

Universidad Nacional de Ingeniería

*Programa Académico de Ingeniería
Química y Manufacturera*



“OBTENCION DE CELULOSA INDUSTRIAL A PARTIR DEL LINTER DE ALGODON”

T E S I S

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

Ing. Químico Manufacturero

NORA B. BERNAL PORTILLA

PROMOCION 1978 - 2

LIMA

PERU

1980

I N D I C E

CAPITULO I.- INTRODUCCION.

- 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
- 1.2. CONCLUSIONES DEL TRABAJO REALIZADO

CAPITULO II.- ESTUDIO DE MERCADO.

- 2.1. PRODUCTO: CELULOSA INDUSTRIAL
 - 2.1.1. DEFINICION, ESPECIFICACION.
 - 2.1.2. USOS EN LA INDUSTRIA
 - 2.1.3. SITUACION DENTRO DEL MERCADO NACIONAL
 - 2.1.4. PRINCIPALES CONSUMIDORES.
 - 2.1.5. PRINCIPALES PAISES DE LOS CUALES SE IMPORTA
 - 2.1.6. SERIE DE LAS IMPORTACIONES EN UN PERIODO DE 5 AÑOS.
- 2.2. MATERIA PRIMA: LINTER DE ALGODON.
 - 2.2.1. DEFINICION.
 - 2.2.2. OBTENCION Y USOS
 - 2.2.3. OFERTA
 - 2.2.3.1. COMERCIALIZACION
 - 2.2.3.2. PRECIO
 - 2.2.3.3. VOLUMENES OBTENIDOS EN UN PERIODO DE 5 AÑOS.

CAPITULO III-ESTUDIO GENERAL DEL PRODUCTO, MATERIA PRIMA Y PROCESO DE PRODUCCION DE CELULOSA INDUSTRIAL.

- 3.1. RESUMEN DEL CAPITULO
- 3.2. CELULOSA: COMPUESTO ORGANICO.
 - 3.2.1. POLIMEROS
 - 3.2.2. CELULOSA: ORIGEN Y CONSTITUCION.
 - 3.2.3. ESTRUCTURA MORFOLOGICA : FIBRAS
 - 3.2.4. PROPIEDADES FISICAS.
 - 3.2.5. PROPIEDADES QUIMICAS.
 - 3.2.6. ACCION DE AGENTES FISICOS SOBRE LA CELULOSA
 - 3.2.7. ACCION DE AGENTES QUIMICOS SOBRE LA CELULOSA

- 3.3. PRODUCTO: CELULOSA INDUSTRIAL
 - 3.3.1. ANTECEDENTES
 - 3.3.2. USOS INDUSTRIALES
 - 3.3.3. PROCESOS DE OBTENCION
 - 3.3.4. FUENTES DE CELULOSA PARA USOS INDUSTRIAL
- 3.4. MATERIA PRIMA: LINTER DE ALGODON
 - 3.4.1. DEFINICION
 - 3.4.2. DESARROLLO DE LA INDUSTRIA DEL LINTER
 - 3.4.3. CONSTITUCION QUIMICA.
- 3.5. PRODUCCION DE CELULOSA INDUSTRIAL A PARTIR DEL LINTER DE ALGODON.
 - 3.5.1. LIMPIEZA MECANICA
 - 3.5.2. DIGESTION: ALTERNATIVAS
 - 3.5.3. LAVADO-NEUTRALIZADO
 - 3.5.4. BLANQUEO: ALTERNATIVAS
 - 3.5.5. LAVADO
 - 3.5.6. SECADO Y EMPACADO.

CAPITULO IV.- INGENIERIA DE PROYECTO.

- 4.1. ESTUDIO DE LA MATERIA PRIMA
 - 4.1.1. DETERMINACION DE PROPIEDADES FISICAS
 - 4.1.2. DETERMINACION DE LA COMPOSICION QUIMICA.
- 4.2. SELECCION DE ALTERNATIVAS: DIGESTION Y BLANQUEO
- 4.3. FACTORES QUE INFLUYEN A LA PUREZA DEL PRODUCTO.
 - 4.3.1. CONCENTRACION DE REACTIVOS
 - 4.3.2. RELACION DE BAÑO
 - 4.3.3. TEMPERATURA
 - 4.3.4. TIEMPO DE TRATAMIENTO.
- 4.4. ANALISIS A NIVEL DE LABORATORIO: RESULTADOS.
- 4.5. ANALISIS A NIVEL DE PLANTA PILOTO: RESULTADOS
- 4.6. DETERMINACION DE LAS CONDICIONES DEL PRODUCTO - OPTIMO.
- 4.7. RENDIMIENTO DEL PROCESO : BALANCE DE MATERIA PARA EL LINTER.
- 4.8. REQUERIMIENTOS PARA LA PURIFICACION DE 1 KILOGRAMO DE MATERIA PRIMA.

CAPITULO V - DISEÑO DE UNA PLANTA PARA LA OBTENCION DE CELULOSA INDUSTRIAL A PARTIR DEL LINTER DE ALGODON.

5.1. TAMAÑO DE PLANTA: JUSTIFICACION

5.2. DISEÑO:

5.2.1. DESCRIPCION DEL PROCESO

5.2.2. DISEÑO Y DESCRIPCION DEL EQUIPO.

5.2.3. DIAGRAMA DE FLUJO

5.3. INVERSION: COSTO DE EQUIPO

5.4. COSTO DE MANUFACTURA DE 1 KILOGRAMO DE PRODUCTO.

ANEXOS

BIBLIOGRAFIA.

CAPITULO I

INTRODUCCION

El presente trabajo es un Proyecto de Investigación cuyo objetivo es estudiar la factibilidad de obtener CELULOSA INDUSTRIAL a partir del LINTER de Algodón.

El trabajo realizado comprende cuatro partes:

- 1° Estudio de las características y determinación de la composición de la materia prima: Linter.
- 2° Estudio de las propiedades y características del producto: Celulosa industrial.
- 3° Estudio de las etapas principales para la obtención del producto: Ensayos para la determinación de las condiciones a las cuales se obtiene el producto óptimo.
- 4° Análisis del rendimiento y cálculos económicos complementarios.

