7.1
Baño con productos	7.6
Baño con productos + secuestrante	8.1
Baño con productos + secuestrante + enzima	7.9
Ajuste del pH con carbonato de sodio	8.2
pH al llegar a los 55 °C	8.1
pH a los 5 min a 55 °C	8.1
pH a los 10 min a 55 °C	8.1
pH a los 15 min a 55 °C	8.1
pH a los 20 min a 55 °C	8.1
pH a los 25 min a 55 °C	8
pH antes de botar el baño de descrude	8

Tabla N° 17. Tabla de control del pH de la prueba N° 5

**6.11.6 PROCESO DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 6**

(AZUL 7900)

HOJA DE DESCRUDE					
<b>Material:</b>	Jersey H 30/1 Ne	<b>R / B:</b>	8		
<b>Peso:</b>	240 kg.	<b>Baño:</b>	1920 lt.		
<b>Color:</b>	Azul 7900	<b>Máquina:</b>	T5		
PRODUCTOS		NOMBRE	%	g/l	TOTAL (Kg)
<b>A</b>	Humectante	Invadina DA		0.5	0.96
	Antiespumante	Cibaflow Jet		0.5	0.96
	Antiquiebre	Cibafluid C		2	3.84
	Dispersante	Disprosec KG		2	3.84
	Detergente	Silvatol FLE		2	3.84
<b>B</b>	Secuestrante	Euroquest		2	3.84
<b>C</b>	<b>Enzima</b>	<b>Pectato liasa</b>	<b>0.5</b>		<b>1.2</b>
<b>D</b>	Álcali	Carbonato de sodio		0.1	0.2

Tabla N° 18. Hoja patrón del descrude enzimático de la prueba N° 6

## PROCEDIMIENTO DEL PROCESO DE DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 6

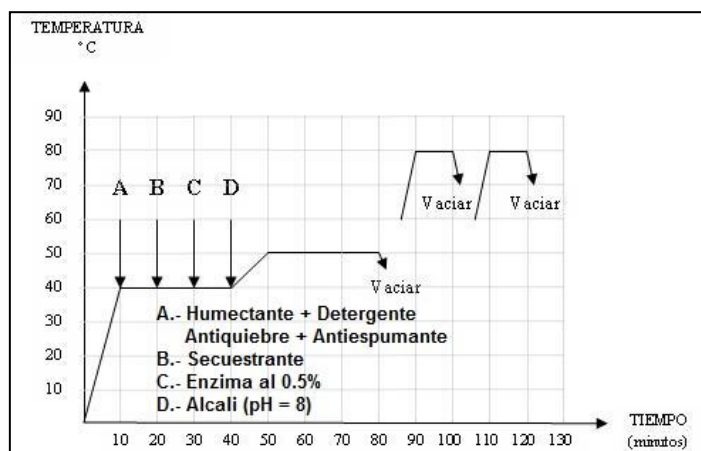


Figura N° 52. Curva del descruce enzimático de la prueba N° 6

El procedimiento es similar a la prueba anterior, con excepción del punto C, en este punto colocamos la enzima peptatoliasa al 0.5% del peso del material.

## PUNTOS DE CONTROL DEL pH DEL PROCESO DE DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 6

PUNTOS DE CONTROL	CONTROL DE pH
Agua para el descruce	7.1
Baño con productos	7.6
Baño con productos + secuestrante	8.5
Baño con productos + secuestrante + enzima	7.9
Ajuste del pH con carbonato de sodio	8.3
pH al llegar a los 50 °C	8.2
pH a los 5 min a 50°C	8.2
pH a los 10 min a 50 °C	8.1
pH a los 15 min a 50 °C	8.1
pH antes de botar el baño de descruce	8.1

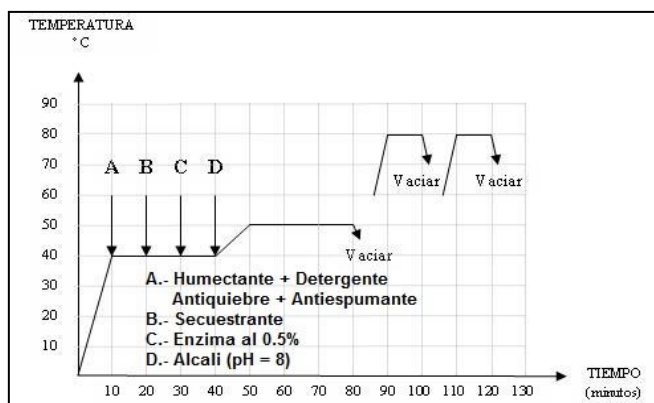
Tabla N° 19. Tabla de control del pH de la prueba N° 6

**6.11.7 PROCESO DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 7  
(NEGRO 0090)**

HOJA DE DESCRUDE					
<b>Material:</b>	Jersey H 30/1 Ne	R / B:	8		
<b>Peso:</b>	327 kg.	Baño:	2616 lt.		
<b>Color:</b>	Negro 0090	Máquina:	T5		
	<b>PRODUCTOS</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>%</b>	<b>g/l</b>	<b>TOTAL (Kg)</b>
<b>A</b>	Humectante	Invadina DA		0.5	1.308
	Antiespumante	Cibaflow Jet		0.5	1.308
	Antiquiebre	Cibafluid C		2	5.232
	Dispersante	Disprosec KG		2	5.232
	Detergente	Silvatol FLE		2	5.232
<b>B</b>	Secuestrante	Euroquest		2	5.232
<b>C</b>	<b>Enzima</b>	<b>Pectato liasa</b>	<b>0.5</b>		<b>1.635</b>
<b>D</b>	Álcali	Carbonato de sodio		0.1	0.261

**Tabla N° 20.**Hoja patrón del descruce enzimático de la prueba N° 7

**PROCEDIMIENTO DEL PROCESO DE DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 7**



**Figura N° 53.**Curva del descruce enzimático de la prueba N° 7

El procedimiento es similar a la prueba anterior, con excepción del punto C, en este punto colocamos la enzima pectatoliasa al 0.5% del peso del material.



## PUNTOS DE CONTROL DEL pH DEL PROCESO DE DESCRUDE ENZIMÁTICO DE LA PRUEBA N° 7

PUNTOS DE CONTROL	CONTROL DE pH
Agua para el descrude	7.1
Baño con productos	7.8
Baño con productos + secuestrante	8.5
Baño con productos + secuestrante + enzima	8
Ajuste del pH con carbonato de sodio	8.3
pH al llegar a los 50 °C	8.4
pH a los 5 min a 50°C	8.3
pH a los 10 min a 50 °C	8.3
pH a los 15 min a 50 °C	8.2
pH antes de botar el baño de descrude	8.1

Tabla N° 21. Tabla de control del pH de la prueba N° 7

### 6.12 PRODUCTOS QUE SE UTILIZARÁN EN EL PROCESO DE TINTURA

#### 6.12.1 ÁCIDO ACÉTICO

Líquido incoloro, de fórmula  $\text{CH}_3\text{-COOH}$ , de olor irritante y sabor amargo, en una solución acuosa actúa como ácido débil, para controlar el pH del baño cuando este es alcalino, o tener un baño ligeramente ácido para tratamientos como el fijado y suavizado.

#### 6.12.2 CIBACEL DBC

Dispersante y coloide protector con propiedades ligantes sobre iones de calcio, magnesio y metales pesados; se utiliza en la tintura de fibras celulósicas y sus mezclas, inactiva los iones de calcio y magnesio presentes en el agua dura y en el algodón.

Mejora la estabilidad del baño, crea las mejores condiciones posibles para obtener tinturas bien igualadas, ejerce un efecto "suavizante" sobre el baño de tintura, previene manchas, marcas y desigualación, incrementa el rendimiento y mejora la reproducibilidad de las tinturas; no ocasiona cambio de tono ni opaca los tonos pastel, no ocasiona cambio en el matiz ni afecta la solidez a la luz, previene aglomeraciones de colorante causadas por la presencia de dureza en el agua o adiciones de sal.

La cantidad requerida de cibacel DBC depende de la dureza del agua, la pureza del algodón y de la relación de baño, se recomienda utilizar de 1 - 3 g/l.

### **6.12.3 CIBACEL LD**

De excelente efecto igualador, promueve la igualación de la tintura bajo condiciones críticas de teñido, marcado efecto igualador ante la presencia de colorantes o substratos de alta afinidad, adecuado para el desmonte parcial o corrección de tinturas manchadas.

El buen efecto retardante del cibacel LD evita posibles problemas debidos a una alta afinidad entre la fibra y el colorante durante el ciclo de teñido, promoviendo así un excelente y uniforme efecto de penetración, el efecto retardante es regulado por la cantidad utilizada de cibacel LD, la cantidad recomendada de producto para éste caso es de 1 - 2 g/l dependiendo de la intensidad de la tintura, en cantidades más altas el cibacel LD tiene un efecto de debilitación sobre el tono.

### **6.12.4 SECUESTRANTES**

Como ya lo hemos anotado anteriormente, son sustancias que tienen la propiedad de secuestrar, dispersar iones de sales y de metales pesados, los secuestrantes son formadores orgánicos de complejos que corrigen la dureza del agua.

### **6.12.5 COLORANTES**

Los colorantes que se utilizaron para las diferentes pruebas de tintura son reactivos de alta reactividad, que trabajan a una temperatura de 60 °C, de nombre comercial NOVACRON.

#### **6.12.6 SULFATO DE SODIO (NA<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)**

El sulfato de sodio es una sustancia incolora, cristalina con buena solubilidad en el agua, actúa como electrolito en la tintura del algodón con colorantes reactivos, la cantidad adecuada de sulfato de sodio ayuda a que el colorante se penetre y obtenga una buena igualación, ayuda a homogenizar y dar la intensidad del color.

#### **6.12.7 CARBONATO DE SODIO (NA<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)**

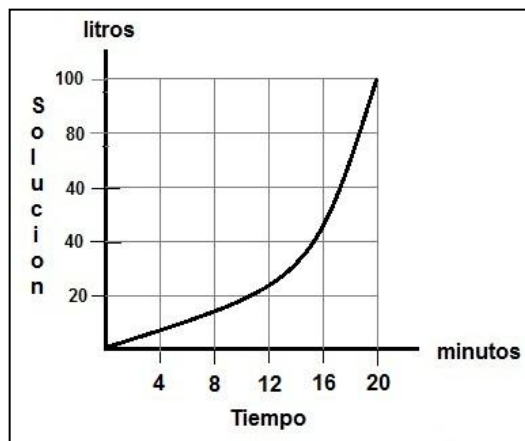
Es un polvo blanco con fuertes propiedades alcalinas, con una densidad relativa de 2,35 y un punto de fusión de 851 °C. Se encuentra en la naturaleza en los estratos de sal y también disuelto en las aguas de lagos interiores, llamados lagos de sosa; es un álcali débil, soluble en agua y se descompone en sodio (Na) e iones de carbonato (CO<sub>3</sub>) en solución, se lo utiliza en aquellos procesos en los que hay que regular el pH de diferentes soluciones, para aumentar el pH de una solución; en la tintura con colorantes reactivos el carbonato de sodio inicia la reacción del colorante con la celulosa, fijando el colorante químicamente con la fibra.

#### **6.12.8 HIDRÓXIDO DE SODIO (NAOH)**

El hidróxido de sodio también conocido como sosa cáustica, es un sólido blanco cristalino sin olor que absorbe humedad del aire, cuando se disuelve en agua o se neutraliza con un ácido libera una gran cantidad de calor que puede ser suficiente como para encender materiales combustibles, el hidróxido de sodio es muy corrosivo.

En la tintura con colorantes reactivos ayuda a elevar el pH del baño y lograr mayor agotamiento del colorante en la fibra de algodón, se utiliza principalmente para colores oscuros.

### 6.12.9 DOSIFICACIÓN DEL COLORANTE Y ÁLCALI



**Figura N° 54.**Curva de la dosificación progresiva

Para la dosificación del colorante y del álcali utilizaremos la dosificación progresiva, se comienza con una cantidad pequeña de solución que va aumentando al transcurrir el tiempo, los tiempos de intervalo del caudal son cortos y va en aumento, mientras que los tiempos de pausa van de largos a cortos, el tiempo total de dosificación será de 20 minutos tanto para el colorante como para el álcali.

### 6.12.10 ADICIÓN DEL ELECTROLITO

La adición del electrolito no durará más de 10 minutos, el método de entrada del electrolito es mediante la bomba de dosificación que permite la entrada y salida del electrolito desde el recipiente de preparación hacia la máquina y viceversa, en pequeñas proporciones, este método de adición se debe a las altas cantidades de electrolito utilizadas.

### 6.13 ELIMINACIÓN DEL COLORANTE HIDROLIZADO

La última etapa del proceso de tintura consiste en la remoción del colorante hidrolizado o no fijado a la fibra, mediante un agente de lavado.

### 6.13.1 ERIOPÓN R

Agente de lavado posterior y jabonado para tinturas y estampaciones con colorantes reactivos sobre fibras celulósicas y sus mezclas con menos lavados, ahorrando agua, energía y tiempo, remueve rigurosa y más rápidamente los colorantes reactivos hidrolizados que no se hayan fijado a la fibra

Destaca la solidez en húmedo de materiales teñidos y estampados producidos con colorantes reactivos NOVACRON, permite el lavado de colorantes reactivos en 4 a 5 pasos, se desempeña de mejor manera bajo pH ligeramente alcalinos.

La constitución del detergente Eriopón R es a base de sal de sodio de un ácido poliacrílico modificado, de carácter no iónico, de estado líquido, su pH es de 7-9, es altamente estable en aguas duras y a ácidos, álcalis y electrolitos en las cantidades normalmente encontradas en el lavado de colorantes reactivos, es estable por al menos 1 año en recipiente cerrados a 20°C, puede usarse junto con sustancias no-iónicas, las sustancias aniónicas pueden afectar la eficiencia.

El agente de lavado posterior Eriopón R puede diluirse en agua fría o tibia en todas las proporciones, la cantidad requerida depende del tono de tintura, la eficiencia de lavado del equipo y la relación de baño, las cantidades mayores son usadas para el lavado de tonos intensos como negros, azul marinos, etc.

Se recomienda utilizar Eriopón R para colores oscuros 1 g/l y para colores medios y pasteles 0,5 g/l, la dureza del agua al igual que la sal residual y el álcali de la etapa de tintura, dificultan la remoción de colorantes reactivos hidrolizados en el lavado posterior, Eriopón R es efectivo para contrarrestar estas deficiencias.

### 6.13.2 CURVA DE LAVADO PARA COLORES BAJOS Y MEDIOS

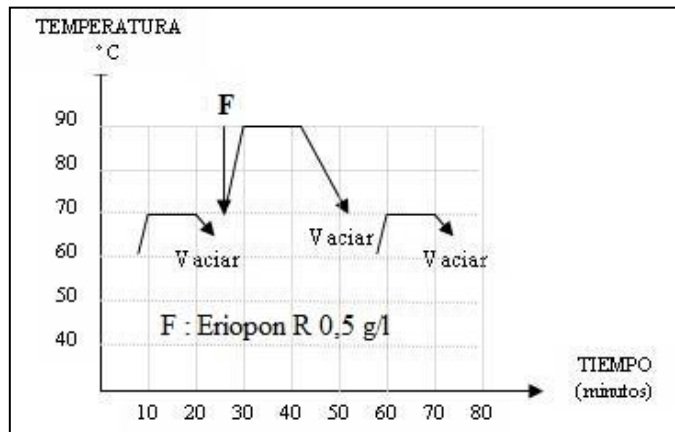


Figura N° 55. Curva de lavados para colores bajos y medios

### 6.13.3 CURVA DE LAVADOS PARA COLORES OSCUROS

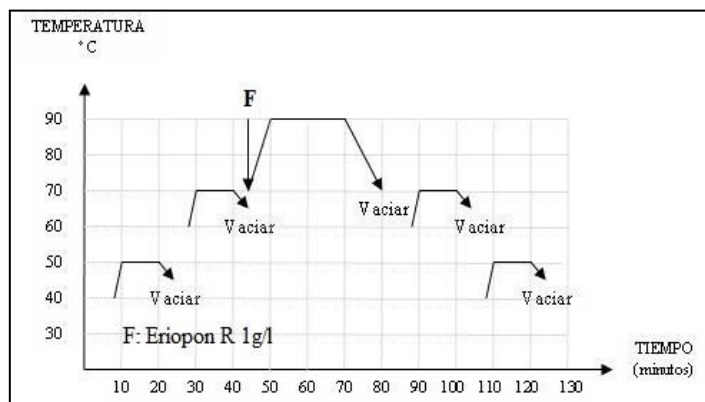


Figura N° 56. Curva de lavados para colores oscuros

## 6.14 PROCESO DE TINTURA

### 6.14.1 PROCESO DE TINTURA DE LA PRUEBA N° 1 (CELESTE 79)

HOJA DE TINTURA					
<b>Material:</b>	Jersey H 30/1 Ne	<b>R / B:</b>	8		
<b>Peso:</b>	253 kg.	<b>Baño:</b>	2024 lt.		
<b>Color:</b>	Celeste 79	<b>Máquina:</b>	T5		
	<b>Productos</b>	<b>Nombre</b>	<b>%</b>	<b>g/l</b>	<b>TOTAL (Kg)</b>
<b>A</b>	Secuestrante	Euroquest		2	4.048
	Dispersante-retardante	Cibacel DBC		2	4.048
	Dispersante-igualante	Cibacel LD		2	4.048
<b>B</b>	Colorante 1	Azul Bte. FNG	0.09		0.228
	Colorante 2	Rojo FN2BL	0.042		0.106
<b>C</b>	Electrolito	Sulfato de sodio		30	60.72
<b>D</b>	Álcali	Carbonato de sodio		6	12.14
<b>F</b>	Detergente	Eriopón R		0.5	1.012

Tabla N° 22. Hoja patrón de tintura de la prueba N° 1

### PROCEDIMIENTO DE TINTURA DE LA PRUEBA N° 1

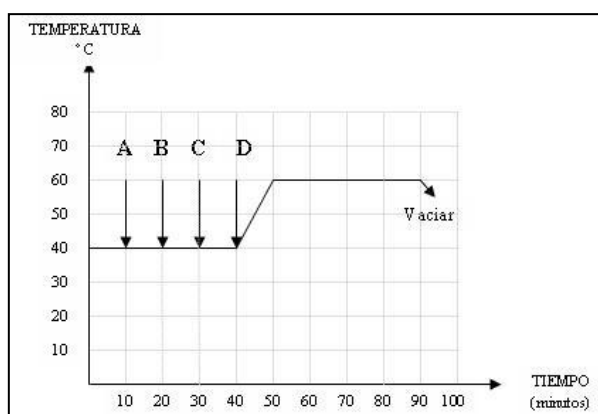


Figura N° 57. Curva de tintura de la prueba N° 1

- 1 Llenamos la máquina con agua de acuerdo a la relación de baño 1/8
- 2 En el punto **A** colocamos los auxiliares de tintura (secuestrante, cibacel DBC, cibacel LD), previamente disueltos en 100 lts. de agua.
- 3 Medimos el pH del baño, este debe ser neutro,  $\text{pH} = 7$ , al iniciar el proceso de tintura, en caso de estar el baño alcalino, adicionamos una ligera cantidad de ácido acético.
- 4 En el punto **B** colocamos el colorante, este debe estar disuelto en 100 lts. de agua a  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  y dosificamos el colorante en 20 min.
- 5 Dejamos en agotamiento de colorante durante 20 min.
- 6 En el punto **C** colocamos el electrolito, y dejamos en agotamiento durante 10 minutos.
- 7 En el punto **D** colocamos el álcali (carbonato de sodio), dosificamos el carbonato en 20 min.
- 8 Dejamos en agotamiento el carbonato durante 40 min.
- 9 A continuación botamos el baño.