El trabajo teórico-práctico que se presenta a continuación comprende:

- A Estudio de Mercado: Producto, Materia Prima.
- B Estudio técnico del producto, materia prima, proceso de obtención del producto.
- C Evaluación de los factores que afectan la pureza del producto en el proceso de producción. Determinación de las condiciones óptimas.
- D : Aplicación a nivel industrial: Diseño de Planta.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los materiales vegetales dentro de los cuales está el Linter, contienen cantidades de celulosa. La celulosa es un producto de grandes aplicaciones en la industria.

Con la finalidad de aprovechar el alto contenido de este polímero natural en el linter (materia Prima), se desea:

Determinar la forma y las condiciones a las cuales se obtiene el producto con mayor contenido de alfa-celulosa y con el mínimo de material no celulósico: cenizas, ceras, hemicelulosas, etc.

Sabiendo que los factores que afectan el tratamiento al que se somete el linter son:

- Concentración de reactivos: digestión y blanqueo.
- relación de peso de linter a volumen de solución.
- temperatura
- tiempo de tratamiento.

Determinar las condiciones para obtener el producto óptimo.

1.2. CONCLUSIONES DEL TRABAJO REALIZADO.-

1.2.1. DE LA MATERIA PRIMA.

El contenido de alfa-celulosa (92.08%) así como el color del linter (crema) hacen que esta materia prima sea calificada como muy buena si se tiene en cuenta que las pulpas de coníferas tiene aproximadamente 89% de alfa-celulosa.

El problema más grave en la purificación es el alto contenido de sustancias minerales (cenizas) 0.865%.

La fuente de obtención de la materia prima es la pepa de algodón la cual, en la producción de aceite, es separada del linter adherido a ella.

Por esta razón la comercialización del linter es libre, es decir, la realiza la industria aceitera correspondiente.

Disponibilidad de linter anual: 1,268 TN.

Usos actuales: algodón quirúrgico, (50%), mechas y pabilos (10%) y material de relleno (40%).

La captación de materia prima para la planta diseñada se hará de la parte del linter que actualmente se destina a material de relleno (25% del total).

1.2.2. DE LA INVESTIGACION REALIZADA:

Los resultados del estudio de los afactores que afectan el producto son:

- Efecto de la concentración del reactivo para la digestión: a medida que esta concentración va aumentando, el contenido de alfa-celulosa en el producto se incrementa al disminuir el material no celulósico; al llegar a una concentración de 9/100, posiblemente por la formación de álcali-celulosa, la pureza del producto se mantiene constante con tendencia a disminuir. El efecto de la concentración es más notable cuando la temperatura es mayor de 100°C, en este caso se requiere sólo concentración en la zona de las soluciones diluídas para el tratamiento.

- Efecto de la relación de baño: una relación de masa de linter a volumen de 1/20 se ha encontrado como aquella en la cual se obtiene una mayor purificación del linter, posiblemente al estar completamente sumergido y haber suficiente espacios libres para que la solución penetre hasta el último canal entre manojos de cadenas de celulosa.
- Efecto de la temperatura: las pruebas realizadas a temperaturas de 100, 130, 140 y 150°C mostraron que a temperaturas mayores de 100°C, no se requiere de soluciones concentradas, pues el efecto de la temperatura es ayudar a remover las sustancias como ceras, cenizas, sustancias nitrogenadas, etc. A temperaturas mayores de 130°C no se observan variaciones notables en el contenido de alfa-celulosa del producto.
- Efecto del tiempo: en los ensayos a nivel de planta piloto se verificó que el contenido de alfa-celulosa va disminuyendo al aumentar el tiempo de tratamiento para un mismo valor de la temperatura.
- Para la etapa de blanqueo: el grado de blancura que se obtiene en el tratamiento con el agente de blanqueo es bastante alto (94% respecto al sulfato de bario) sin embargo, se encuentra que conforme esta concentración aumenta la celulosa se degrada.

1.2.3. DEL PRODUCTO.-

La celulosa industrial obtenida como resultado de la investigación realizada, es un producto que tiene diversas aplicaciones:

- 1) En la industria papeleras: por la longitud promedio de las fibras (80 mm) así como su resistencia (6.49 lb/mg) que están de acuerdo con las especificaciones de las pulpas destinadas a la fabricación de papel.
- 2) Para la producción de nitrocelulosa por su alta pureza (99% de alfa-celulosa) y bajo contenido de ceras y cenizas.
- 3) ~~Para~~ Para la obtención de carboximetilcelulosa también por su alta pureza y bajo ~~contenido~~ contenido de cenizas (0.07%) así como su alto grado de blancura (94%).

Muchas otras aplicaciones pueden darse a este producto ~~al con~~

no se le hizo la determinación del grado de polimerización hasta la fecha de conclusión de este trabajo de tesis; para tener una idea acerca de la mínima degradación sufrida por el polímero tomamos como índice la resistencia de las fibras a la tensión:

resistencia de la materia prima	: 6.79 lb/mg.
resistencia del producto	6.49 lb/mg.
Porcentaje de disminución	4.56 %

El rendimiento obtenido teóricamente es de 82.95% de la materia-prima.

Actualmente la celulosa industrial sólo se importa como pulpas - al sulfato de coníferas blanqueadas y no blanqueadas que son de inferior calidad que la celulosa obtenida a partir del linter. Otras importaciones se hacen como derivados celulósicos pero no como celulosa química.

1.2.4. DE LA INVERSION Y COSTO DE MANUFACTURA.

La inversión estimada para la Planta purificadora de Linter (no instalada es:

S/. 26'668,000.00

lo que equivale a:

\$. 94,904.00

El costo de manufactura de 1 kilo de producto es:

S/. 632.86

lo que equivale a:

\$ 2.25

No realizamos comparaciones con el costo de las pulpas importadas porque, como se dijo anteriormente, éstas son de inferior calidad que la celulosa química obtenida a partir del linter: menor contenido de alfa-celulosa y mayores cantidades de sustancias minerales y ceras así como grado de blancura inferior.

CAPITULO II

ESTUDIO DE MERCADO

2.1. PRODUCTO.

2.1.1. DEFINICION.- La celulosa industrial es la celulosa obtenida por sometimiento de ciertos materiales vegetales fibrosos a procesos de pulpa y destinada como insumo a industrias.

En nuestro caso, la celulosa se ha obtenido por tratamiento del linter de algodón de la variedad tangüis.

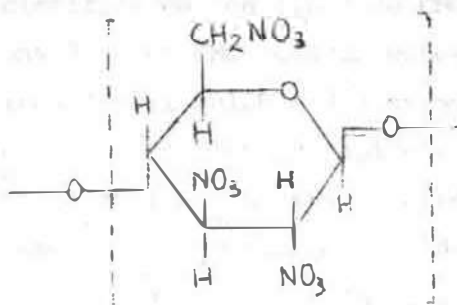
Este tratamiento consiste en una purificación de la materia prima (linter) para eliminarle las sustancias que están con la celulosa formando la fibra.

La celulosa industrial obtenida tiene las siguientes especificaciones:

porcentaje de alfa-celulosa:	99.00 %
porcentaje de cenizas	0.07 %
porcentaje de ceras	0.24 %
grado de blancura	94.00 %
resistencia de las fibras a la tensión	6.49 lb/mg.
longitud promedio de fibra	80.00 mm.
presentación bloques de	50 x 50 x 50 cm.

2.1.2. USOS EN LA INDUSTRIA.- Como se dijo, este producto es un insumo para industrias en forma de derivados celulósicos. Los mas conocidos y de mayor aplicación en nuestro medio:

1) Nitrocelulosa.- Es el nombre comercial para el producto resultante de la reacción de la celulosa con ácido nítrico. La celulosa que puede considerarse como un alcohol con 3 grupos OH ($C_6H_7O_2(OH)_3$), reacciona bajo condiciones controladas con el ácido para formar el ester.



En teoría sería posible reemplazar los 3 OH de cada unidad anhidro glucosa por grupos nitro para dar la celulosa trinitrada. En la práctica ésto no es posible y el límite encontrado en la sustitución del OH por el NO₃⁻ es aproximadamente 2.9% que corresponde a un contenido de nitrógeno de 13.3%.

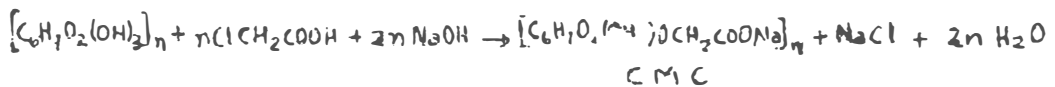
La nitrocelulosa es uno de los formadores de película más antiguos y de más amplia aplicación.

Este derivado celulósico está provisto de una combinación especial de propiedades tales como friabilidad, durabilidad, solubilidad etc.

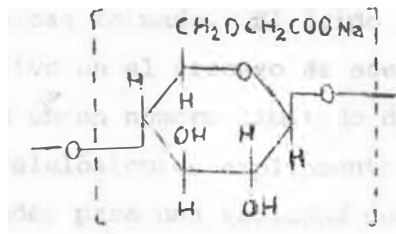
Se usa ampliamente en lacas, para cubiertas protectoras o decorativas. Otros grandes usos están en formulaciones para acabados sobre superficies de madera y metal; es también muy usada en cubiertas como celofan, para papel, recubrimientos textiles, recubrimientos para láminas de metal, cintas plásticas, para fabricación de colodión, en tinta para impresión y adhesivos.

Además se le usa en la industria de explosivos y del celuloide.

- 2) Carboximetilcelulosa.- Muy conocida como CMC (carboximetil-celulosa de sodio) es un eter de la celulosa que se obtiene por reacción de los grupos OH con ácido monocloro-acético.



carboximetil celulosa de sodio.



Una característica básica del CMC es el grado medio de sustitución (D.S.) que representa el número de los grupos carboximéticos que se encuentran en la unidad molecular del glucósido. De acuerdo a ésto se tienen clasificados los tipos de CMC.

En general se considera el CMC como un espesante pero por sus demás características (fácil solubilidad en agua fría, y caliente, fuerte poder encolante, completa y rápida solubilidad de las películas, prolongada estabilidad de las soluciones, producto no tenso activo, no hace espuma, altamente purificado, lo cual está asociado a la pureza de la pulpa a partir de la cual ha sido fabricado, es

inocuo al organismo), hacen que este producto tenga grandes aplicaciones.

En la industria textil espesante en estampación
modificador del tacto de las te -
las.

En la industria de alimentos estabilizador para bebidas de le -
ches ácidas.
estabilizador para cremas heladas
modificador de la viscosidad para
alimentos.

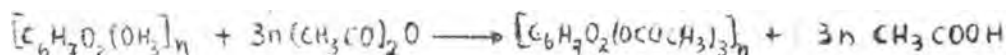
En industria decerámica, detergentes, de papel (papeles offset, excelente resistencia al agua), industria de la pintura, farmacéutica (para pastillas y suspensiones), en la industria de cosméticos (pasta dental, shampoo, jabones, crema de manos, etc.). En adhesivos, insecticidas, tizas, acuarelas, industria de latex, acumuladores de batería, industria del cuero, tratamiento de aguas industriales.

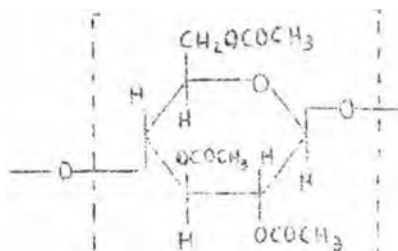
- 3) Acetato de celulosa. - Sirve como material base para la fabricación de fibras de acetato. Este es un ester que se produce principalmente de la celulosa obtenida a partir del linter de algodón.

El triacetato de celulosa (acetato de celulosa primario) es obtenido por la acción de anhídrido acético sobre la celulosa en presencia de ácido acético glacial y ácido sulfúrico. También se obtiene el diacetato de celulosa, en este caso solo están presentes grupos acetatos por unidad.

El ácido acético separado en la acetilación es un solvente para el acetato de celulosa formado. El ácido sulfúrico es usado como un catalizador activo en el proceso de acetilación. El producto obtenido es soluble en un número limitado de solventes orgánicos.

Este derivado celulósico es ampliamente conocido. Se fabrica en grandes cantidades para una variedad de usos como: manufactura de rayón de acetato de celulosa, films fotográficos y otras formas de laminados transparentes y pigmentados. También para fabricación de composiciones plásticas tales como aquellas usadas para compresión y moldeo por inyección y hacía una extensión más limitada, para recubrimientos de superficies.