#### CONTROL DEL pH EN EL PROCESO DE TINTURA DE LA PRUEBA N° 1

PUNTOS DE CONTROL	VALOR DEL pH
Inicio de la tintura	6.8
Antes de dosificar el colorante	6.8
Antes de colocar sulfato	7.1
Antes de dosificar el carbonato de sodio	8.1
Antes de botar el baño	10.4

**Tabla N° 23.**Control del pH en el proceso de tintura de la prueba N° 1

#### ELIMINACIÓN DEL COLORANTE HIDROLIZADO

La última etapa de la tintura consiste en la eliminación del colorante hidrolizado o colorante que no se ha fijado en la fibra, esto se realiza mediante los lavados.



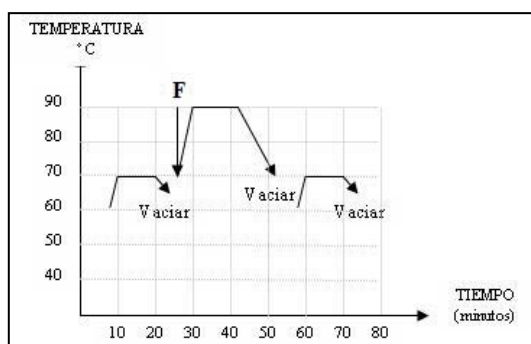


Figura N° 58. Curva de lavados prueba N° 1

## PROCEDIMIENTO

- 1 El primer lavado lo realizamos a 70 °C durante 10 minutos
- 2 En el segundo lavado en **F** colocamos 0.5 g/l de detergente a 90 °C durante 10 minutos, con la finalidad de eliminar el colorante hidrolizado
- 3 El tercer lavado se realiza a 70°C durante 10 minutos.

### 6.14.2 PROCESO DE TINTURA DE LA PRUEBA N° 2 (VERDE 3349)

HOJA DE TINTURA					
<b>Material:</b>	Jersey H30/1 Ne	<b>R / B: 8</b>	8		
<b>Peso:</b>	268 kg.	<b>Baño:</b>	2144 lt		
<b>Color:</b>	Verde 3349	<b>Máquina:</b>	T5		
	<b>Productos</b>	<b>Nombre</b>	<b>%</b>	<b>g/l</b>	<b>TOTAL (Kg)</b>
<b>A</b>	Secuestrante	Euroquest		2	4.288
	Dispersante-retardante	Cibacel DBC		2	4.288
	Dispersante-igualante	Cibacel LD		2	4.288
<b>B</b>	Colorante 1	Amarillo C5G	0.862		2.310
	Colorante 2	Azul Bte. FNG	0.032		0.086
	Colorante 3	Turqueza HGN	0.395		1.059
<b>C</b>	Electrolito	Sulfato de sodio		60	128.64
<b>D</b>	Álcali	Carbonato de sodio		6	12.864
<b>E</b>	Álcali (fuerte)	Sosa cáustica		1	2.144
<b>F</b>	Detergente	Eriopón R		1	2.144

Tabla N° 24. Hoja de tintura de la prueba N° 2

## PROCEDIMIENTO DE TINTURA DE LA PRUEBA N° 2

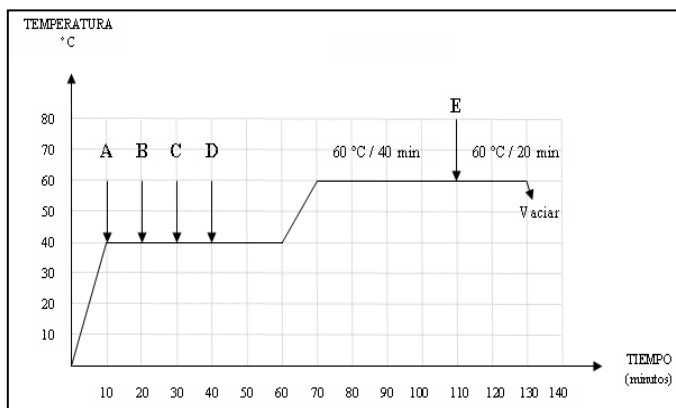


Figura N° 59. Curva de tincura para colores oscuros

- 1 Llenamos la máquina con agua de acuerdo a la relación de baño 1/8
- 2 En el punto **A** colocamos los auxiliares de tincura (secuestrante, cibacel DBC, cibacel LD), previamente disueltos en 100 lts. de agua.
- 3 Medimos el pH del baño, este debe ser neutro,  $\text{pH} = 7$ , al iniciar el proceso de tincura, en caso de estar el baño alcalino, adicionamos una ligera cantidad de ácido acético.
- 4 En el punto **B** colocamos el colorante, este debe estar disuelto en 100 lts. de agua a  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . y dosificamos el colorante en 20 minutos
- 5 Dejamos en agotamiento de colorante durante 20 minutos
- 6 En el punto **C** colocamos el electrolito, y dejamos en agotamiento durante 20 minutos
- 7 En el punto **D** colocamos el álcali (carbonato de sodio), dosificamos el carbonato en 20 minutos.
- 8 Dejamos en agotamiento el carbonato durante 20 min.
- 9 En el punto **E** colocamos la Sosa Cáustica, previamente disuelta en agua fría en 50 lts. de agua, dosificamos la sosa en 20 min.
- 10 Dejamos en agotamiento de sosa durante 20 min.
- 11 A continuación botamos el baño.

## CONTROL DEL pH EN EL PROCESO DE TINTURA DE LA PRUEBA N° 2

PUNTOS DE CONTROL	VALOR DEL pH
Inicio de la tintura	6.8
Antes de dosificar el colorante	6.8
Antes de colocar la sal	6.9
Antes de dosificar el carbonato de sodio	8.1
Antes de dosificar la sosa cáustica	10.5
Antes de botar el baño	10.9

Tabla N° 25. Control del pH en el proceso de tintura de la prueba N° 2

## ELIMINACIÓN DEL COLORANTE HIDROLIZADO

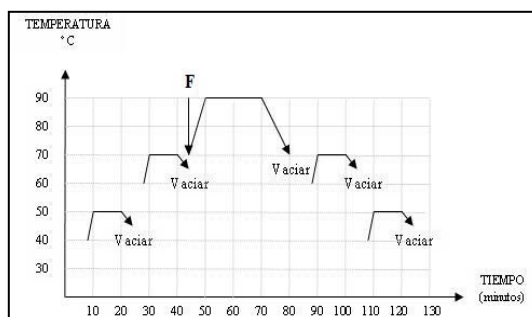


Figura N° 60. Curva de lavados de la prueba N° 2

## PROCEDIMIENTO

- 1 El primer lavado lo realizamos a 50 °C durante 10 minutos
- 2 El segundo lavado lo realizamos a 70 °C durante 10 minutos
- 3 En el tercer lavado en F colocamos 1 g/l de detergente a 90 °C durante 20 minutos, con la finalidad de eliminar el colorante hidrolizado
- 4 El cuarto lavado se realiza a 70°C durante 10 minutos
- 5 El quinto lavado y último se realiza a 50 °C durante 10 minutos.

### 6.14.3 PROCESO DE TINTURA DE LA PRUEBA N° 3 (TURQUESA 7645)

HOJA DE TINTURA					
<b>Material:</b>	Jersey H 30/1 Ne	<b>R / B:</b>	8		
<b>Peso:</b>	241 kg.	<b>Baño:</b>	1928 lt.		
<b>Color:</b>	Turquesa 7645	<b>Máquina:</b>	T5		
	<b>Productos</b>	<b>Nombre</b>	<b>%</b>	<b>g/l</b>	<b>TOTAL (Kg)</b>
<b>A</b>	Secuestrante	Euroquest		2	3.856
	Dispersante-retardante	Cibacel DBC		2	3.856
	Dispersante-igualante	Cibacel LD		2	3.856
<b>B</b>	Colorante 1	Amarillo C5G	0.089		0.215
	Colorante 2	Azul Bte. FNG	2.4		5.784
<b>C</b>	Electrolito	Sulfato de sodio		60	115.68
<b>D</b>	Álcali	Carbonato de sodio		6	11.568
<b>E</b>	Álcali (fuerte)	Sosa cáustica		1	1.928
<b>F</b>	Detergente	Eriopón R		1	1.928

**Tabla N° 26.** Hoja patrón de tintura de la prueba N° 3

El procedimiento de tintura y eliminación del colorante hidrolizado es igual al realizado en la prueba N° 2

### CONTROL DEL pH EN EL PROCESO DE TINTURA DE LA PRUEBA N° 3

PUNTOS DE CONTROL	VALOR DEL pH
Inicio de la tintura	6.8
Antes de dosificar el colorante	6.8
Antes de colocar la sal	7
Antes de dosificar el carbonato de sodio	8.2
Antes de dosificar la sosa cáustica	10.4
Antes de botar el baño	10.8

**Tabla N° 27.** Control del pH en el proceso de tintura de la prueba N° 3

#### 6.14.4 PROCESO DE TINTURA DE LA PRUEBA N° 4 (NARANJA 4030)

HOJA DE TINTURA					
<b>Material:</b>	Jersey H 30/1 Ne	<b>R / B:</b>	8		
<b>Peso:</b>	285	<b>Baño:</b>	2280 lt.		
<b>Color:</b>	Naranja 4030	<b>Máquina:</b>	T5		
Productos		Nombre	%	g/l	TOTAL (Kg)
<b>A</b>	Secuestrante	Euroquest		2	4.56
	Dispersante-retardante	Cibacel DBC		2	4.56
	Dispersante-igualante	Cibacel LD		2	4.56
<b>B</b>	Colorante 1	Marino SG	0.009		0.026
	Colorante 2	Naranja W3R	0.808		2.303
	Colorante 3	Rojo Deep SB	0.208		0.593
<b>C</b>	Electrolito	Sulfato de sodio		60	136.8
<b>D</b>	Álcali	Carbonato de sodio		66	13.68
<b>E</b>	Álcali (fuerte)	Sosa cáustica		1	2.28
<b>F</b>	Detergente	Eriopón R		1	2.28

**Tabla N° 28.**Hoja patrón de tintura de la prueba N° 4

El procedimiento de tintura y eliminación del colorante hidrolizado es igual al realizado en la prueba N° 2

#### CONTROL DEL pH EN EL PROCESO DE TINTURA DE LA PRUEBA N° 4

PUNTOS DE CONTROL	VALOR DEL pH
Inicio de la tintura	6.9
Antes de dosificar el colorante	6.9
Antes de colocar la sal	7.1
Antes de dosificar el carbonato de sodio	8
Antes de dosificar la sosa cáustica	10.4
Antes de botar el baño	10.9

**Tabla N° 29.**Control del pH en el proceso de tintura de la prueba N° 4

#### 6.14.5 PROCESO DE TINTURA DE LA PRUEBA N° 5 (ROJO 6310)

HOJA DE TINTURA					
<b>Material:</b>	Jersey H 30/1 Ne	<b>R / B:</b>	8		
<b>Peso:</b>	262 kg.	<b>Baño:</b>	20096 lt.		
<b>Color:</b>	Rojo 6310	<b>Máquina:</b>	T5		
	<b>Productos</b>	<b>Nombre</b>	<b>%</b>	<b>g/l</b>	<b>TOTAL (Kg)</b>
<b>A</b>	Secuestrante	Euroquest		2	4.192
	Dispersante-retardante	Cibacel DBC		2	4.192
	Dispersante-igualante	Cibacel LD		2	4.192
<b>B</b>	Colorante 1	Azul Osc. SGL	0.003		0.008
	Colorante 2	CherryDeep SD	1.573		4.121
	Colorante 3	Orange Deep S4R	0.334		0.875
<b>C</b>	Electrolito	Sulfato de sodio		60	125.76
<b>D</b>	Álcali	Carbonato de sodio		6	12.576
<b>E</b>	Álcali (fuerte)	Sosa cáustica		1	2.096
<b>F</b>	Detergente	Eriopón R		1	2.096

**Tabla N° 30.** Hoja patrón de tintura de la prueba N° 5

El procedimiento de tintura y eliminación del colorante hidrolizado es idéntico al realizado en la prueba N° 2

#### CONTROL DEL pH EN EL PROCESO DE TINTURA DE LA PRUEBA N° 5

PUNTOS DE CONTROL	VALOR DEL pH
Inicio de la tintura	6.9
Antes de dosificar el colorante	6.9
Antes de colocar la sal	6.9
Antes de dosificar el carbonato de sodio	8.1
Antes de dosificar la sosa cáustica	10.4
Antes de botar el baño	10.8

**Tabla N° 31.** Control del pH en el proceso de tintura de la prueba N° 5

#### 6.14.6 PROCESO DE TINTURA DE LA PRUEBA N° 6 (AZUL 7900)

HOJA DE TINTURA					
<b>Material:</b>	Jersey H 30/1 Ne	<b>R / B:</b>	8		
<b>Peso:</b>	240 kg.	<b>Baño:</b>	1920 lt.		
<b>Color:</b>	Azul 7900	<b>Máquina:</b>	T5		
	<b>Productos</b>	<b>Nombre</b>	<b>%</b>	<b>g/l</b>	<b>TOTAL (Kg)</b>
<b>A</b>	Secuestrante	Euroquest		2	3.84
	Dispersante-retardante	Cibacel DBC		2	3.84
	Dispersante-igualante	Cibacel LD		2	3.84
<b>B</b>	Colorante 1	Azul Osc. WR	1.517		3.641
	Colorante 2	Negro WNN	2.005		4.812
	Colorante 3	Rojo SB	0.362		0.869
<b>C</b>	Electrolito	Sulfato de sodio		80	153.6
<b>D</b>	Álcali	Carbonato de sodio		7	13.44
<b>E</b>	Álcali (fuerte)	Sosa cáustica		1	1.92
<b>F</b>	Detergente	Eriopón R		1	1.92

**Tabla N° 32.** Hoja de tintura de la prueba N° 6

El procedimiento de tintura y eliminación del colorante hidrolizado es idéntico al realizado en la prueba N° 2

#### CONTROL DEL pH EN EL PROCESO DE TINTURA DE LA PRUEBA N° 6

PUNTOS DE CONTROL	VALOR DEL pH
Inicio de la tintura	6.8
Antes de dosificar el colorante	6.8
Antes de colocar la sal	6.9
Antes de dosificar el carbonato de sodio	8.2
Antes de dosificar la sosa cáustica	10.4
Antes de botar el baño	10.8

**Tabla N° 33.** Control del pH en el proceso de tintura de la prueba N° 6

#### 6.14.7 PROCESO DE TINTURA DE LA PRUEBA N° 7 (NEGRO 0090)

HOJA DE TINTURA					
<b>Material:</b>	Jersey H 30/1 Ne	<b>R / B:</b>	8		
<b>Peso:</b>	327 kg.	<b>Baño:</b>	2616 lt.		
<b>Color:</b>	Negro 0090	<b>Máquina:</b>	T5		
	<b>Productos</b>	<b>Nombre</b>	<b>%</b>	<b>g/l</b>	<b>TOTAL (Kg)</b>
<b>A</b>	Secuestrante	Euroquest		2	5.232
	Dispersante-retardante	Cibacel DBC		2	5.232
	Dispersante-igualante	Cibacel LD		2	5.232
<b>B</b>	Colorante 1	Naranja W3R	0.0103		0.034
	Colorante 2	Negro WNN	8.686		28.403
<b>C</b>	Electrolito	Sulfato de sodio		90	235.44
<b>D</b>	Álcali	Carbonato de sodio		7	18.312
<b>E</b>	Álcali (fuerte)	Sosa cáustica		1	2.616
<b>F</b>	Detergente	Eriopón R		1	2.616

**Tabla N° 34.** Hoja patrón de tintura de la prueba N° 7

El procedimiento de tintura y eliminación del colorante hidrolizado es idéntico al realizado en la prueba N° 2

#### CONTROL DEL pH EN EL PROCESO DE TINTURA DE LA PRUEBA N° 7

PUNTOS DE CONTROL	VALOR DEL pH
Inicio de la tintura	7
Antes de dosificar el colorante	7
Antes de colocar la sal	7.1
Antes de dosificar el carbonato de sodio	7.9
Antes de dosificar la sosa cáustica	10.5
Antes de botar el baño	10.9

**Tabla N° 35.** Control del pH en el proceso de tintura de la prueba N° 7



## 6.15 TRATAMIENTOS POSTERIORES

Es el conjunto de operaciones que tienen como objetivo el mejoramiento de las características de la tela, estas operaciones se las realizó en idéntica forma a todas las pruebas de tintura.