2.1.3. SITUACION DEL PRODUCTO DENTRO DEL MERCADO NACIONAL.- La celulosa para uso industrial y sus derivados celulósicos no se producen en el país y se importan de diferentes países del mundo como se verá en la sección (2.1.5.)

Los volúmenes de las importaciones van principalmente a la capital (aproximadamente el 80% del total). Estos volúmenes son en cantidades significativas.

Las partidas arancelarias con las cuales están registrados son:

- Pulpa al sulfato sin blanquear	47.01.04.01.00
- Pulpa al sulfato blanqueadas	47.01.04.03.00
- Nitrocelulosa.	39.03.03.00.00
- Acetato de celulosa.	39.03.04.00.00
- Carboximetilcelulosa.	39.03.11.00.00

2.1.4. PRINCIPALES CONSUMIDORES.

Pulpas de celulosa al sulfato sin blanquear.

Compañía Papelera Trujillo S.A.

Sociedad Paramonga S.A.

Instituto Farmacéutico Peruano.

Fábrica Peruana de Eternit S.A.

Pulpas de celulosa al sulfato blanqueadas

Johnson y Johnson del Perú.

Industrial Papelera Atlas.

Sociedad Paramonga S.A.

La Papelera Peruana S.A.

Mimo S.A.

----- !

Nitrocelulosa

Instituto Farmacéutico Peruano S.A.
Cromox Peruana S.A.
BASF Peruana S.A.
Sherwin Williams Peruana S.A.
Explosivos S.A.
Fábrica de Mechas S.A.
Compañía Químico Industrial DEKA S.A.
Laboratorio Farmindustria S.A.
Compañía Peruana de Pinturas S.A.

Acetato de Celulosa

A.W. Faber Castel Peruana S.A.
Productos Roche Q.F.S.A.
Rayón y Celanese Peruana S.A.
Instituto Farmacéutico Peruano.
K.J. Quinn del Perú S.A.
Bayer Químicas Unidas S.A.
Laboratorios Larpe S.A.
Manufactureros Químicos Farmacéuticos.
Hoechst Peruana S.A.
Abbot Laboratories del Perú S.A.

Carboximetil celulosa

Industrial Papelera Atlas S.A.
Fábrica de Tejidos La Unión Ltda S.A.
Sociedad Paramonga
Universal Textil S.A.
Laboratorios Alfa S.A.
Compañía Peruana Textil El Hilado S.A.
Compañía Oleaginosa del Perú S.A.
Deterperu S.A.
Industrias Detergentes S.A. INDESA.
Empresa de Servicios Técnicos Petro.
Tecnoquímica S.A.
Bayer Químicas Unidas S.A.
Fábrica de Tejidos San Jacinto S.A.
Hoechst Peruana S.A.

Química Ventanilla S.A.
 Enrique Ferreyros y Cía S.A.

2.1.5. PRINCIPALES PAISES DE LOS CUALES SE HACEN LAS IMPORTACIONES.-
Púlpas de celulosa al sulfato de coníferas.

TABLA 2.2.

PAIS EXPORTADOR	PORCENTAJE DE LAS IMPORTACIONES	
	SIN BLANQUEAR	BLANQUEADAS
CANADA	1.5	6
CHILE	29	29
ESTADOS UNIDOS	8	62
MOZAMBIQUE	0.8	--
NUEVA ZELANDIA	-	3
SUECIA	13	-
SUIZA	17	-
SUDAFRICA REP.Y MANIBIA	30	-
REINO UNIDO	0.7	-

TABLA 2.3

Derivados Celulósicos.

PAIS EXPORTADOR	PORCENTAJES DE LAS IMPORTACIONES		
	NITROCELULOSA	ACETATO DE CELULOSA	CARBOXIMETIL CELULOSA
ALEMANIA OCCID.	36	7.5	1.40
ARGENTINA	12	-	-
AUSTRIA	-	0.4	-
BELG.LUXEMBURGO	11	0.6	-
COLOMBIA	-	-	60.00
ESPAÑA	-	-	0.40
ESTADOS UNIDOS	40	90.0	10.00
ITALIA	0.4	-	-
JAPON	0.6	0.5	-
PAISES BAJOS	-	0.4	-
REINO UNIDO	-	0.6	-
SUECIA	-	-	1.70
SUIZA	-	-	0.50
VENEZUELA	-	-	26.00

2.1.5. SERIE DE LAS IMPORTACIONES EN UN PERIODO DE 5 AÑOS ANTERIORES.

AÑO	PULPAS DE CELULOSA AL SULFATO DE CONIFERAS			
	SIN BLANQUEAR		BLANQUEADAS	
	KG. BRUTO	S/' CIF	KG. BRUTO	S/. CIF.
1975	18'326,896	315'160,870	7'432,971	157'059,324
1976	18'504,728	267'873.700	9'972,990	226'765,775
1977	22'678,426	487'590,456	15'374,911	462'149.142
1978	15'054,428	567'860,580	18'497,791	927'497,710
*1979	25,259	1'325,727	4'891,123	531'708,034

T A B L A 2.4

* Valores de las importaciones correspondientes a Lima Metropolitana, que representa aproximadamente el 40% del total en el país.

TABLA 2.5

DERIVADOS DE CELULOSA

AÑO	NITROCELULOSA		ACETATO DE CELULOSA		CARBOXIMETILCELULOSA	
	KG. BRUTO	\$. CIF	KG. BRUTO	\$. CIF	KG. BRUTO	\$. CIF
1975	639,935	51'868,068	1'137,550.	61'701,943	1'902,593	112'838,440
1976	403,049	51'897,298	1'322,744	95'815,391	889,328	104'151,460
1977	337,232	54'510,708	143,001	19'820,960	898,257	134'743,740
1978	408,704	138'805,610	863,239	187'691,980	623,852	189'333,690
*1979	357,913	219'097,436	1'452,430	433'980,002	439,097	157'806,025

* Valores de las importaciones correspondientes a Lima Metropolitana, que representan aproximadamente el 80% del total en el país en este caso de derivados.