## 6.16 FIJADO

Cuanto más intenso es un teñido mayor es la cantidad de fijador que se debe utilizar, para colores claros se utiliza 2% de fijador y para colores oscuros se utiliza 4% de fijador. La solidez a la luz de los colorantes no hay forma de mejorarla una vez realizado el teñido. Por eso se recomiendan utilizar colorantes sólidos a la luz.

### 6.16.1.1 Tinofix ECO

El fijado se lo realiza con el producto tinofix eco, el cual forma con el colorante un complejo insoluble por lo que mejora mucho la solidez (resistencia) al lavado y la luz, para colores medios y bajos se recomienda usar al 2% del peso del material y para colores oscuros al 4%.

### 6.16.1.2 Curva de fijado

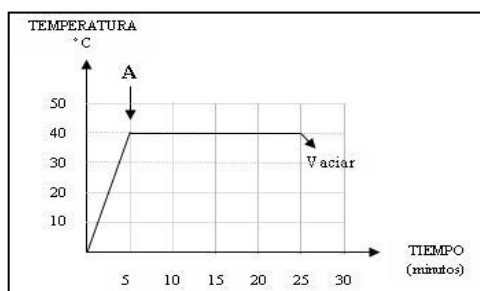


Figura N° 61. Curva de fijado

El proceso de fijado se realiza añadiendo en el punto A el Tinofix de 2 – 4 % del peso del material, dependiendo de la intensidad del color, a 40 °C durante 20 minutos.

## 6.16.2 SUAVIZADO

El proceso de suavizado es el que da la terminación a la tela, transmite las propiedades de suavidad, volumen, y mejora la facilidad de costura, para que el suavizante logre su objetivo la tela debe que estar libre de residuos de electrolitos y álcalis.

### 6.16.2.1 Ultratex HT

Suavizante siliconado, confiere un tacto suave y liso a las telas, no afecta la hidrofilidad, no origina amarillamiento de los géneros blancos, mejora la aptitud para el cosido, tiene buena durabilidad, compatible con la mayoría de productos de acabado, se puede aplicar por sistemas de agotamiento; se recomienda para tejidos de algodón utilizar al 4%.

### 6.16.2.2 Curva de suavizado

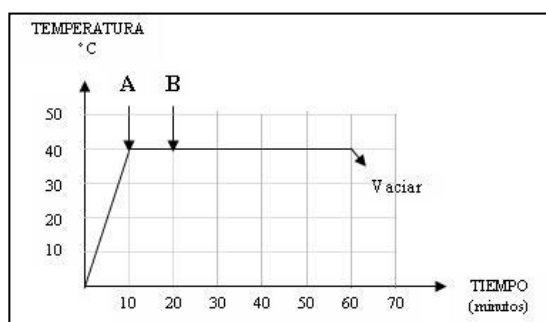


Figura N° 62. Curva de suavizado

El proceso de suavizado se lo realiza luego del proceso de fijado, en el punto A colocamos ácido acético con la finalidad de tener un baño ligeramente ácido, con un pH = 6 – 6.5, luego en el punto B añadimos el suavizante, dejamos en agotamiento a 40 °C durante 40 minutos.

## CAPÍTULO VII

### EVALUACIÓN DE LAS MUESTRAS TINTURADAS

El análisis de las pruebas tinturadas y de solidez se realizó mediante el programa **DATACOLOR**, software destinado para la medición y análisis del color (colorimetría).

Antes de realizar el análisis de las muestras tinturadas debemos conocer algunas definiciones con las cuales nos hemos guiado para interpretar los resultados de las pruebas.

#### 7.1 EL ESPECTRO VISIBLE

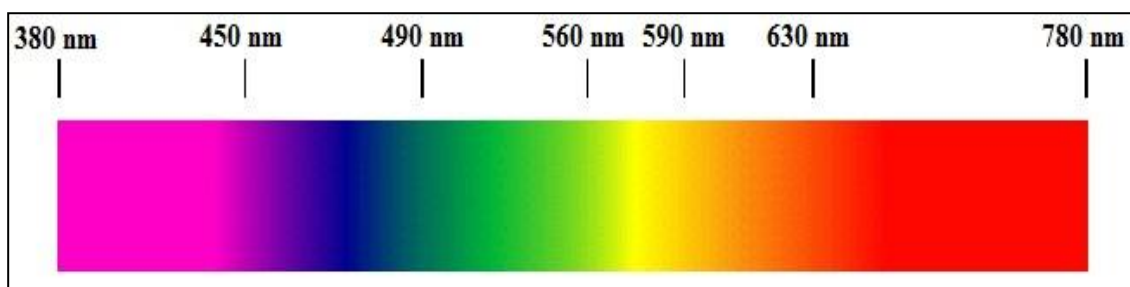


Figura N° 63. Longitud de onda

La unidad que se utiliza para medir e identificar las longitudes de onda de las radiaciones luminosas es el nanómetro (1 nanómetro =  $10^{-9}$  m).

El espectro de las radiaciones visibles ocupa una parte muy pequeña del espectro total de las vibraciones electromagnéticas; se considera generalmente que el espectro visible contiene radiaciones electromagnéticas de longitudes de onda de entre 380 y 780 m, este espectro se extiende desde el violeta a partir de 380 a 450 nm hasta el rojo con longitudes de onda de 630 a 780 nm; las longitudes de onda comprendidas entre aproximadamente 450 y 490 nm se denominan azules, las situadas entre 490 y 560 nm corresponden a los verdes, en la muy pequeña zona entre 560 y 590 nm se encuentran los amarillos y en el tramo comprendido entre 590 y 780 nm se pasa de los anaranjados hasta los rojos más vivos. (Ver Fig. 63).

## 7.2 COLOR

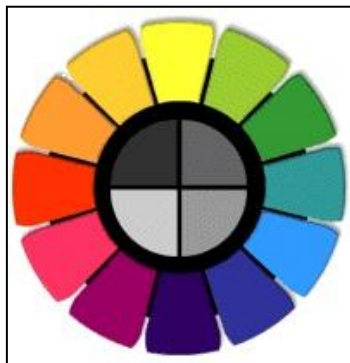
Básicamente el color en sí no existe, no es una característica del objeto, es más bien una apreciación subjetiva nuestra, el color es un aspecto de la percepción visual que no es fácil de definir y medir, es una sensación que se produce en respuesta a una estimulación nerviosa del ojo, causada por una longitud de onda luminosa; el ojo humano interpreta colores diferentes dependiendo de las distancias longitudinales.

El color es un estímulo de la visión que resulta de las diferencias de percepciones del ojo a distintas longitudes de onda que componen lo que se denomina el "espectro visible", estas ondas visibles son aquellas cuya longitud de onda está comprendida entre los 400 y los 700 nanómetros; más allá de estos límites siguen existiendo radiaciones, pero ya no son percibidos por nuestra vista.

### 7.2.1 PROPIEDADES DEL COLOR

Todo color posee una serie de propiedades que le hacen variar de aspecto y que definen su apariencia final, entre estas propiedades tenemos:

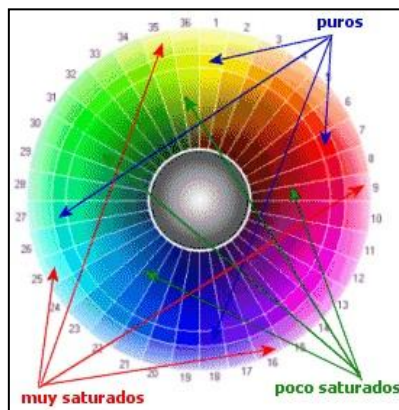
#### 7.2.1.1 Matiz



**Figura N° 64.** Matices en el círculo cromático

Es el estado puro del color, sin el blanco o negro agregados, y es un atributo asociado con la longitud de onda dominante en la mezcla de las ondas luminosas. El matiz se define como un atributo de color que nos permite distinguir el rojo del azul, y se refiere al recorrido que hace un tono hacia uno u otro lado del círculo cromático, por lo que el verde amarillento y el verde azulado serán matices diferentes del verde.

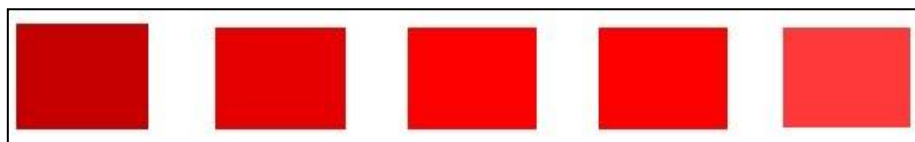
### 7.2.1.2 Saturación



**Figura N° 65.**Saturación de los colores

También llamada CROMA, este concepto representa la pureza o intensidad de un color particular, la viveza o palidez del mismo, y puede relacionarse con el ancho de banda de la luz que estamos visualizando; los colores puros del espectro están completamente saturados, un color intenso es muy vivo, cuanto más se satura un color, mayor es la impresión de que el objeto se está moviendo.

### 7.2.1.3 Brillo



**Figura N° 66.**Brillo del color rojo

Es un término que se usa para describir que tan claro u oscuro parece un color, y se refiere a la cantidad de luz percibida; el brillo se puede definir como la cantidad de "oscuridad" que tiene un color, es decir, representa lo claro u oscuro que es un color respecto de su color patrón.

### **7.3 COLORIMETRÍA**

Colorimetría es definida como la medición del color que permite que los objetos sean descritos, ordenados y comparados a través de los números, estas operaciones pueden ser llevadas a cabo en una forma lógica y repetible, para permitir una comunicación de color completa y exitosa; una comunicación de color exitosa es esencial si se quiere alcanzar un control de color industrial satisfactorio.

#### **7.3.1 ESPECTROFOTÓMETRO**



**Figura N° 67. Espectrofotómetro**

Las mediciones de las curvas espectrales de las diferentes pruebas las realizamos con la ayuda del espectrofotómetro.

El espectrofotómetro es un equipo que consta de una fuente de iluminación, que es una lámpara de gas xenón correspondiente al patrón iluminante, un portamuestras de color para ser examinado, un discriminador de longitudes de onda, una célula fotoeléctrica como detector de la luz procedente de la muestra.

El espectrofotómetro mide directamente la curva de reflectancia espectral de una muestra y la compara con un patrón definido y se utiliza para el control más estricto de calidad de color.

## 7.4 SISTEMA CIE

El software datacolor mide el color a través del sistema CIE (Comisión Internacional de Iluminación), se trata de un espacio de color tridimensional creado en 1976 por la CIE, una organización internacional dedicada a la estandarización de la definición de los colores.

### 7.4.1 CIELab

El espacio de color CIELab se define como un método de describir matemáticamente la diferencia de color entre dos muestras, es una medida principal para la mayoría de las aplicaciones de color industrial, mediante el espectrofotómetro realizamos las mediciones de espectro para cuantificar las diferencias de color, estas diferencias son usadas para aplicaciones de control de calidad, formulación y corrección de colores.

#### 7.4.1.1 Valores CIELab

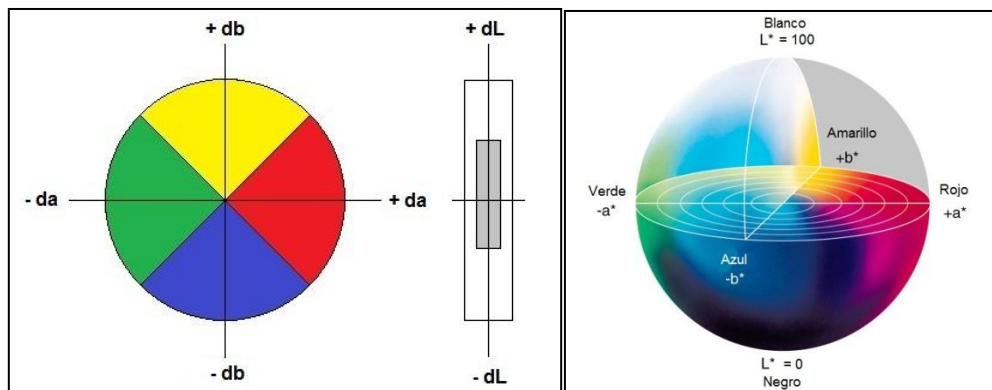
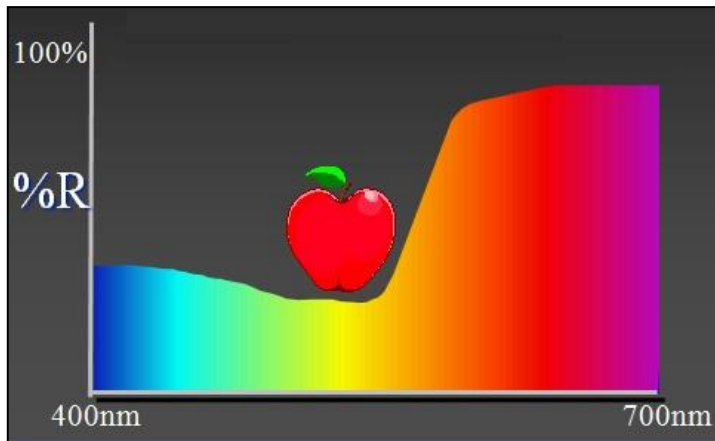


Figura N° 68. Diferencia de color CIELab

- ❖ **Da** .- En el espacio de color CIELab “a” es la diferencia de color entre el estándar y el lote medido, un valor positivo (+) para “a” significa más rojo, y si es de valor negativo (-) significa más verde.
  
- ❖ **Db** .- En el espacio de color CIELab “b” es la diferencia de color entre el estándar y el lote medido, un valor positivo (+) para “b” significa más amarillo, y si es de valor negativo (-) significa más azul.
  
- ❖ **DL** .- En el espacio de color CIELab “L” está situado en el eje de las “Y” y es la diferencia de luminosidad entre el estándar y el lote medido, un valor positivo indica que el lote medido es claro con respecto al estándar, un valor negativo indica que está más oscuro con respecto al estándar.
  
- ❖ **DC** .- En el espacio de color tridimensional este descriptor CIE es “croma”, y describe el grado de gris o saturación de una muestra con respecto al estándar. Un color brillante e intenso tiene más croma y se dice que está muy saturado, un color con croma baja es más apagado y está con baja saturación.
  
- ❖ **DH** .- En el espacio de color CIE, “H” significa “matiz”, expresado en unidades CIELab. El matiz describe lo que generalmente entendemos por el color de un objeto. El color puede describirse en términos de amarillo-verde, rojo, azul-violeta, los colores neutros como el blanco, el gris y el negro no tienen matiz, el matiz se utiliza generalmente como una de las tres dimensiones del espacio de color, junto con la luminosidad y la croma.






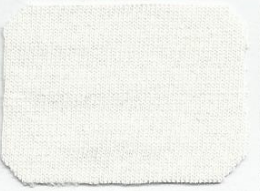
- ❖ **DE.-** Es una forma de describir la diferencia de color total entre el estándar y el lote que se está midiendo. Existen formas diferentes de calcular la DE en diferentes espacios de color, pero básicamente el valor DE se calcula a partir de la luminosidad (L) y de otros valores como croma (C) y matiz (H) o más rojo – más verde y más amarillo – más azul. El \* se usa para indicar que el valor DE a sido calculado utilizando los valores CIE Lab.
  
- ❖ **Iluminante.-** Luz que se utiliza para iluminar las muestras para la evaluación del color. Para calcular la diferencia de color, se necesitan los valores matemáticos que representan la distribución de potencia dentro del espectro del iluminante.
  
- ❖ **Iluminante D65.-** Representación matemática de la luz solar en un día nublado. La temperatura de color del iluminante D65 es 6500 kelvin.
  
- ❖ **Iluminante A.-** Representación matemática de la luz de una lámpara de tungsteno. Este es el tipo de lámpara que se utiliza normalmente en los hogares. La temperatura de color del iluminante A es de 2847 kelvin. Este iluminante tiene un color ligeramente amarillo-naranja.
  
- ❖ **Iluminante F2.-** Este iluminante se conoce como blanco frío estándar y es una representación matemática de una lámpara fluorescente con una temperatura de color de 4200 kelvin.



**Figura N° 69.**Curva espectral

- ❖ **Curvas espectrales.-** Estas curvas muestran exactamente cuanta luz es absorbida o reflejada a cada longitud de onda

### 7.5 DIFERENCIA ENTRE EL PROCESO DE DESCRUDE ENZIMÁTICO Y EL PROCESO DE DESCRUDE CONVENCIONAL

TELA CRUDA	DESCRUDE ENZIMÁTICO	DESCRUDE CONVENCIONAL	PRE-BLANQUEO
			

**Tabla N° 36.** Diferencia entre el proceso de descrude enzimático y el proceso de descrude convencional



## 7.7 DIFERENCIA DE COLOR DE LA PRUEBA N° 2 (VERDE 3349)



Tabla N° 38. Diferencia de color prueba N° 2

### 7.7.1 DIFERENCIA DE COLOR EN EL ESPACIO CIELab DE LA PRUEBA N° 2

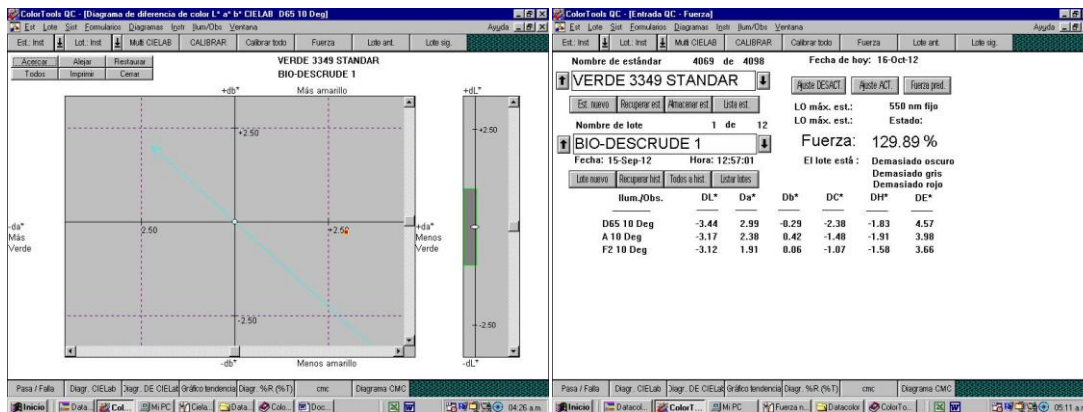


Figura N° 71. Diferencia de color en el espacio CIELab de la prueba n° 2

Fuerza : 129,89 %

El lote esta :

- ❖ Demasiado oscuro
- ❖ Demasiado gris
- ❖ Demasiado rojo

## 7.8 DIFERENCIA DE COLOR DE LA PRUEBA N° 3 (TURQUESA 7645)



Tabla N° 39. Diferencia de color prueba N° 3

### 7.8.1 DIFERENCIA DE COLOR EN EL ESPACIO CIELab DE LA PRUEBA N° 3

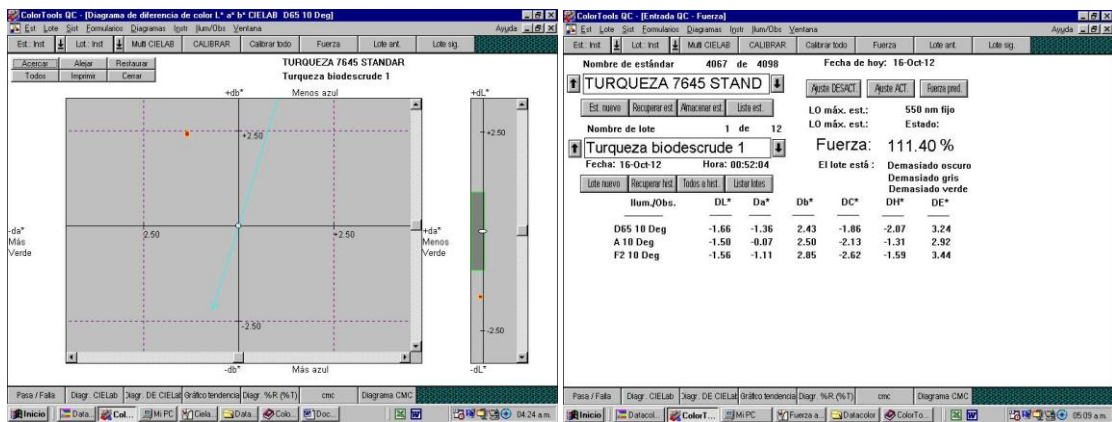


Figura N° 72. Diferencia de color en el espacio CIELab de la prueba N° 3

Fuerza: 111.4 %

El lote esta:

- ❖ Demasiado oscuro
- ❖ Demasiado gris
- ❖ Demasiado verde

## 7.9 DIFERENCIA DE COLOR DE LA PRUEBA N° 4 (NARANJA 4030)



Tabla N° 40. Diferencia de color prueba N° 4

### 7.9.1 DIFERENCIA DE COLOR EN EL ESPACIO CIELab DE LA PRUEBA N° 4

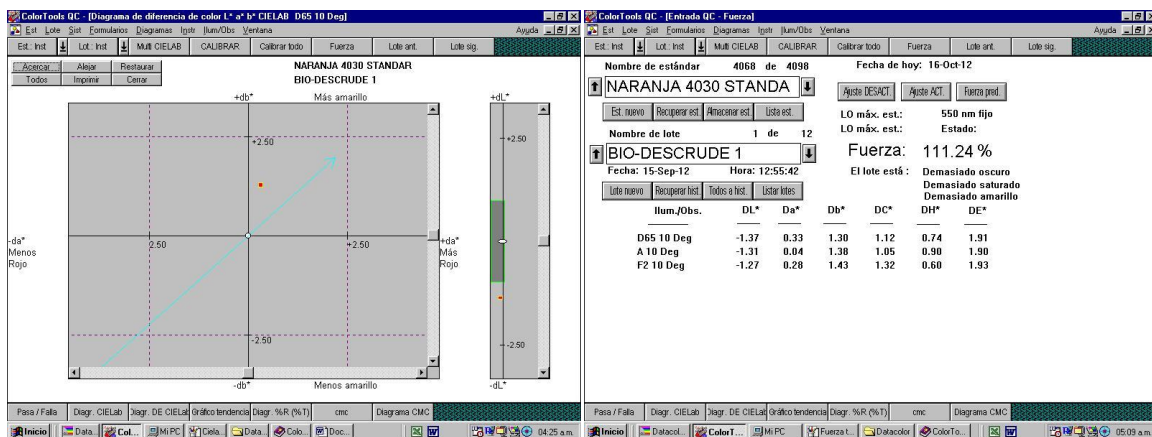


Figura N° 73. Diferencia de color en el espacio CIELab de la prueba N° 4

Fuerza: 111.24 %

El lote esta:

- ❖ Demasiado oscuro
- ❖ Demasiado saturado
- ❖ Demasiado amarillo

## 7.10 DIFERENCIA DE COLOR DE LA PRUEBA N° 5 (ROJO 6310)



Tabla N° 41. Diferencia de color prueba N° 5

### 7.10.1 DIFERENCIA DE COLOR EN EL ESPACIO CIELab DE LA PRUEBA N° 5

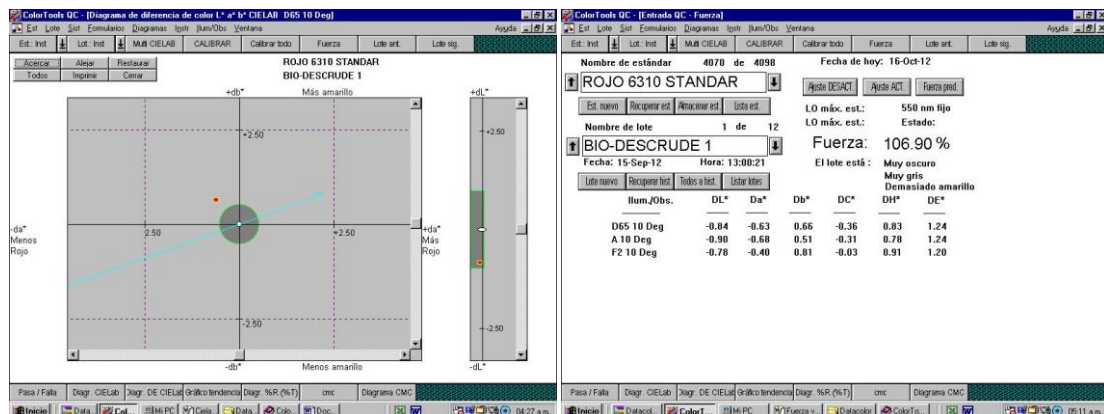


Figura N° 74. Diferencia de color en el espacio CIELab de la prueba N° 5

Fuerza: 106.9 %

El lote está:

- ❖ Muy oscuro
- ❖ Muy gris
- ❖ Demasiado amarillo

## 7.11 DIFERENCIA DE COLOR DE LA PRUEBA N° 6 (AZUL 7900)



Tabla N° 42. Diferencia de color prueba N° 6

### 7.11.1 DIFERENCIA DE COLOR EN EL ESPACIO CIELab DE LA PRUEBA N° 6

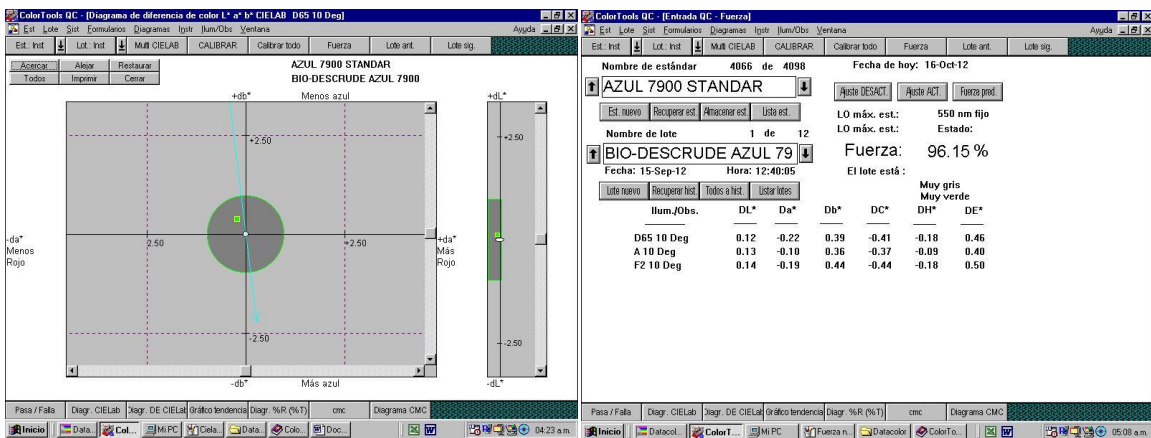


Figura N° 75. Diferencia de color en el espacio CIELab de la prueba N° 6

Fuerza: 96.15 %

El lote está:

- ❖ Muy gris
- ❖ Muy verde



## 7.12 DIFERENCIA DE COLOR DE LA PRUEBA N° 7 (NEGRO 0090)

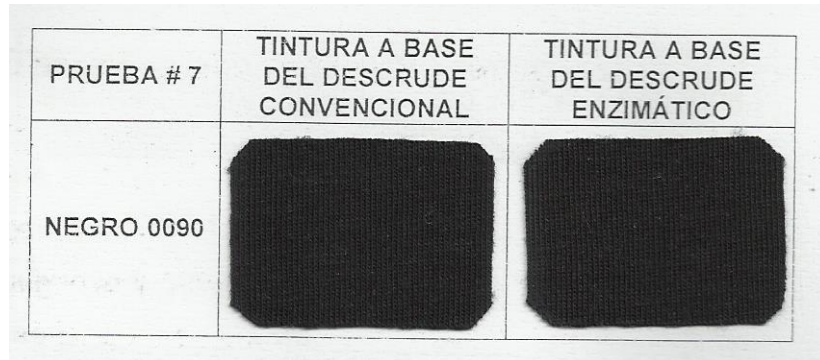


Tabla N° 43. Diferencia de color prueba N° 7

### 7.12.1 DIFERENCIA DE COLOR EN EL ESPACIO CIELab DE LA PRUEBA N° 7

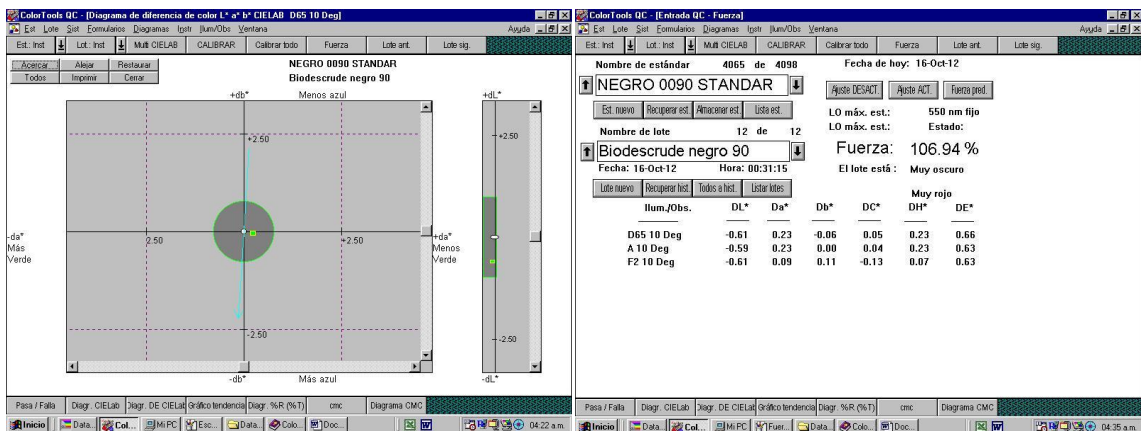


Figura N° 76. Diferencia de color en el espacio CIELab de la prueba N° 7

Fuerza: 106.94 %

El lote está:

- ❖ Muy oscuro
- ❖ Muy rojo

### **7.13 ESCALA DE GRISES AATCC PARA CAMBIO DE COLOR**

También denominada Escala de grises ISO/AATCC para cambio de color, se trata de un método instrumental basado en una valoración visual del cambio de color causado por la exposición a la luz, productos químicos, etc. AATCC define un procedimiento visual en el que un observador compara con una escala de grises la diferencia de color entre los ejemplos expuestos (prueba) y el original. La escala de grises consta de nueve pares de tonos de gris en una gama progresiva de diferencia de color, y los pares se clasifican gradualmente desde "5", para el par cuya diferencia de color es nula, hasta "1", para el par con la diferencia de color mayor. El observador busca el par cuya diferencia de color sea más parecida al ejemplo y le asigna una puntuación.

Valores graduales de escala de grises - (Ejemplo: 5, 4-5, 4, 3-4, etc.)

### **7.14 ESCALA DE GRISES AATCC PARA MANCHADO**

También denominada Escala de grises ISO/AATCC para manchado, se trata de un método instrumental basado en una valoración visual del cambio de color ocasionado por el manchado de piezas textiles no teñidas. AATCC define un procedimiento visual en el que un observador compara con una escala de grises la diferencia de color entre los ejemplos manchados (prueba) y el original. La escala de grises consta de nueve pares de tonos de gris en una gama progresiva de diferencia de color, y los pares se clasifican gradualmente desde "5", para el par cuya diferencia de color es nula, hasta "1", para el par con la diferencia de color mayor. El observador busca el par cuya diferencia de color sea más parecida al ejemplo y le asigna una puntuación.

Valores graduales de escala de grises - (Ejemplo: 5, 4-5, 4, 3-4, etc.)

### **7.15 PRUEBAS DE SOLIDEZ**

Los ensayos deben ser reproducibles, es decir, que todos los elementos que intervienen en ellos, aparato, dispositivos, productos, materias, etc., puedan ser obtenidos y/o preparados con unas garantías de similitud que permitan obtener resultados análogos trabajando en laboratorios distintos, incluso en diferentes países y realizados por personas de distinta formación.

Finalmente los ensayos deber ser lo más sencillos posibles respetando el que sean concordantes y reproducibles, o sea se procura que todo el material, dispositivos, productos, etc. que deban utilizarse sean simples y fáciles de obtener, esto no siempre es posible por cuanto un ensayo de solidez a un proceso industrial requerirá un dispositivo que imite más o menos el efecto de dicho proceso, o si se deben realizar muchos ensayos será conveniente utilizar algún sistema que permita trabajar en serie, o, como ocurre en el ensayo de solidez a la luz, sea necesario utilizar aparatos que imiten la luz solar en países no soleados.

Las pruebas de solidez que vamos a ensayar son: solidez al lavado industrial, solidez al lavado casero, solidez a la luz solar

### 7.15.1 SOLIDEZ AL LAVADO CASERO

Esta prueba consiste en realizar un lavado casero a mano diario, durante 5 días, con un detergente doméstico, el cual indica que por cada 12 litros de agua debemos utilizar 1/3 de taza de detergente, dejamos en reposo durante 2 horas antes de realizar el lavado.