2.2. MATERIA PRIMA: LINTER DE ALGODON

2.2.1. DEFINICION:

En el proceso de desmotado del algodón, se separa la fibra larga de la pepa. Esta fibra larga se utiliza específicamente en la industria textil.

La pepa está formada por la semilla (la que se destina en cierto porcentaje para sembríos y el resto es comprada por las industrias aceiteras) y la fibra más pequeña adherida a ella que se le conoce como: LINTER.

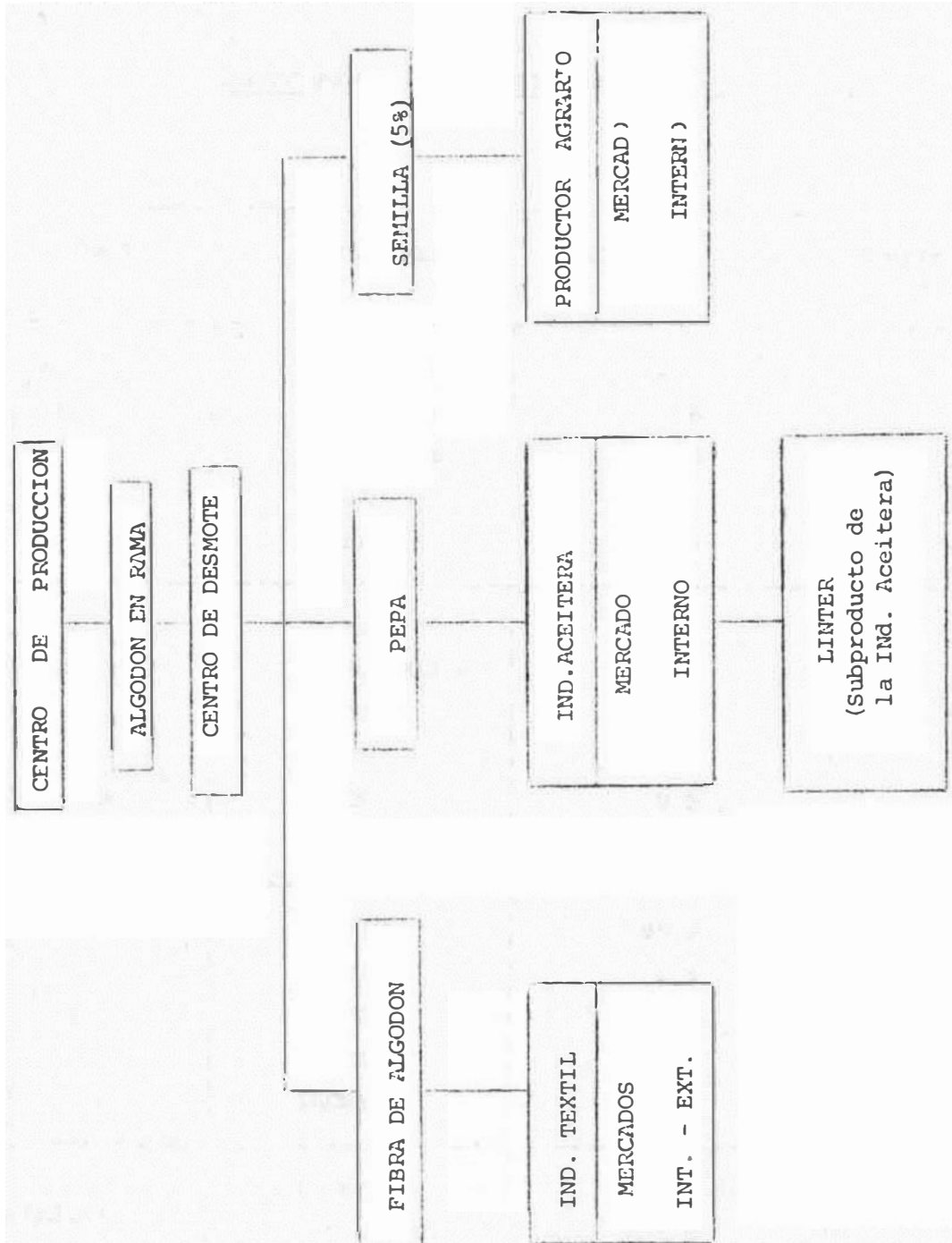
En las deslinteradoras se logra separar el linter de la semilla en dos cortes. El primero de longitud más larga (1ra. calidad) y el segundo más corto y con mayor contenido de material sólido (2da. calidad). Los residuos que quedan adheridos en las máquinas también son aprovechados (3ra. calidad).

Por tanto pues, puede considerarse al linter como un subproducto en la industria del aceite.

El linter representa aproximadamente de 0.5 - 1.0% de la producción de pepa de algodón.

2.2.2. OBTENCION.-

Dado que el linter está estrechamente relacionado con la producción de algodón, a continuación presentamos un esquema en el cual se puede apreciar la secuencia y el lugar que ocupa nuestra materia prima dentro de la producción de algodón.



ESQUEMA 2.1.

2.2.2.1. ZONAS DE CRECIMIENTO DEL ALGODON

TABLA 2.6.

DEPARTAMENTO PRODUCTORES DE ALGODON

ZONA	DEPARTAMENTO	PORCENTAJE EN LA ZONA	PORCENTAJE EN EL PAIS
N O R T E	AMAZONAS	0.1	35.0
	LA LIBERTAD	0.6	
	LAMBAYEQUE	10.0	
	PIURA	89.0	
	TUMBES	00.3	
C E N T R O	ANCASH	1.5	63.0
	HUANCAVELICA	0.5	
	HUANUCO	0.5	
	ICA	65.0	
	JUNIN	0.5	
	LIMA Y CALLAO	32.0	
S U R	AREQUIPA	95.0	1.5
	AYACUCHO	2,5	
	CUZCO	0.5	
	MOQUEGUA	0.5	
	TACNA	1.5	
ORIENTE	LORETO	menos de 1	0.5
	SAN MARTIN	más de 99	

2-2.2.2. PRINCIPALES DESMOTADORAS

Existen cuatro variedades de algodón peruano, siendo en orden de calidad.

TABLA 2.7

VARIEDAD	ZONA DE CRECIMIENTO	% PRODUCCION NACIONAL
PIMA	NORTE	32 %
TANGUIS	NORTE CHICO, CENTRO SUR CHICO.	62
CERRO	NORTE	4
ASPERO	ORIENTE	2

TABLA 2.8

LAS PRINCIPALES DESMOTADORAS SEGUN LA VARIEDAD DEL ALGODON Y EL VALLE DEL QUE PROVIENEN SON:

PIMA Y CERRO	TANGUIS	ASPERO
La Fabril-Chira	San Dionisio- Santa	Shapaja-Huallaga.
Santa Dolores-Chira	La Fabril- Huaura	Santa Cruz-Huallaga
La Fabril-Piura	Perú Pacífico-Huaura	
SIISA-Piura	Santa Rosa-Huaura	
UCISA-Piura	Humaya-Huaura	
San Jacinto-Piura	La Huaca-Chancay	
Catacaos-Piura	Ind.Pacocha- Chancay	
	Trapiche-Chillón	
	Chocas-Chillón	
	San Antonio-Rímac.	
	Imperial-Cañete	
	Central Cañete-Cañete	
	Santa Estela-Chincha	
	San Fernandito-Chincha	
	La Fabril-Chincha	
	San José-Chincha	
	Perú Pacífico-Pisco	
	Oleaginosas-Pisco	
	Nuevo Perú- Pisco	
	Central Desmotadora-Pisco	
	La Fabril-Ica-Ica	
	Perú Pacífico-Ica	
	Chavalina-Ica	
	Señor de Luren-Ica	
	Santa Margarita-Ica	
	H.Oliva-Ica	
	APAI-Ica	
	Santa Martha-Ica	
	La Fabril-Nazca	
	Bella Unión-Acarí	
	San Vicente-Majes.	

2.2.2.3. USOS ACTUALES

Los principales usos son:

- 1) Algodón Quirúrgico.
- 2) Como material de relleno: colchones, almohadas, cojines y tapicería en general
- 3) Para la fabricación de mechas y pabilos.

2.2.3. OFERTA

2.2.3.1. COMERCIALIZACION.

Como dijimos en la sección 2.2.1., al separarse la fibra larga de la pepa del algodón en las desmotadoras, éstas últimas son compradas por las industrias aceiteras, como la pepa contiene el linter, estas compañías en sus deslintadoras separan las semillas del linter. Por tanto a partir de la compra de la pepa del algodón son las industrias aceiteras los dueños del linter y ellos quiénes lo comercializan.

Principales Compañías aceiteras:

EMPRESA	UBICACION DE LA FABRICA
Industrias Pacocha S.A.	Huacho
Cía Indust. Perú-Pacífico S.A.	San Martin de Porres-Lima
Cía Oleaginosa del Perú S.A.	Callao
Oleoficio Lima S.A.	San Martin de Porres-Lima
Cía Industrial La Unión S.A.	San Vicente-Cañete
Unión Comercial Indust. S.A.	Carretera a Sullana-Piura
Sindicato de Inversiones Indust. (Fáb. San Cristóbal)	Piura
Cía Oleaginosa del Perú S.A.	Sullana-Piura.
Salixto Romero S.A. (Fáb. San Jacinto)	Piura.
Soc. Agrícola e Indust. MAJES S.A.	Majes- Arequipa.
Fab. Aceitera Central Desmotad.	Pisco-Ica

2.2.3.2. PRECIO

Como la comercialización del linter es libre dependiendo del vendedor y del comprador sólo daremos una cifra que representa un precio promedio, para tener una idea del valor de nuestra materia prima.

Este dato ha sido proporcionado por ENCI y repetimos no

es un valor oficial

Precio aproximado del linter 3,000 el quintal.

2.2.3.3. VOLUMENES DE LINTER OBTENIDOS EN UN PERIODO DE 5 AÑOS

TABLA 2.9

AÑO	TONELADAS METRICAS ANUALES
1975	950.1
1976	742.5
1977	728.4
1978	921.9
1979	1,223.8
Se espera según un programa de producción para 1980	1,268.0

CAPITULO III

ESTUDIO GENERAL DEL PRODUCTO, MATERIA PRIMA y PROCESO DE PRODUCCION DE CELULOSA INDUSTRIAL.

3.1. RESUMEN DEL CAPITULO.

Quando hablamos de celulosa en un sentido técnico nos referimos a los residuos obtenidos por sometimiento de materias vegetales a ciertos procesos de pulpa; estas pulpas consisten principalmente de celulosa y materiales estrechamente relacionados con ella, pero difieren en los constituyentes no celulósicos en cantidad y naturaleza, El contenido de celulosa varía con el proceso y el material usado.

Por otro lado, Celulosa químicamente hablando es un: polisacárido de longitud de cadena larga insoluble en agua o ácidos y álcalis diluïdos . Consiste de unidades de glucosa anhidro enlazadas y posee un diagrama de rayos X típico.

Hecha esta diferenciación en forma muy simplificada, a continuación desarrollaremos los siguientes puntos:

- 1) Nos referiremos a la celulosa como compuesto orgánico, ver sus características y propiedades
- 2) Después hablaremos sobre la Celulosa industrial como producto de un proceso de pulpa, orïgenes, usos, etc.
- 3) A continuación nos referiremos a la celulosa industrial obtenida a partir de lïnteres de algodón que es específicamente el tema de nuestro trabajo.
- 4) Finalmente, se presentará las etapas del proceso de pulpa. Aquí mencionaremos las alternativas para las dos etapas principales.

3.2. CELULOSA: COMPUESTO ORGANICO DE ALTO PESO MOLECULAR

3.2.1. POLIMEROS.-

Propiedades generales de compuestos de alto peso molecular.

Los compuestos con moléculas que consisten de cientos de miles de átomos que permanecen juntos por fuerzas de valencia primaria (Anexo 1) son llamados compuestos de alto peso molecular y tales moléculas por su gran tamaño son denominadas macromoléculas o polímeros. La macromolécula está constituida por un gran número de unidades iguales que se repiten a lo largo de toda ella.

El caucho natural o sintético, resinas naturales o sintéticas, varnices, films, adhesivos, celulosa (principal componente de fibras vegetales), proteínas (el principal constituyente de fibras-

de origen animal), varias clases de vidrio, asbestos, cuarzos, son sustancias a base de altos polímeros.