TINTURAS A BASE DEL DESCRUDE CONVENCIONAL	CELESTE 79	VERDE 3349	TURQUESA 7645	NARANJA 4030	ROJO 6310	AZUL 7900	NEGRO 0090
Lavado casero # 1	5	5	4-5	4-5	5	5	5
Lavado casero # 2	4-5	4-5	4-5	4-5	5	5	5
Lavado casero # 3	4-5	4-5	4-5	4-5	5	4-5	4-5
Lavado casero # 4	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
Lavado casero # 5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
Ā	5	5	5	5	5	5	5

**Tabla N° 44.** Valores en la escala de grises para cambio de color del lavado casero en las tinturas a base del descrude convencional

TINTURAS A BASE DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO	CELESTE 79	VERDE 3349	TURQUESA 7645	NARANJA 4030	ROJO 6310	AZUL 7900	NEGRO 0090
Lavado casero # 1	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
Lavado casero # 2	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
Lavado casero # 3	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
Lavado casero # 4	4	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5
Lavado casero # 5	3-4	4-5	4	4	4-5	4-5	4-5
Ā	5	5	5	5	5	5	5

**Tabla N° 45.** Valores de la escala de grises de cambio de color del lavado casero en las pruebas de tinte a base del descruce enzimático

#### 7.15.2 SOLIDEZ AL LAVADO INDUSTRIAL

Cuando el agente que actúa sobre la muestra teñida pueda ocasionar un manchado de géneros próximos, como ocurre con el lavado industrial, se prepara una muestra compuesta formada por tres rectángulos de las mismas medidas (generalmente 30 x 30 cm), uno del tejido a ensayar y los otros dos serán tejidos blancos que colocados uno a cada lado del de color se cosen por los cuatro costados; los tejidos blancos acostumbran a ser de la misma clase de fibra que la muestra teñida, a estos tejidos blancos se les llama testigos, efectuando el ensayo, sobre estos tejidos se determina si hay manchado o descarga comparándolos con muestras de ellos sin tratar, y también comparando los testigos con la muestra de blanco original.

El método de ensayo para determinar la solidez al lavado industrial se realiza a intensidades diferentes mediante la utilización de un jabón industrial y carbonato de sodio, por lo que hay cinco tipos normalizados de lavado industrial.

Lavado	1	2	3	4	5
Jabón (g/l)	5	5	5	5	5
Carbonato de sodio (CO <sub>3</sub> Na <sub>2</sub> ) (g/l)	-	-	2	2	2
Tiempo	30 min.	45 min.	30 min.	30 min.	4 horas
Temperatura (°C)	40	50	60	95	95

**Tabla N° 46.** Ensayos de solidez al lavado industrial

A continuación describiremos el ensayo de lavado N° 1 como ejemplo para que se conozca la forma operativa:

Si la muestra a ensayar es de tejido se toma un rectángulo de 30 x 30 cm. que se coloca entre dos tejidos blancos de las mismas dimensiones, de la misma clase de fibra, cosiéndose los tres a lo largo de los cuatro lados del rectángulo



**Figura N° 77.** Muestra para ensayo a la solidez al lavado industrial

Se coloca la muestra en un recipiente de la máquina de lavar junto con la solución de detergente en relación de baño 1:50, el detergente que utilizamos es domestico.

Se pone la máquina en marcha y se trata durante 30 minutos a 40° C, transcurrido este tiempo se saca la muestra, se enjuaga durante 10 minutos en agua, se escurre, se deshacen las costuras de tres lados y se seca al aire a temperatura inferior a 60°C.

Se valora la degradación de la muestra respecto a la original, así como el manchado de los testigos, con ayuda de las correspondientes escalas de grises.

A continuación se muestra la tabla de resumen de los resultados obtenidos mediante la escala de grises de los lavados industriales tanto de las pruebas de tintura mediante el proceso de descrude convencional como de las pruebas de tintura mediante el proceso de descrude enzimático.

TINTURAS A BASE DEL DESCRUDE CONVENCIONAL	CELESTE 79	VERDE 3349	TURQUEZA 7645	NARANJA 4030	ROJO 6310	AZUL 7900	NEGRO 0090
Lavado industrial # 1	3-4	4	4	4-5	4-5	4-5	4-5
Lavado industrial # 2	3	4	4	4	4-5	4-5	4-5
Lavado industrial # 3	3-4	4-5	4	4	4-5	4-5	4-5
Lavado industrial # 4	2-3	4	4-5	4	4-5	4	4-5
Lavado industrial # 5	2-3	4	4-5	3-4	4	4	4-5
Ā	3	4	4	4	5	5	5

**Tabla N° 47.** Valores de solidez al lavado industrial en la escala de grises para cambio de color de las pruebas de tintura a base del descrude convencional

TINTURAS A BASE DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO	CELESTE 79	VERDE 3349	TURQUESA 7645	NARANJA 4030	ROJO 6310	AZUL 7900	NEGRO 0090
Lavado industrial # 1	4	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5
Lavado industrial # 2	4	4-5	4	4	4-5	5	5
Lavado industrial # 3	3	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5
Lavado industrial # 4	3	4	4-5	4	4-5	4	5
Lavado industrial # 5	2-3	3-4	4	3	4	3-4	4-5
Ā	3	4	4	4	5	5	5

**Tabla N° 48.** Valores de solidez al lavado industrial en la escala de grises para cambio de color de las pruebas de tintura a base del descrude enzimático

TINTURAS A BASE DEL DESCRUDE CONVENCIONAL	CELESTE 79	VERDE 3349	TURQUESA 7645	NARANJA 4030	ROJO 6310	AZUL 7900	NEGRO 0090
Lavado industrial # 1	5	5	4-5	5	4-5	4-5	4
Lavado industrial # 2	5	4-5	4	5	4	4	3-4
Lavado industrial # 3	5	4	4-5	4-5	3-4	4	2
Lavado industrial # 4	4-5	3-4	3-4	3-4	2	2-3	2
Lavado industrial # 5	3	3	3	2-3	1-2	1-2	1
<b>X</b>	5	4	4	4	3	3	2

**Tabla N° 49.** Valores de solidez al lavado industrial en la escala de grises para manchado de las pruebas de tintura a base del descrude convencional

TINTURAS A BASE DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO	CELESTE 79	VERDE 3349	TURQUESA 7645	NARANJA 4030	ROJO 6310	AZUL 7900	NEGRO 0090
Lavado industrial # 1	5	4-5	4-5	5	4-5	4-5	4-5
Lavado industrial # 2	5	4-5	4	5	4-5	4-5	4-5
Lavado industrial # 3	5	4	4	4-5	3-4	3-4	2-3
Lavado industrial # 4	4-5	3-4	3-4	3-4	2-3	2-3	1-2
Lavado industrial # 5	4-5	3	3	2	1-2	1-2	1
<b>X</b>	5	4	4	4	4	4	3

**Tabla N° 50.** Valores en la escala de grises para manchado de las pruebas de tintura a base del descrude enzimático

### 7.15.3 SOLIDEZ A LA LUZ SOLAR

En el ensayo de solidez a la luz de una muestra coloreada influyen una serie de factores, los principales son la iluminación, debe tenerse en cuenta que si bien la mayor fuente luminosa es el sol, la cantidad y calidad de radiación solar recibida por una muestra coloreada depende no sólo de la fuente luminosa en sí, sino también de la latitud geográfica y de las condiciones atmosféricas, como temperatura y humedad.

Esta prueba afecta solo a la muestra teñida se prepara una muestra simple constituida generalmente por un rectángulo de dimensiones del orden de 30 x 30 cm, sobre esta se efectuará el ensayo por el lapso de 30 días a la luz del sol y por comparación con el original determinaremos la degradación sufrida del color.

EXPOSICIÓN AL SOL	CELESTE 79	VERDE 3349	TURQUESA 7645	NARANJA 4030	ROJO 6310	AZUL 7900	NEGRO 0090
Tintura a base del descruce convencional	4	3-4	4-5	3-4	4	3-4	4-5
Tintura a base del descruce enzimático	3-4	3	4-5	3-4	4	3	4-5

**Tabla N° 51.** Valores de solidez a la luz solar en la escala de grises para cambio de color de las pruebas de tintura expuestas al sol

### 7.16 EVALUACIÓN DEL GRAMAJE DE LAS PRUEBAS TINTURADAS

	CELESTE 79 (gr/cm <sup>2</sup> )	VERDE 3349 (gr/cm <sup>2</sup> )	TURQUESA 7645 (gr/cm <sup>2</sup> )	NARANJA 4030 (gr/cm <sup>2</sup> )	ROJO 6310 (gr/cm <sup>2</sup> )	AZUL 7900 (gr/cm <sup>2</sup> )	NEGRO 0090 (gr/cm <sup>2</sup> )
DESCRUDE CONVENCIONAL	1.45	1.49	1.48	1.46	1.48	1.49	1.49
DESCRUDE ENZIMÁTICO	1.47	1.51	1.50	1.48	1.53	1.51	1.52

**Tabla N° 52.** Gramaje de las pruebas tinturadas



## 7.17 ANÁLISIS DE COSTOS

### 7.17.1 COSTO DE LA TINTURA DE LA PRUEBA N° 1 (CELESTE 79) MEDIANTE EL PROCESO DE DESCRUDE CONVENCIONAL Y PRE-BLANQUEO

HOJA DE CONSUMO DE QUÍMICOS					
Material :	Jersey H30/1 Ne		R / B :	8	
Peso :	253 kg.		Baño :	2024 lt.	
Color :	Celeste 79		Máquina:	T5	
DESCRUDE CONVENCIONAL					
PRODUCTOS	%	g/l	TOTAL (Kg)	COSTO/Kg (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Invadina DA		0,5	1,012	4,65	4,70
Cibaflow Jet		0,5	1,012	6,68	6,76
Cibafluid C		2	4,048	1,50	6,07
Disprosec KG		2	4,048	2,10	8,50
Silvatol FLE		2	4,048	2,64	10,68
Euroquest		2	4,048	2,08	8,41
Sosa Cáustica		3	6,072	0,79	4,79
PRE-BLANQUEO QUÍMICO					
Cibaflow Jet		0,5	1,012	6,68	6,76
Cibafluid C		2	4,048	1,50	6,07
Disprosec KG		2	4,048	2,10	8,50
Silvatol FLE		2	4,048	2,64	10,686
Tinoclarit		0,5	1,012	0,73	0,73
Sosa cáustica		1	2,024	0,79	1,59
Agua Oxigenada		3	6,072	0,95	5,76
killerox		0,5	1,012	2,94	2,97
TINTURA					
Euroquest		2	4,048	2,08	8,41
Cibacel DBC		2	4,048	2,57	10,40
Cibacel LD		2	4,048	1,65	6,67
AZULBte. FNG	0.09		0,228	58,58	13,35
ROJO FN2BL	0.042		0,106	30,50	3,23
Sulfato de sodio		30	60,72	0,33	20,03
Carbonato de sodio		6	12,14	0,53	6,43
JABONADO					
Eriopón R		0.5	1,012	6,16	6,23
FIJADO					
Tinofix Eco	2		5,060	2,72	13,76
SUAVIZADO					
Ultratex HT	4		10,120	4,02	40,68
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>222,28</b>

Tabla N° 53. Costos de la tintura a base del descrude convencional de la prueba N° 1

7.17.2 COSTO DE LA TINTURA DE LA PRUEBA N° 1 (CELESTE 79) MEDIANTE EL PROCESO DE DESCRUDE ENZIMÁTICO

HOJA DE CONSUMO DE QUÍMICOS					
Material :	Jersey H30/1 Ne		R / B :	8	
Peso :	253 kg		Baño :	2024 lt.	
Color :	Celeste 79		Máquina :	T5	
DESCRUDE ENZIMÁTICO					
PRODUCTOS	%	g/l	TOTAL (Kg)	COSTO/Kg (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Invadina DA		0.5	1,012	4,65	4,70
Cibaflow Jet		0.5	1,012	6,68	6,76
Cibafluid C		2	4,048	1,50	6,02
Disprosec KG		2	4,048	2,10	8,50
Silvatol FLE		2	4,048	2,64	10,68
Euroquest		2	4,048	2,08	8,41
<b>Pectato liasa</b>	<b>0.8</b>		2,024	5	10,12
Carbonato de sodio		0.1	0,202	0,53	0,10
TINTURA					
Euroquest		2	4,048	2,08	8,41
Cibacel DBC		2	4,048	2,57	10,40
Cibacel LD		2	4,048	1,65	6,67
Azul Bte. FNG	0.09		0,228	58,58	13,35
Rojo FN2BL	0.042		0,106	<b>30,50</b>	3,23
Sulfato de sodio		30	60,72	0,33	20,03
Carbonato de sodio		6	12,14	0,53	6,43
JABONADO					
Eriopón R		0.5	1,012	6,16	6,23
FIJADO					
Tinofix Eco	2		5,060	2,72	13,76
SUAVIZADO					
Ultratex HT	4		10,120	4,02	40,68
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>184,61</b>

Tabla N° 54. Costos de la tintura a base de descruce enzimático de la prueba N° 1

**7.17.3 COSTO DE LA TINTURA DE LA PRUEBA N° 2 (VERDE 3349) MEDIANTE EL PROCESO DE DESCRUDE CONVENCIONAL Y PRE-BLANQUEO**

<b>HOJA DE CONSUMO DE QUÍMICOS</b>					
<b>Material :</b>	Jersey H30/1 Ne		<b>R / B:</b>	8	
<b>Peso :</b>	268 kg		<b>Baño:</b>	2144 lt	
<b>Color :</b>	Verde 3349		<b>Máquina:</b>	T5	
<b>DESCRUDE CONVENCIONAL</b>					
PRODUCTOS	%	g/l	TOTAL (Kg)	COSTO/Kg (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Invadina DA		0.5	1,072	4,65	4,98
Cibaflow Jet		0.5	1,072	6,68	7,16
Cibafluid C		2	4,288	1,50	6,43
Disprosec KG		2	4,288	2,10	9,00
Silvatol FLE		2	4,288	2,64	11,32
Euroquest		2	4,288	2,08	8,91
Sosa Cáustica		3	6,43	0,79	5,07
<b>PRE-BLANQUEO QUÍMICO</b>					
Cibaflow Jet		0.5	1,072	6,68	7,14
Cibafluid C		2	4,288	1,50	6,43
Disprosec KG		2	4,288	2,10	9,00
Silvatol FLE		2	4,288	2,64	11,32
Estabilizador		0.5	1,072	0,73	0,78
Sosa cáustica		1	2,14	0,79	1,69
Agua Oxigenada		3	6,43	0,95	6,10
Catalasa		0.5	1,07	2,94	3,14
<b>TINTURA</b>					
Euroquest		2	4,288	2,08	8,91
Cibacel DBC		2	4,288	2,57	11,02
Cibacel LD		2	4,288	1,65	7,07
Amarillo C5G	0.862		2,310	56,06	129,49
Azul Bte. FNG	0.032		0,086	58,50	5,03
Turqueza HGN	0.395		1,059	10,61	11,23
Sulfato de sodio		60	128,64	0,33	42,45
Carbonato de sodio		6	12,864	0,53	6,81
Sosa cáustica		1	2,144	0,79	1,69
<b>JABONADO</b>					
Eriopón R		1	2,144	6,16	13,20
<b>FIJADO</b>					
Tinofix Eco	4		10,720	2,72	29,15
<b>SUAVIZADO</b>					
Ultratex HT	4		10,720	4,02	43,09
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>407,71</b>

**Tabla N° 55.**Costos de la tintura a base del descrude convencional de la prueba N° 2

**7.17.4 COSTO DE LA TINTURA DE LA PRUEBA N° 2 (VERDE 3349) MEDIANTE EL PROCESO DE DESCRUDE ENZIMÁTICO**

HOJA DE CONSUMO DE QUÍMICOS					
Material :	Jersey H30/1 Ne	R / B :	8		
Peso :	268 kg	Baño :	2144 lt		
Color :	Verde 3349	Máquina :	T5		
DESCRUDE ENZIMÁTICO					
PRODUCTOS	%	g/l	TOTAL (Kg)	COSTO/Kg (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Invadina DA		0.5	1,072	4,65	4,98
Cibaflow Jet		0.5	1,072	6,68	7,16
Cibafluid C		2	4,288	1,50	6,43
Disprosec KG		2	4,288	2,10	9,00
Silvatol FLE		2	4,288	2,64	11,32
Euroquest		2	4,288	2,08	8,91
<b>Pectato liasa</b>	<b>0.8</b>		2,144	5	10,72
Carbonato de sodio		0.1	0,214	0,53	0,11
TINTURA					
Euroquest		2	4,288	2,08	8,91
Cibacel DBC		2	4,288	2,57	11,02
Cibacel LD		2	4,288	1,65	7,07
Amarillo C5G	0.862		2,310	56,06	129,49
Azul Bte. FNG	0.032		0,086	58,50	5,03
Turqueza HGN	0.395		1,059	10,61	11,23
Sulfato de sodio		60	128,64	0,33	42,45
Carbonato de sodio		6	12,864	0,53	6,81
Sosa cáustica		1	2,144	0,79	1,69
JABONADO					
Eriopón R		1	2,144	6,16	13,20
FIJADO					
Tinofix Eco	4		10,720	2,72	29,15
SUAVIZADO					
Ultratex HT	4		10,720	4,02	43,09
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>367,85</b>

**Tabla N° 56.** Costos de la tintura a base del descruce enzimático de la prueba N° 2

**7.17.5 COSTO DE LA TINTURA DE LA PRUEBA N° 3 (TURQUESA 7645) MEDIANTE EL PROCESO DE DESCRUDE CONVENCIONAL Y PRE-BLANQUEO**

<b>HOJA DE CONSUMO DE QUÍMICOS</b>					
<b>Material :</b>	Jersey H30/1 Ne			<b>R / B :</b>	8
<b>Peso :</b>	241 kg			<b>Baño :</b>	1928 lt
<b>Color :</b>	Turquesa 7645			<b>Máquina :</b>	T5
<b>DESCRUDE CONVENCIONAL</b>					
PRODUCTOS	%	g/l	TOTAL (Kg)	COSTO/Kg (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Invadina DA		0.5	0,96	4,65	4,46
Cibaflow Jet		0.5	0,96	6,68	6,41
Cibafluid C		2	3,856	1,50	5,78
Disprosec KG		2	3,856	2,10	8,09
Silvatol FLE		2	3,856	2,64	10,17
Euroquest		2	3,856	2,08	8,02
Sosa Cáustica		3	5,78	0,79	4,56
<b>PRE- BLANQUEO QUÍMICO</b>					
Cibaflow Jet		0.5	0,96	6,68	6,41
Cibafluid C		2	3,856	1,50	5,78
Disprosec KG		2	3,856	2,10	8,09
Silvatol FLE		2	3,856	2,64	10,17
Estabilizador		0.5	0,96	0,73	0,70
Sosa cáustica		1	1,93	0,79	1,52
Agua Oxigenada		3	5,78	0,95	5,49
Catalasa		0.5	0,96	2,94	2,82
<b>TINTURA</b>					
Euroquest		2	3,856	2,08	8,02
Cibacel DBC		2	3,856	2,57	9,90
Cibacel LD		2	3,856	1,65	6,36
Amarillo C5G	0.08 9		0,215	56,06	12,05
Azul Bte. FNG	2.4		5,784	58,50	338,36
Sulfato de sodio		60	115,68	0,33	38,17
Carbonato de sodio		6	11,568	0,53	6,13
Sosa cáustica		1	1,928	0,79	1,52
<b>JABONADO</b>					
Eriopón		1	1,928	6,16	11,87
<b>FIJADO</b>					
Tinofix	4		9,640	2,72	26,22
<b>SUAVIZADO</b>					
Ultratex HT	4		9,640	4,02	38,75
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>585,92</b>

Tabla N° 57. Costos de la tintura a base del descrude convencional de la prueba N° 3

7.17.6 COSTO DE LA TINTURA DE LA PRUEBA N° 3 (TURQUESA 7645) MEDIANTE EL PROCESO DE DESCRUDE ENZIMÁTICO

HOJA DE CONSUMO DE QUÍMICOS					
Material :	Jersey H30/1 Ne	R / B :	8		
Peso :	241 kg	Baño :	1928 lt		
Color :	Turquesa 7645	Máquina :	T5		
DESCRUDE ENZIMÁTICO					
PRODUCTOS	%	g/l	TOTAL (Kg)	COSTO/Kg (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Invadina DA		0.5	0,964	4,65	4,48
Cibaflow Jet		0.5	0,964	6,68	6,43
Cibafluid C		2	3,856	1,50	5,78
Disprosec KG		2	3,856	2,10	8,09
Silvatol FLE		2	3,856	2,64	10,17
Euroquest		2	3,856	2,08	8,02
<b>Pectato liasa</b>	<b>0.7</b>		1,687	5	8,43
Carbonato de sodio		0.1	0,192	0,53	0,101
TINTURA					
Euroquest		2	3,856	2,08	8,02
Cibacel DBC		2	3,856	2,57	9,90
Cibacel LD		2	3,856	1,65	6,36
Amarillo C5G	0.089		0,215	56,06	12,05
Azul Bte. FNG	2.4		5,784	58,50	338,36
Sulfato de sodio		60	115,68	0,33	38,17
Carbonato de sodio		6	11,568	0,53	6,13
Sosa cáustica		1	1,928	0,79	1,52
JABONADO					
Eriopón		1	1,928	6,16	11,87
FIJADO					
Tinofix	4		9,640	2,72	26,22
SUAVIZADO					
Ultratex HT	4		9,640	4,02	38,75
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>548,92</b>

Tabla N° 58. Costos de la tintura a base del descrude enzimático de la prueba N° 3

**7.17.7 COSTO DE LA TINTURA DE LA PRUEBA N° 4 (NARANJA 4030) MEDIANTE EL PROCESO DE DESCRUDE CONVENCIONAL Y PRE-BLANQUEO**

<b>HOJA DE CONSUMO DE QUÍMICOS</b>					
<b>Material :</b>	Jersey H30/1 Ne	<b>R / B :</b>	8		
<b>Peso :</b>	285 kg	<b>Baño :</b>	2280 lt		
<b>Color :</b>	Naranja 4030	<b>Máquina :</b>	T5		
<b>DESCRUDE CONVENCIONAL</b>					
PRODUCTOS	%	g/l	TOTAL (Kg)	COSTO/Kg (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Invadina DA		0.5	1,14	4,65	5,30
Cibaflow Jet		0.5	1,14	6,68	7,61
Cibafluid C		2	4,56	1,50	6,84
Disprosec KG		2	4,56	2,10	9,57
Silvatol FLE		2	4,56	2,64	12,03
Euroquest		2	4,56	2,08	9,48
Sosa Cáustica		3	6,84	0,79	5,40
<b>PRE-BLANQUEO QUÍMICO</b>					
Cibaflow Jet		0.5	1,14	6,68	7,61
Cibafluid C		2	4,56	1,50	6,84
Disprosec KG		2	4,56	2,10	9,57
Silvatol FLE		2	4,56	2,64	12,03
Estabilizador		0.5	1,14	0,73	0,83
Sosa cáustica		1	2,28	0,79	1,80
Agua Oxigenada		3	6,84	0,95	6,49
Catalasa		0.5	1,14	2,94	3,35
<b>TINTURA</b>					
Euroquest		2	4,56	2,08	9,48
Cibacel DBC		2	4,56	2,57	11,71
Cibacel LD		2	4,56	1,65	7,52
Marino SG	0.009		0,026	15,14	0,393
Naranja W3R	0.808		2,303	18,91	43,54
Rojo Deep SB	0.208		0,593	19,91	11,80
Sulfato de sodio		60	136,8	0,33	45,14
Carbonato de sodio		66	13,68	0,53	7,25
Sosa cáustica		1	2,28	0,79	1,80
<b>JABONADO</b>					
Eriopón		1	2,28	6,16	14,04
<b>FIJADO</b>					
Tinofix	4		11,40	2,72	31,00
<b>SUAVIZADO</b>					
Ultratex HT	4		11,40	4,02	45,82
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>334,36</b>

**Tabla N° 59.**Costos de la tintura a base del descrude convencional de la prueba N° 4

7.17.8 COSTO DE LA TINTURA DE LA PRUEBA N° 4 (NARANJA 4030) MEDIANTE EL PROCESO DE DESCRUDE ENZIMÁTICO

HOJA DE CONSUMO DE QUÍMICOS					
Material :	Jersey H30/1 Ne	R / B :	8		
Peso :	285 kg	Baño :	2280 lt		
Color :	Naranja 4030	Máquina :	T5		
DESCRUDE ENZIMÁTICO					
PRODUCTOS	%	g/l	TOTAL (Kg)	COSTO/Kg (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Invadina DA		0.5	1,14	4,65	5,30
Cibaflow Jet		0.5	1,14	6,68	7,61
Cibafluid C		2	4,56	1,50	6,84
Disprosec KG		2	4,56	2,10	9,57
Silvatol FLE		2	4,56	2,64	12,03
Euroquest		2	4,56	2,08	9,48
<b>Pectato liasa</b>	<b>0.7</b>		1,995	5	9,97
Carbonato de sodio		0.1	0,228	0,53	0,12
TINTURA					
Euroquest		2	4,56	2,08	9,48
Cibacel DBC		2	4,56	2,57	11,71
Cibacel LD		2	4,56	1,65	7,52
Marino SG	0.009		0,026	15,14	0,393
Naranja W3R	0.808		2,303	18,91	43,54
Rojo Deep SB	0.208		0,593	19,91	11,80
Sulfato de sodio		60	136,8	0,33	45,14
Carbonato de sodio		66	13,68	0,53	7,25
Sosa cáustica		1	2,28	0,79	1,80
JABONADO					
Eriopón		1	2,28	6,16	14,04
FIJADO					
Tinofix	4		11,40	2,72	31,00
SUAVIZADO					
Ultratex HT	4		11,40	4,02	45,82
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>290,50</b>

Tabla N° 60. Costos de la tintura a base del descrude enzimático de la prueba N° 4



**7.17.9 COSTO DE LA TINTURA DE LA PRUEBA N° 5 (ROJO 6310) MEDIANTE EL PROCESO DE DESCRUDE CONVENCIONAL Y PRE-BLANQUEO**

<b>HOJA DE CONSUMO DE QUÍMICOS</b>					
<b>Material :</b>	Jersey H30/1 Ne	<b>R / B :</b>	8		
<b>Peso :</b>	262 kg	<b>Baño :</b>	2096 lt		
<b>Color :</b>	Rojo 6310	<b>Máquina :</b>	T5		
<b>DESCRUCHE CONVENCIONAL</b>					
PRODUCTOS	%	g/l	TOTAL (Kg)	COSTO/Kg (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Invadina DA		0.5	1,05	4,65	4,88
Cibaflow Jet		0.5	1,05	6,68	7,01
Cibafluid C		2	4,192	1,50	6,28
Disprosec KG		2	4,192	2,10	8,80
Silvatol FLE		2	4,192	2,64	11,06
Euroquest		2	4,192	2,08	8,71
Sosa Cáustica		3	6,29	0,79	4,96
<b>PRE-BLANQUEO QUÍMICO</b>					
Cibaflow Jet		0.5	1,05	6,68	7,01
Cibafluid C		2	4,192	1,50	6,28
Disprosec KG		2	4,192	2,10	8,80
Silvatol FLE		2	4,192	2,64	11,06
Estabilizador		0.5	1,05	0,73	0,76
Sosa cáustica		1	2,09	0,79	1,65
Agua Oxigenada		3	6,29	0,95	5,97
Catalasa		0.5	1,05	2,94	3,08
<b>TINTURA</b>					
Euroquest		2	4,192	2,08	8,71
Cibacel DBC		2	4,192	2,57	10,77
Cibacel LD		2	4,192	1,65	6,91
Azul Osc. SGL	0.003		0,008	19,95	0,15
CherryDeep SD	1.573		4,121	20,50	84,48
Orange Deep S4R	0.334		0,875	16,60	14,52
Sulfato de sodio		60	125,76	0,33	41,50
Carbonato de sodio		6	12,576	0,53	6,66
Sosa cáustica		1	2,096	0,79	1,65
<b>JABONADO</b>					
Eriopón R		1	2,096	6,16	12,91
<b>FIJADO</b>					
Tinofix Eco	4		10,48	2,72	28,50
<b>SUAVIZADO</b>					
Ultratex HT	4		10,48	4,02	42,12
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>355,33</b>

**Tabla N° 61.**Costos de la tintura a base del descrude convencional de la prueba N° 5

7.17.10 COSTO DE LA TINTURA DE LA PRUEBA N° 5 (ROJO 6310) MEDIANTE EL PROCESO DE DESCRUDE ENZIMÁTICO

HOJA DE CONSUMO DE QUÍMICOS					
Material :	Jersey H30/1 Ne		R / B :	8	
Peso :	262 kg		Baño :	2096 lt	
Color :	Rojo 6310		Máquina :	T5	
DESCRUDE ENZIMÁTICO					
PRODUCTOS	%	g/l	TOTAL (Kg)	COSTO/Kg (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Invadina DA		0.5	1,048	4,65	4,87
Cibaflow Jet		0.5	1,048	6,68	7,00
Cibafluid C		2	4,192	1,50	6,28
Disprosec KG		2	4,192	2,10	8,80
Silvatol FLE		2	4,192	2,64	11,06
Euroquest		2	4,192	2,08	8,71
<b>Pectato liasa</b>	<b>0.6</b>		1,572	5	7,86
Carbonato de sodio		0.1	0,209	0,53	0,11
TINTURA					
Euroquest		2	4,192	2,08	8,71
Cibacel DBC		2	4,192	2,57	10,77
Cibacel LD		2	4,192	1,65	6,91
Azul Osc. SGL	0.003		0,008	19,95	0,15
CherryDeep SD	1.573		4,121	20,50	84,48
Orange Deep S4R	0.334		0,875	16,60	14,52
Sulfato de sodio		60	125,76	0,33	41,50
Carbonato de sodio		6	12,576	0,53	6,66
Sosa cáustica		1	2,096	0,79	1,65
JABONADO					
Eriopón		1	2,096	6,16	12,91
FIJADO					
Tinofix	4		10,48	2,72	28,50
SUAVIZADO					
Ultratex HT	4		10,48	4,02	42,12
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>313,66</b>

Tabla N° 62. Costos de la tintura a base del descrude enzimático de la prueba N° 5

**7.17.11 COSTO DE LA TINTURA DE LA PRUEBA N° 6 (AZUL 7900) MEDIANTE EL PROCESO DE DESCRUDE CONVENCIONAL Y PRE-BLANQUEO**

<b>HOJA DE CONSUMO DE QUÍMICOS</b>					
<b>Material :</b>	Jersey H30/1 Ne	<b>R / B :</b>	8		
<b>Peso :</b>	240 Kg	<b>Baño :</b>	1920 lt		
<b>Color :</b>	Azul 7900	<b>Máquina :</b>	T5		
<b>DESCRUDE CONVENCIONAL</b>					
PRODUCTOS	%	g/l	TOTAL (Kg)	COSTO/Kg (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Invadina DA		0.5	0,96	4,65	4,46
Cibaflow Jet		0.5	0,96	6,68	6,41
Cibafluid C		2	3,84	1,50	5,76
Disprosec KG		2	3,84	2,10	8,06
Silvatol FLE		2	3,84	2,64	10,13
Euroquest		2	3,84	2,08	7,98
Sosa Cáustica		3	5,76	0,79	4,55
<b>PRE-BLANQUEO QUÍMICO</b>					
Cibaflow Jet		0.5	0,96	6,68	6,41
Cibafluid C		2	3,84	1,50	5,76
Disprosec KG		2	3,84	2,10	8,06
Silvatol FLE		2	3,84	2,64	10,13
Estabilizador		0.5	0,96	0,73	0,70
Sosa cáustica		1	1,92	0,79	1,51
Agua Oxigenada		3	5,76	0,95	5,47
Catalasa		0.5	0,96	2,94	2,82
<b>TINTURA</b>					
Euroquest		2	3,84	2,08	7,98
Cibacel DBC		2	3,84	2,57	9,86
Cibacel LD		2	3,84	1,65	6,33
Azul Osc. WR	1.517		3,641	18,34	66,77
Negro WNN	2.005		4,812	11,29	54,32
Rojo SB	0.362		0,869	13,31	11,56
Sulfato de sodio		80	153,6	0,33	50,68
Carbonato de sodio		7	13,44	0,53	7,12
Sosa cáustica		1	1,92	0,79	1,51
<b>JABONADO</b>					
Eriopón		1	1,92	6,16	11,82
<b>FIJADO</b>					
Tinofix	4		9,60	2,72	26,11
<b>SUAVIZADO</b>					
Ultratex HT	4		9,60	4,02	38,59
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>380,98</b>

Tabla N° 63. Costos de la tintura a base del descrude convencional de la prueba N° 6

**7.17.12 COSTO DE LA TINTURA DE LA PRUEBA N° 6 (AZUL 7900) MEDIANTE EL PROCESO DE DESCRUDE ENZIMÁTICO**

<b>HOJA DE CONSUMO DE QUÍMICOS</b>					
<b>Material :</b>	Jersey H30/1 Ne	<b>R / B :</b>	8		
<b>Peso :</b>	240 kg	<b>Baño :</b>	1920 lt		
<b>Color :</b>	Azul 7900	<b>Máquina :</b>	T5		
<b>DESCRUDE ENZIMÁTICO</b>					
PRODUCTOS	%	g/l	TOTAL (Kg)	COSTO/Kg (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Invadina DA		0.5	0,96	4,65	4,46
Cibaflow Jet		0.5	0,96	6,68	6,41
Cibafluid C		2	3,84	1,50	5,76
Disprosec KG		2	3,84	2,10	8,06
SilvatoI FLE		2	3,84	2,64	10,13
Euroquest		2	3,84	2,08	7,98
<b>Pectato liasa</b>	<b>0.5</b>		1,2	5	6,00
Carbonato de sodio		0.1	0,2	0,53	0,106
<b>TINTURA</b>					
Euroquest		2	3,84	2,08	7,98
Cibacel DBC		2	3,84	2,57	9,86
Cibacel LD		2	3,84	1,65	6,33
Azul Osc. WR	1.517		3,641	18,34	66,77
Negro WNN	2.005		4,812	11,29	54,32
Rojo SB	0.362		0,869	13,31	11,56
Sulfato de sodio		80	153,6	0,33	50,68
Carbonato de sodio		7	13,44	0,53	7,12
Sosa cáustica		1	1,92	0,79	1,51
<b>JABONADO</b>					
Eriopón		1	1,92	6,16	11,82
<b>FIJADO</b>					
Tinofix	4		9,60	2,72	26,11
<b>SUAVIZADO</b>					
Ultratex HT	4		9,60	4,02	38,59
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>341,65</b>