Esta lista es suficiente para ilustrar la importancia del estudio de polímeros y su gran variedad de propiedades.

Los pesos moleculares de estas sustancias van de 10,000 a varios millones y raramente caen a 5 ó 8 mil. Estos compuestos son una mezcla de polímeros homólogos, por lo tanto, su peso molecular es un valor promedio estadístico.

Las propiedades son determinadas principalmente por su naturaleza química, peso molecular y la estructura (configuración) de la macromolécula.

Todos los polímeros se disuelven con mayor dificultad y en un número más pequeño de solvente que compuestos similares de bajo peso molecular y muchos de ellos no se disuelven en ningún solvente.

Como una regla general, la viscosidad de las soluciones de estas sustancias es muy alta. Sólo unos pocos polímeros tienen un punto de fusión definido al cual pasan a un estado fluído; con el calor, la mayoría de ellos se descompone sin fundirse, pero en ciertos casos la descomposición es precedida por algún ensuavecimiento.

3.2.2. CELULOSA: ORIGEN Y CONSTITUCION

Como dijimos anteriormente, la celulosa es el principal componente de las fibras de origen vegetal por tanto es un compuesto producido por la naturaleza. Se sabe que las plantas toman agua y sales a través de sus sistema de raíces y transportan éstas como savia a la estructura de la hoja. Allí el agua se pone en contacto con el dióxido de carbono tomado del aire por respiración y en presencia de la clorofila y energía solar ocurre una aparente condensación resultando una eliminación de oxígeno y la formación de la glucosa. Posiblemente la reacción es como sigue:



6 HCHO

$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$

La glucosa en solución pasa con la savia a las células de la planta donde se lleva a cabo probablemente la transformación en celulosa. Los análisis de celulosa, indiferente del origen, siempre muestran 44.4% de carbono, 6.2% de hidrógeno y 49.4% de oxígeno. Esto corresponde a una razón de 6 carbonos a 10 hidrógenos y a 5 oxígenos y la fórmula más simple para la celulosa sería $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$

donde el valor del factor n debe esperarse de la evidencia del tamaño molecular.

Dado que siempre que se somete a la celulosa a una hidrólisis ácida se obtiene un rendimiento cuantitativo de glucosa, se deduce que la glucosa debe ser la estructura fundamental de las unidades que forman la celulosa.

En 1925 Haworth dió a conocer completamente la estructura de la glucosa como un anillo de 6 miembros. De acuerdo con este concepto las dos formas estereoisoméricas de la glucosa serían las que se muestran en la fig. 3.1a.

Ambas difieren en que la forma α tiene los grupos hidróxilos de los carbonos 1,2,4 en un lado del plano del anillo con grupos OH^- de los carbonos 3,6 en el lado opuesto; mientras que en la forma β los grupos hidróxilos de los carbonos 2,4 están en un lado y los de 1,3,6 al otro lado. Las dos formas pueden identificarse por sus actividades ópticas.

De los cinco grupos OH^- que tiene la celulosa, por investigaciones realizadas se ha encontrado que sólo 3 de ellos son capaces de reaccionar (uno primario y dos secundarios). Durante la combinación de unidades de β -glucosa dentro de la celulosa, dos grupos OH^- , uno de cada unidad, deben haber reaccionado para proporcionar los medios de combinación. La asunción obvia es que se elimine agua para proporcionar el eslabonamiento. Y se ha encontrado que cuando la celulosa es tratada con una mezcla de ácido acético y sulfúrico a 120°C , el producto resultante de tal acetólisis es un disacárido al que se le ha llamado celobiosa.

En la celobiosa, dos unidades β -glucosa están unidas por un enlace 1,4 β -glucósidos. Por tanto, los anillos de glucosa que forman la celulosa, deben estar sujetas por un átomo de oxígeno con una valencia del átomo de carbono 1 de una de las unidades y la otra del átomo de carbono 4 de la unidad adjunta, tal como se muestra en la figura 3.1.b.

Los diagramas de rayos X muestran una repetición periódica de planos idénticos cada 10.3 Å de longitud de fibra lo que corresponde a la longitud de la celobiosa. Además se tiene la certeza de que la glucosa en la cadena está arreglada en una línea en espiral dada una de ellas gira 180° en relación a la adjunta.

Por tanto, de todo lo anteriormente escrito, podemos concluir que la celulosa como macromolécula es una cadena de unidades β -glucosa anhidras que permanecen unidas por puentes de oxígeno 1,4 y cuya -

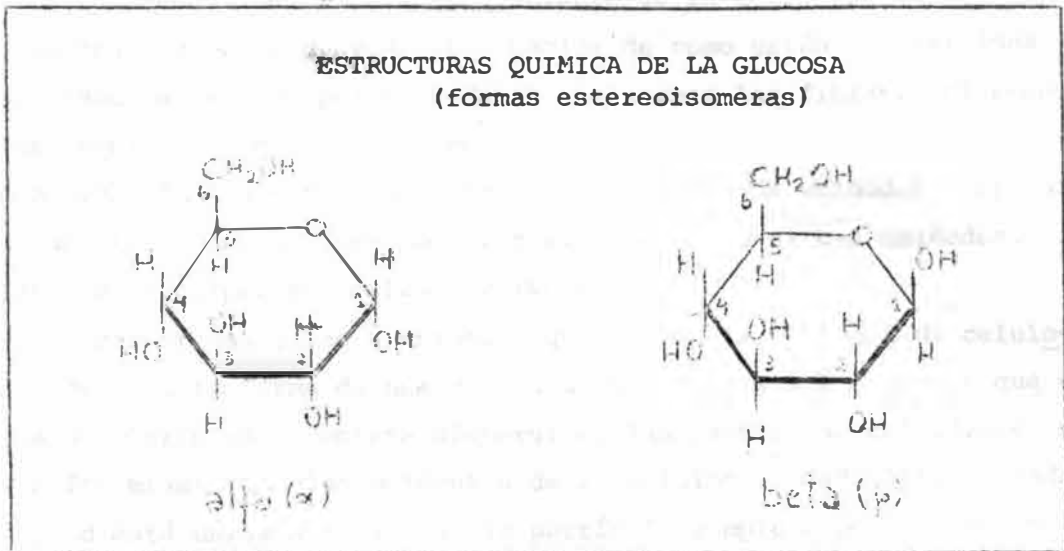


FIG. 3.1. a.