**Tabla N° 64.** Costos de la tintura a base del descrude enzimático de la prueba N° 6

**7.17.13 COSTO DE LA TINTURA DE LA PRUEBA N° 7 (NEGRO 0090) MEDIANTE EL PROCESO DE DESCRUDE CONVENCIONAL Y PRE-BLANQUEO**

<b>HOJA DE CONSUMO DE QUÍMICOS</b>					
<b>Material :</b>	Jersey H30/1 Ne	<b>R / B :</b>	8		
<b>Peso :</b>	327 kg	<b>Baño :</b>	2616 lt		
<b>Color :</b>	Negro 0090	<b>Máquina :</b>	T5		
<b>DESCRUDE CONVENCIONAL</b>					
PRODUCTOS	%	g/l	TOTAL (Kg)	COSTO/Kg (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Invadina DA		0.5	1,31	4,65	6,09
Cibaflow Jet		0.5	1,31	6,68	8,75
Cibafluid C		2	5,23	1,50	7,84
Disprosec KG		2	5,23	2,10	10,98
Silvatol FLE		2	5,23	2,64	13,80
Euroquest		2	5,23	2,08	10,87
Sosa Cáustica		3	7,85	0,79	6,20
<b>PRE-BLANQUEO QUÍMICO</b>					
Cibaflow Jet		0.5	1,31	6,68	8,75
Cibafluid C		2	5,23	1,50	7,84
Disprosec KG		2	5,23	2,10	10,98
Silvatol FLE		2	5,23	2,64	13,80
Tinoclarit		0.5	1,31	0,73	0,95
Sosa cáustica		1	2,61	0,79	2,06
Agua Oxigenada		3	7,85	0,95	7,45
Killerox		0.5	1,31	2,94	3,85
<b>TINTURA</b>					
Euroquest		2	5,232	2,08	10,88
Cibacel DBC		2	5,232	2,57	13,44
Cibacel LD		2	5,232	1,65	8,63
Naranja W3R	0.0103		0,034	18,91	0,64
Negro WNN	8.686		28,403	11,29	320,66
Sulfato de sodio		90	235,44	0,33	77,69
Carbonato de sodio		7	18,312	0,53	9,70
Sosa cáustica		1	2,616	0,79	2,06
<b>JABONADO</b>					
Eriopón		1	2,616	6,16	16,11
<b>FIJADO</b>					
Tinofix	4		13,08	2,72	35,57
<b>SUAVIZADO</b>					
Ultratex HT	4		13,08	4,02	52,58
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>668,28</b>

**Tabla N° 65.** Costos de la tintura a base del descrude convencional de la prueba N° 7

**7.17.14 COSTO DE LA TINTURA DE LA PRUEBA N° 7 (NEGRO 0090) MEDIANTE EL PROCESO DE DESCRUDE ENZIMÁTICO**

<b>HOJA DE CONSUMO DE QUÍMICOS</b>					
<b>Material :</b>	Jersey H30/1	<b>R / B :</b>	8		
<b>Peso :</b>	327 kg	<b>Baño :</b>	2616 lt		
<b>Color :</b>	Negro 0090	<b>Máquina :</b>	T5		
<b>DESCRUDE ENZIMÁTICO</b>					
PRODUCTOS	%	g/l	TOTAL (Kg)	COSTO/Kg (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Invadina DA		0.5	1,308	4,65	6,08
Cibaflow Jet		0.5	1,308	6,68	8,73
Cibafluid C		2	5,232	1,50	7,84
Disprosec KG		2	5,232	2,10	10,98
Silvatol FLE		2	5,232	2,64	13,81
Euroquest		2	5,232	2,08	10,88
<b>Pectato liasa</b>	<b>0.5</b>	5	1,635	5	8,17
Carbonato de sodio		0.1	0,261	0,53	0,13
<b>TINTURA</b>					
Euroquest		2	5,232	2,08	10,88
Cibacel DBC		2	5,232	2,57	13,44
Cibacel LD		2	5,232	1,65	8,63
Naranja W3R	0.0103		0,034	18,91	0,64
Negro WNN	8.686		28,403	11,29	320,66
Sulfato de sodio		90	235,44	0,33	77,69
Carbonato de sodio		7	18,312	0,53	9,70
Sosa cáustica		1	2,616	0,79	2,06
<b>JABONADO</b>					
Eriopón		1	2,616	6,16	16,11
<b>FIJADO</b>					
Tinofix	4		13,08	2,72	35,57
<b>SUAVIZADO</b>					
Ultratex HT	4		13,08	4,02	52,58
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>614,67</b>

**Tabla N° 66.**Costos de la tintura a base del descruce enzimático de la prueba N° 7

## 7.18 CUADRO COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS

PRUEBAS	% de Enzima	Fuerza del color	Observaciones	Solidez al lavado casero	Solidez al lavado industrial	Solidez al manchado	Solidez a la luz solar	Peso tela tinturada (gr/cm <sup>2</sup> )	Costo de la tintura (USD)
Celeste 79 Descrude convencional	-	100%	S/N	5	3	5	4	1.45	222,28
Celeste 79 Descrude enzimático	0.8	131%	Demasiado oscuro Demasiado gris Demasiado verde	5	3	5	3-4	1.47	184,61
Verde 3349 Descrude convencional	-	100%	S/N	5	4	4	3-4	1.49	407,71
Verde 3349 Descrude enzimático	0.8	129%	Demasiado oscuro Demasiado gris Demasiado rojo	5	4	4	3	1.51	367,85
Turquesa 7645 Descrude convencional	-	100%	S/N	5	4	4	4-5	1.48	585,92
Turquesa 7645 Descrude enzimático	0.7	111%	Demasiado oscuro Demasiado gris Demasiado verde	5	4	4	4-5	1.50	548,92
Naranja 4030 Descrude convencional	-	100%	S/N	5	4	4	3-4	1.46	334,36

Naranja 4030 Descrude enzimático	0.7	111%	Demasiado oscuro Demasiado saturado Demasiado amarillo	5	4	4	3-4	1.48	290,50
Rojo 6310 Descrude convencional	-	100%	S/N	5	5	3	4	1.48	355,33
Rojo 6310 Descrude enzimático	0.6	106%	Muy gris Demasiado amarillo	5	5	4	4	1.53	313,66
Azul 7900 Descrude convencional	-	100%	S/N	5	5	3	3-4	1.49	380,98
Azul 7900 Descrude enzimático	0.5	96%	Muy gris Muy verde	5	5	4	3	1.51	341,65
Negro 0090 Descrude convencional	-	100%	S/N	5	5	2	4-5	1.49	668,28
Negro 0090 Descrude enzimático	0.5	106%	Muy oscuro Muy rojo	5	5	3	4-5	1.52	614,17

**Tabla N° 67.** Cuadro comparativo de los resultados



## CAPÍTULO VIII

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 8.1 CONCLUSIONES

El mejor porcentaje de concentración de la enzima es al 0.5 – 0.6%, con un rango de pH de 7.5 - 8.5, a una temperatura de 50 - 55 °C, tal como lo demostramos en la pruebas N° 5 - 6 -7, fuera de estos límites es ineficiente, que puede causar problemas en el proceso de tintura.

Las pruebas de tintura mediante el proceso de descruce enzimático se realizó en la maquina OverFlow Roto Plus, equipo cerrado que ofrece parámetros precisos de presión, temperatura, velocidad de circulación del tejido, hace que el tejido biodescrudado este en optimas condiciones para entrar al proceso de descruce, sin la necesidad de realizar el pre-blanqueo, en equipos abiertos como la barca, el descruce enzimático es ineficiente, produce problemas de barrados en la tintura.

En comparación con el descruce convencional, el descruce enzimático es más oscuro, con un 30% más de fuerza en su tonalidad, es más amarillento.

En colores claros mediante el descruce enzimático, no obtenemos la tonalidad igual al patrón, se necesita realizar el proceso de pre-blanqueo.

En colores oscuros a base del descruce enzimático, con una concentración de colorante mayor al 1 % obtenemos la misma tonalidad, con un 5-10% más de fuerza en intensidad, existe buena reproducibilidad con respecto al patrón, esto lo demostramos en el análisis de reproducibilidad en las páginas 127 a 134.

Existe buena solidez al lavado casero tanto para las tinturas a base del descruce enzimático, como en las tinturas a base del descruce convencional, con un valor promedio en la escala de grises de 5 que es excelente.

Todas las pruebas tienen buena solidez al lavado industrial, con un valor promedio en la escala de grises de 4, que es muy buena solidez a la luz solar con un valor promedio de 4, el peso promedio de las telas a base del descruce convencional es menor al peso de

las telas a base del descruce enzimático, en aproximadamente un 3%, esto queda demostrado en la tabla comparativa de las pruebas tinturadas.

## **8.2 RECOMENDACIONES**

Utilizar algodones lo más limpios posibles, debido a que el descruce enzimático, no remueve todas las impurezas.

Manipular correctamente la enzima pectato liasa con guantes y mascarilla, tener mucho cuidado a la hora de aplicar la enzima pectato liasa, ya que temperaturas altas o pH demasiado alcalino puede inactivar a la enzima, debemos realizar un control estricto del pH.

Se recomienda aplicar el proceso de descruce enzimático descrito en este trabajo, solamente para colores oscuros, no aplicar el proceso de descruce enzimático en máquinas abiertas, como por ejemplo la barca.

Aprovechar las bondades que nos brinda la maquinaria, en este caso es muy importante la apertura de la tobera variable, se recomienda para máquinas similares, aplicar una apertura de tobera de  $\frac{3}{4}$  de su diámetro original.

Calcular la velocidad de tejido de acuerdo al tiempo de una vuelta de la cuerda, en este caso se recomienda 3 minutos el tiempo de una vuelta de la cuerda.

La dosificación del colorante y álcalis deberá ser en forma progresiva positivamente, utilizar un detergente, que elimine la mayor parte del colorante hidrolizado, de lo contrario podemos tener malas solideces.

Se recomienda utilizar el proceso del descruce enzimático, ya que este es un proceso biodegradable, que no afecta el medio ambiente.

## **GLOSARIO**

**Colorante:** Colorante es una sustancia capaz de teñir fibras vegetales, animales y artificiales

**Descrude:** Proceso de extracción de las impurezas orgánicas y minerales de las fibras naturales.

**Detergencia:** Es la propiedad que remueve la suciedad de la superficie de las fibras.

**Dosificación:** Regulación de la cantidad de una sustancia que debe añadirse a cada etapa de un proceso

**Emulsificación:** Fenómeno que convierte los materiales insolubles en agua, en suspensiones acuosas estables.

**Enzima:** Compuesto orgánico, producida por células vivas para acelerar la reacción química en los sistemas biológicos a fin de que puedan llevarse a cabo a una temperatura relativamente.

**Fermentación:** Proceso catabólico de oxidación incompleta, que no requiere de oxígeno, siendo el producto final un compuesto orgánico.

**Hidrofilia:** Es el comportamiento de toda molécula que tiene afinidad por el agua

**pH:** Potencial de hidrógeno, sirve para medir la acidez o alcalinidad del baño de tintura.













**Relación de baño:** Es la cantidad de litros de agua que se añade al equipo de tintura por cada kilo de material que se procesa

**Sustantividad:** Propiedad de atracción de la celulosa por el colorante reactivo.








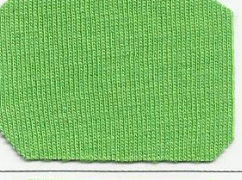



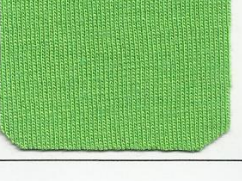
## BIBLIOGRAFÍA

- BERNAL, Cesar; “Metodología de la investigación”
- ZEA, Leiva; “Nociones de Metodología de la Investigación Científica”
- CIBA; “Productos químicos textiles”
- RUIZ, Sintés; “Aprestos y Acabados de los géneros de punto”
- CEGARRA, José; “Fundamentos científicos y aplicaciones de la tintura de materiales textiles”
- CEGARRA, José; “Introducción al blanqueo de materiales textiles”
- CEGARRA, José; “Fundamentos y tecnología del blanqueo”
- BIGORRA, Pedro; “Tensoactivos y auxiliares en preparación y tintura” España, 1984
- MORALES, Nelson; “Guía textil en el acabado I” Primera edición, Editorial UTN
- CÁRDENAS, Fidel; “Química y Ambiente”
- “Aprestos y Acabados de las fibras textiles”
- WINGATE, Isabel; “Biblioteca de los géneros textiles y su selección Tomo II” Editorial Continental, México, 1987.
- CEGARRA, J., (1980). Fundamentos Científicos y Aplicados de la Tintura de Materiales Textiles. Barcelona: Trillas.
- GACEN, J., (1987). Algodón y Celulosa, Estructuras y Propiedades. Barcelona: Terrasa
- HOLLEN, N., (1987). Introducción a los Textiles. México: Limusa SA
- DOMENECH, S., (1994). Nuevos desarrollos en la tecnología del agua: Medición del lavado. Colombia Textil. 31(103).
- LANGHEINRICH, K., (1968). Nuevos adelantos en la tintura con colorantes reactivos. Colombia Textil. , 2(12).
- PATIÑO, J., (1996). Ensayos empíricos de detergencia. Revista de la Industria Textil. 15( 340).
- PETER, E., (1995). Colorantes reactivos. Ecotextil. 8(43).
- RAIMONDO, M., (1990). Las fibras textiles y su tintura. Lima: Vencatacoa.
- SEGURA, N., (1976). Avances en el teñido por agotamiento con colorantes reactivos sobre fibras celulósicas. Cromos. 5(21)
- VON DER ELTZ, H., (1983). Los colorantes vinilsulfónicos y sus peculiaridades. Colombia Textil. 6(71)










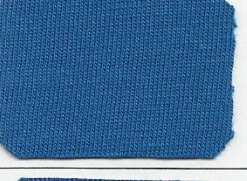


**ANEXO #1 MUESTRAS DE SOLIDEZ AL LAVADO CASERO DEL CELESTE 79**

<b>PRUEBA CELESTE 79</b>	<b>TINTURA A BASE DEL DESCRUDE CONVENCIONAL</b>	<b>VALOR</b>	<b>TINTURA A BASE DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO</b>	<b>VALOR</b>
<b>PATRÓN</b>		5		5
<b>Lavado casero #1</b>		5		4-5
<b>Lavado casero #2</b>		4-5		4-5
<b>Lavado casero # 3</b>		4-5		4-5
<b>Lavado casero # 4</b>		4-5		4
<b>Lavado casero # 5</b>		4		3-4













**ANEXO # 2 MUESTRAS DE SOLIDEZ AL LAVADO CASERO DEL VERDE 3349**

<b>PRUEBA VERDE 3349</b>	<b>TINTURA A BASE DEL DESCRUDE CONVENCIONAL</b>	<b>VALOR</b>	<b>TINTURA A BASE DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO</b>	<b>VALOR</b>
<b>PATRÓN</b>		5		5
<b>Lavado casero #1</b>		4-5		4-5
<b>Lavado casero #2</b>		4-5		4-5
<b>Lavado casero # 3</b>		4-5		4-5
<b>Lavado casero # 4</b>		4-5		4-5
<b>Lavado casero # 5</b>		4-5		4-5

**ANEXO # 3 MUESTRAS DE SOLIDEZ AL LAVADO CASERO DEL TURQUESA 7645**













<b>PRUEBA TURQUESA 7645</b>	<b>TINTURA A BASE DEL DESCRUDE CONVENCIONAL</b>	<b>VALOR</b>	<b>TINTURA A BASE DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO</b>	<b>VALOR</b>
<b>PATRÓN</b>		5		5
<b>Lavado casero #1</b>		4-5		4-5
<b>Lavado casero #2</b>		4-5		4-5
<b>Lavado casero # 3</b>		4-5		4-5
<b>Lavado casero # 4</b>		4-5		4-5
<b>Lavado casero # 5</b>		4-5		4

**ANEXO # 4 MUESTRAS DE SOLIDEZ AL LAVADO CASERO DEL NARANJA 4030**













<b>PRUEBA NARANJA 4030</b>	<b>TINTURA A BASE DEL DESCRUDE CONVENCIONAL</b>	<b>VALOR</b>	<b>TINTURA A BASE DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO</b>	<b>VALOR</b>
<b>PATRÓN</b>		5		5
<b>Lavado casero #1</b>		4-5		4-5
<b>Lavado casero #2</b>		4-5		4-5
<b>Lavado casero # 3</b>		4-5		4-5
<b>Lavado casero # 4</b>		4-5		4
<b>Lavado casero # 5</b>		4-5		4















**ANEXO # 5 MUESTRAS DE SOLIDEZ AL LAVADO CASERO DEL ROJO 6310**

<b>PRUEBA ROJO 6310</b>	<b>TINTURA A BASE DEL DESCRUDE CONVENCIONAL</b>	<b>VALOR</b>	<b>TINTURA A BASE DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO</b>	<b>VALOR</b>
<b>PATRÓN</b>		5		5
<b>Lavado casero #1</b>		5		4-5
<b>Lavado casero #2</b>		5		4-5
<b>Lavado casero # 3</b>		5		4-5
<b>Lavado casero # 4</b>		4-5		4-5
<b>Lavado casero # 5</b>		4-5		4-5

**ANEXO # 6 MUESTRAS DE SOLIDEZ AL LAVADO CASERO DEL AZUL 7900**













<b>PRUEBA AZUL 7900</b>	<b>TINTURA A BASE DEL DESCRUDE CONVENCIONAL</b>	<b>VALOR</b>	<b>TINTURA A BASE DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO</b>	<b>VALOR</b>
<b>PATRÓN</b>		5		5
<b>Lavado casero #1</b>		5		4-5
<b>Lavado casero #2</b>		5		4-5
<b>Lavado casero # 3</b>		4-5		4-5
<b>Lavado casero # 4</b>		4-5		4-5
<b>Lavado casero # 5</b>		4-5		4-5

**ANEXO # 7 MUESTRAS DE SOLIDEZ AL LAVADO CASERO DEL NEGRO 0090**

<b>PRUEBA NEGRO 0090</b>	<b>TINTURA A BASE DEL DESCRUDE CONVENCIONAL</b>	<b>VALOR</b>	<b>TINTURA A BASE DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO</b>	<b>VALOR</b>
<b>PATRÓN</b>		5		5
<b>Lavado industrial #1</b>		5		4-5
<b>Lavado industrial #2</b>		5		4-5
<b>Lavado industrial #3</b>		4-5		4-5
<b>Lavado industrial #4</b>		4-5		4-5
<b>Lavado industrial #5</b>		4-5		4-5

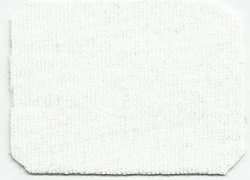




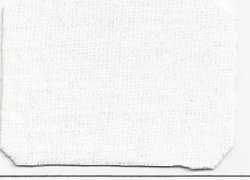
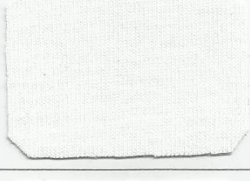

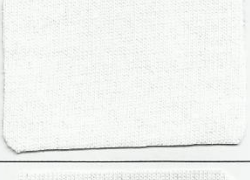
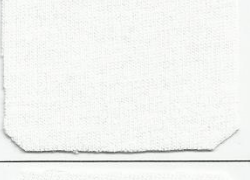


**ANEXO # 8 MUESTRAS DE SOLIDEZ AL LAVADO INDUSTRIAL COLOR CELESTE**

79

<b>PRUEBA CELESTE 79</b>	<b>TINTURA A BASE DEL DESCRUDE CONVENCIONAL</b>	<b>VALOR</b>	<b>TINTURA A BASE DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO</b>	<b>VALOR</b>
<b>PATRÓN</b>		5		5
<b>Lavado industrial #1</b>		3-4		4
<b>Lavado industrial #2</b>		3		4
<b>Lavado industrial #3</b>		3-4		3
<b>Lavado industrial #4</b>		2-3		3
<b>Lavado industrial #5</b>		2-3		2-3


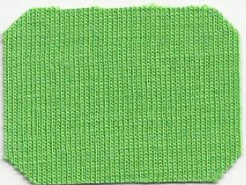




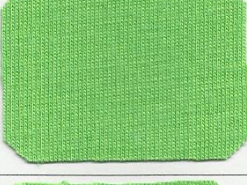




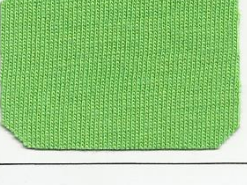
**ANEXO # 9 MUESTRAS DE MANCHADO DEL LAVADO INDUSTRIAL COLOR**

**CELESTE 79**

<b>PRUEBA CELESTE 79</b>	<b>TINTURA A BASE DEL DESCRUDE CONVENCIONAL</b>	<b>VALOR</b>	<b>TINTURA A BASE DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO</b>	<b>VALOR</b>
<b>PATRÓN</b>		5		5
<b>Lavado industrial #1</b>		5		5
<b>Lavado industrial #2</b>		5		5
<b>Lavado industrial #3</b>		5		5
<b>Lavado industrial #4</b>		4-5		4-5
<b>Lavado industrial #5</b>		3		4-5

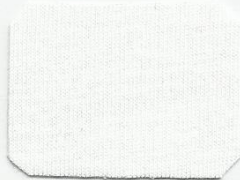
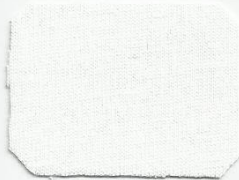
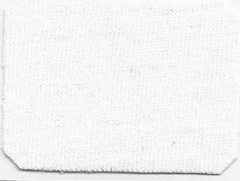

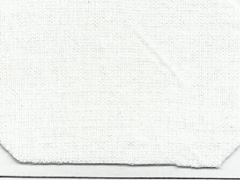
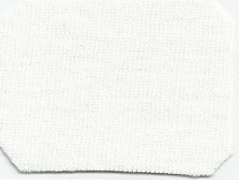

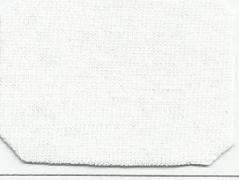
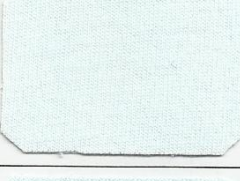



**ANEXO # 10 MUESTRAS DE SOLIDEZ AL LAVADO INDUSTRIAL COLOR VERDE**

**3349**

<b>PRUEBA VERDE 3349</b>	<b>TINTURA A BASE DEL DESCRUDE CONVENCIONAL</b>	<b>VALOR</b>	<b>TINTURA A BASE DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO</b>	<b>VALOR</b>
<b>PATRÓN</b>		5		5
<b>Lavado industrial #1</b>		4		4-5
<b>Lavado industrial #2</b>		4		4-5
<b>Lavado industrial #3</b>		4-5		4-5
<b>Lavado industrial #4</b>		4		4
<b>Lavado industrial #5</b>		4		3-4













**ANEXO # 11 MUESTRAS DE MANCHADO AL LAVADO INDUSTRIAL COLOR VERDE**

**3349**

<b>PRUEBA VERDE 3349</b>	<b>TINTURA A BASE DEL DESCRUDE CONVENCIONAL</b>	<b>VALOR</b>	<b>TINTURA A BASE DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO</b>	<b>VALOR</b>
<b>PATRÓN</b>		5		5
<b>Lavado industrial #1</b>		5		4-5
<b>Lavado industrial #2</b>		4-5		4-5
<b>Lavado industrial #3</b>		4		4
<b>Lavado industrial #4</b>		3-4		3-4
<b>Lavado industrial #5</b>		3		3

**ANEXO # 12 MUESTRAS DE SOLIDEZ AL LAVADO INDUSTRIAL COLOR**

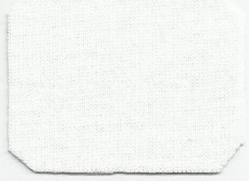

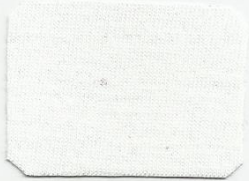
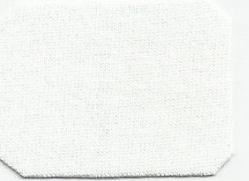








**TURQUESA 7645**

<b>PRUEBA TURQUEZA 7645</b>	<b>TINTURA A BASE DEL DESCRUDE CONVENCIONAL</b>	<b>VALOR</b>	<b>TINTURA A BASE DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO</b>	<b>VALOR</b>
<b>PATRÓN</b>		5		5
<b>Lavado industrial #1</b>		4		4-5
<b>Lavado industrial #2</b>		4		4
<b>Lavado industrial #3</b>		4		4-5
<b>Lavado industrial #4</b>		4-5		4-5
<b>Lavado industrial #5</b>		4-5		4















**ANEXO # 13 MUESTRAS DE MANCHADO AL LAVADO INDUSTRIAL COLOR**

**TURQUESA 7645**

<b>PRUEBA TURQUEZA 7645</b>	<b>TINTURA A BASE DEL DESCRUDE CONVENCIONAL</b>	<b>VALOR</b>	<b>TINTURA A BASE DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO</b>	<b>VALOR</b>
<b>PATRÓN</b>		5		5
<b>Lavado industrial #1</b>		4-5		4-5
<b>Lavado industrial #2</b>		4		4
<b>Lavado industrial #3</b>		4-5		4
<b>Lavado industrial #4</b>		3-4		3-4
<b>Lavado industrial #5</b>		3		3


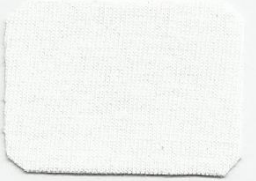




**ANEXO # 14 MUESTRAS DE SOLIDEZ AL LAVADO INDUSTRIAL COLOR NARANJA**

**4030**













<b>PRUEBA NARANJA 4030</b>	<b>TINTURA A BASE DEL DESCRUDE CONVENCIONAL</b>	<b>VALOR</b>	<b>TINTURA A BASE DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO</b>	<b>VALOR</b>
<b>PATRÓN</b>		5		5
<b>Lavado industrial #1</b>		4-5		4
<b>Lavado industrial #2</b>		4		4
<b>Lavado industrial #3</b>		4		4
<b>Lavado industrial #4</b>		4		4
<b>Lavado industrial #5</b>		3-4		3

**ANEXO # 15 MUESTRAS DE MANCHADO AL LAVADO INDUSTRIAL COLOR**

**NARANJA 4030**

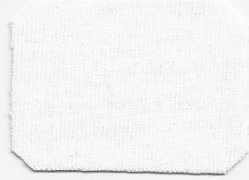
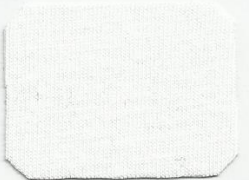


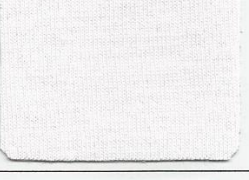
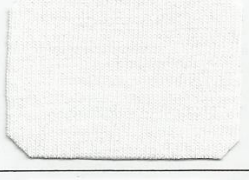






<b>PRUEBA NARANJA 4030</b>	<b>TINTURA A BASE DEL DESCRUDE CONVENCIONAL</b>	<b>VALOR</b>	<b>TINTURA A BASE DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO</b>	<b>VALOR</b>
<b>PATRÓN</b>		5		5
<b>Lavado industrial #1</b>		5		5
<b>Lavado industrial #2</b>		5		5
<b>Lavado industrial #3</b>		4-5		4-5
<b>Lavado industrial #4</b>		3-4		3-4
<b>Lavado industrial #5</b>		2-3		2

**ANEXO # 16 MUESTRAS DE SOLIDEZ AL LAVADO INDUSTRIAL COLOR ROJO 6310**













<b>PRUEBA ROJO 6310</b>	<b>TINTURA A BASE DEL DESCRUDE CONVENCIONAL</b>	<b>VALOR</b>	<b>TINTURA A BASE DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO</b>	<b>VALOR</b>
<b>PATRÓN</b>		5		5
<b>Lavado industrial #1</b>		4-5		4-5
<b>Lavado industrial #2</b>		4-5		4-5
<b>Lavado industrial #3</b>		4-5		4-5
<b>Lavado industrial #4</b>		4-5		4-5
<b>Lavado industrial #5</b>		4		4

**ANEXO # 17 MUESTRAS DE MANCHADO AL LAVADO INDUSTRIAL COLOR ROJO**

**6310**

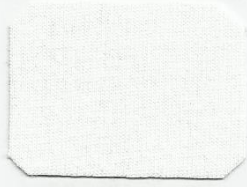
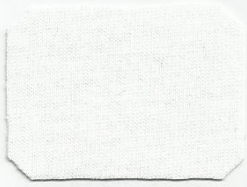

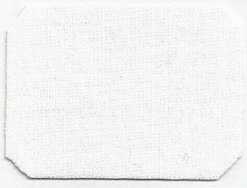


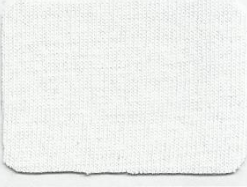
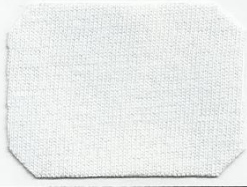
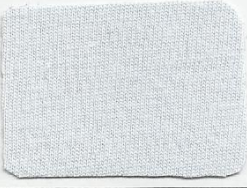
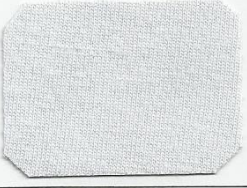


<b>PRUEBA ROJO 6310</b>	<b>TINTURA A BASE DEL DESCRUDE CONVENCIONAL</b>	<b>VALOR</b>	<b>TINTURA A BASE DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO</b>	<b>VALOR</b>
<b>PATRÓN</b>		5		5
<b>Lavado industrial #1</b>		4-5		4-5
<b>Lavado industrial #2</b>		4		4-5
<b>Lavado industrial #3</b>		3-4		3-4
<b>Lavado industrial #4</b>		2		2-3
<b>Lavado industrial #5</b>		1-2		1-2

**ANEXO # 18 MUESTRAS DE SOLIDEZ AL LAVADO INDUSTRIAL COLOR AZUL 7900**

<b>PRUEBA AZUL 7900</b>	<b>TINTURA A BASE DEL DESCRUDE CONVENCIONAL</b>	<b>VALOR</b>	<b>TINTURA A BASE DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO</b>	<b>VALOR</b>
<b>PATRÓN</b>		5		5
<b>Lavado industrial #1</b>		4-5		4-5
<b>Lavado industrial #2</b>		4-5		5
<b>Lavado industrial #3</b>		4-5		4-5
<b>Lavado industrial #4</b>		4		4
<b>Lavado industrial #5</b>		4		3-4













**ANEXO # 19 MUESTRAS DE MANCHADO AL LAVADO INDUSTRIAL COLOR AZUL**

**7900**

<b>PRUEBA AZUL 7900</b>	<b>TINTURA A BASE DEL DESCRUDE CONVENCIONAL</b>	<b>VALOR</b>	<b>TINTURA A BASE DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO</b>	<b>VALOR</b>
<b>PATRÓN</b>		5		5
<b>Lavado industrial #1</b>		4-5		4-5
<b>Lavado industrial #2</b>		4		4-5
<b>Lavado industrial #3</b>		4		3-4
<b>Lavado industrial #4</b>		2-3		2-3
<b>Lavado industrial #5</b>		1-2		1-2

**ANEXO # 20 MUESTRAS DE SOLIDEZ AL LAVADO INDUSTRIAL COLOR NEGRO**


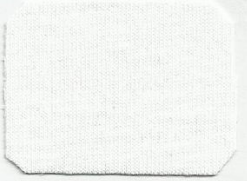
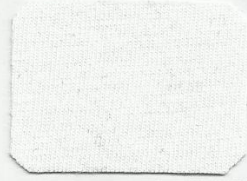



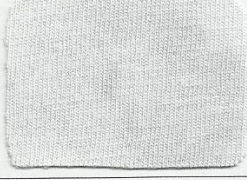


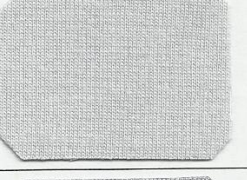
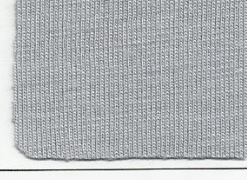

**0090**

<b>PRUEBA NEGRO 0090</b>	<b>TINTURA A BASE DEL DESCRUDE CONVENCIONAL</b>	<b>VALOR</b>	<b>TINTURA A BASE DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO</b>	<b>VALOR</b>
<b>PATRÓN</b>		5		5
<b>Lavado industrial #1</b>		4-5		4-5
<b>Lavado industrial #2</b>		4-5		5
<b>Lavado industrial #3</b>		4-5		4-5
<b>Lavado industrial #4</b>		4-5		5
<b>Lavado industrial #5</b>		4-5		4-5































**ANEXO # 21 MUESTRAS DE MANCHADO AL LAVADO INDUSTRIAL COLOR NEGRO**

**0090**

<b>PRUEBA NEGRO 0090</b>	<b>TINTURA A BASE DEL DESCRUDE CONVENCIONAL</b>	<b>VALOR</b>	<b>TINTURA A BASE DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO</b>	<b>VALOR</b>
<b>PATRÓN</b>		5		5
<b>Lavado industrial #1</b>		4		4-5
<b>Lavado industrial #2</b>		3-4		4-5
<b>Lavado industrial #3</b>		2		2-3
<b>Lavado industrial #4</b>		2		1-2
<b>Lavado industrial #5</b>		1		1

**ANEXO # 22 MUESTRAS DE LA SOLIDEZ A LA LUZ SOLAR**

TINTURA A BASE DEL DESCRUDE CONVENCIONAL	EXPOSICIÓN A LA LUZ SOLAR	VALOR	TINTURA A BASE DEL DESCRUDE ENZIMÁTICO	EXPOSICIÓN A LA LUZ SOLAR	VALOR
		4			3 - 4
		3 - 4			3
		4 - 5			4 - 5
		3 - 4			3 - 4
		3			4
		3			4
		2			3