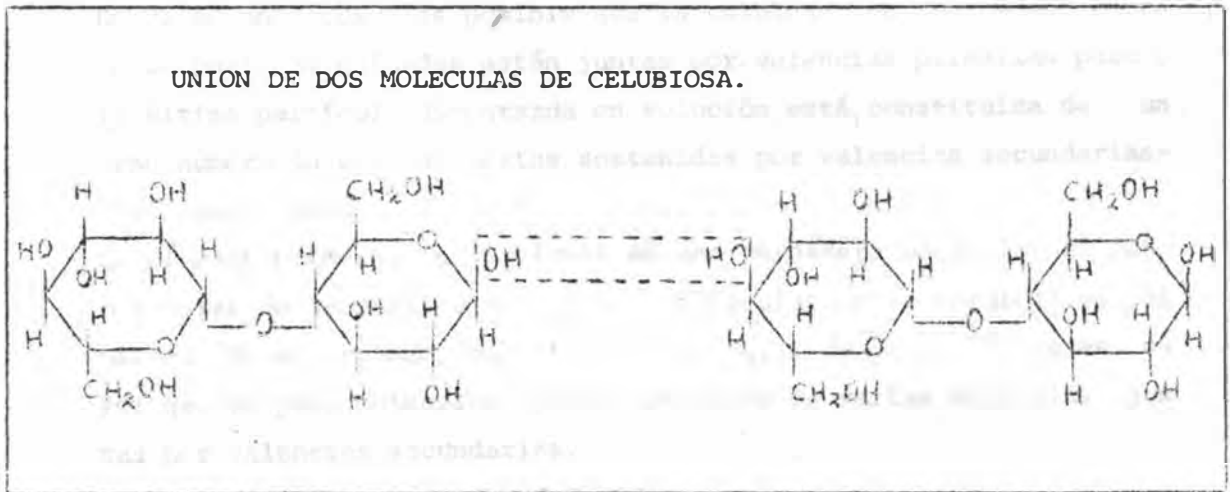


FIG. 3.1. b.

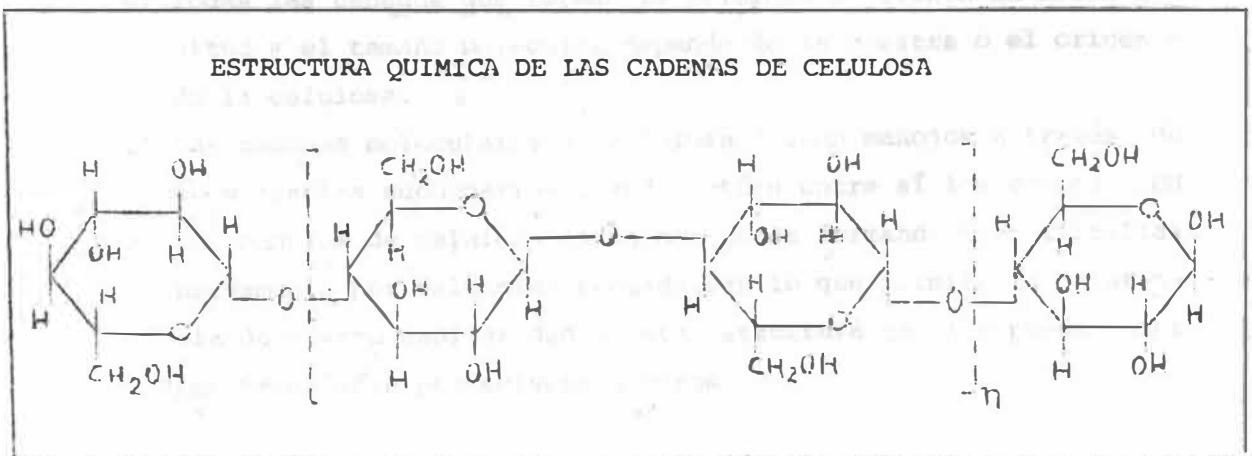


FIG. 3.1. c.

representación puede hacerse como se muestra en la Fig. 3.1.c.

3.2.3. ESTRUCTURA MORFOLOGICA: FIBRAS

Para comprender mejor el comportamiento de la celulosa ante agentes químicos, creemos conveniente hablar de como están constituidas - las cadenas, los grupos de cadenas que forman las fibras, así como las propiedades que esta tiene.

Como la celulosa está compuesta de gran número de unidades, hay más de una forma en que puede ocurrir el arreglo de dichas unidades.

Las dos principales son las siguientes:

En el primer caso, las n unidades que forman la molécula de celulosa están en la forma de una cadena de n unidades a lo largo y que cuando ocurre una completa dispersión, las partículas coloidales son las mismas que las moléculas de la celulosa. Cada átomo y cada unidad está unida a través de la partícula completa por valencias primarias mientras que entre las moléculas existen valencias secundarias (Anexo 1) que las mantienen unidas formando los manojos de cadenas Ver Fig. 3.2.a.

En el segundo caso, es posible que la celulosa sea una cadena corta en la cual las unidades están juntas por valencias primarias pero la última partícula dispersada en solución está constituida de un gran número de cadenas cortas sostenidas por valencias secundarias - Ver figura 3.2.b.

En el caso primero, la partícula es una verdadera molécula, el peso molecular de la partícula y el peso molecular de la celulosa es el mismo. En el segundo caso el peso molecular de la partícula es mayor que el peso molecular ya que consiste de varias moléculas juntas por valencias secundarias.

De muchas evidencias se ha deducido.

- a) Que la molécula de celulosa es una cadena de unidades β -glucosa anhidras unidas entre sí por valencias primarias.
- b) Todas las cadenas que forman la celulosa no tienen la misma longitud y el tamaño molecular depende de la muestra o el origen de la celulosa.
- c) Las cadenas moleculares de celulosa forman manojos a través de las valencias secundarias cuando actúan entre sí los grupos OH
- d) Los manojos de celulosa están agregados formando microfibrillas nuevamente por valencias secundarias lo que permite la existencia de cierta capilaridad. Esta estructura capilar puede ser penetrada sólo por solventes puros.

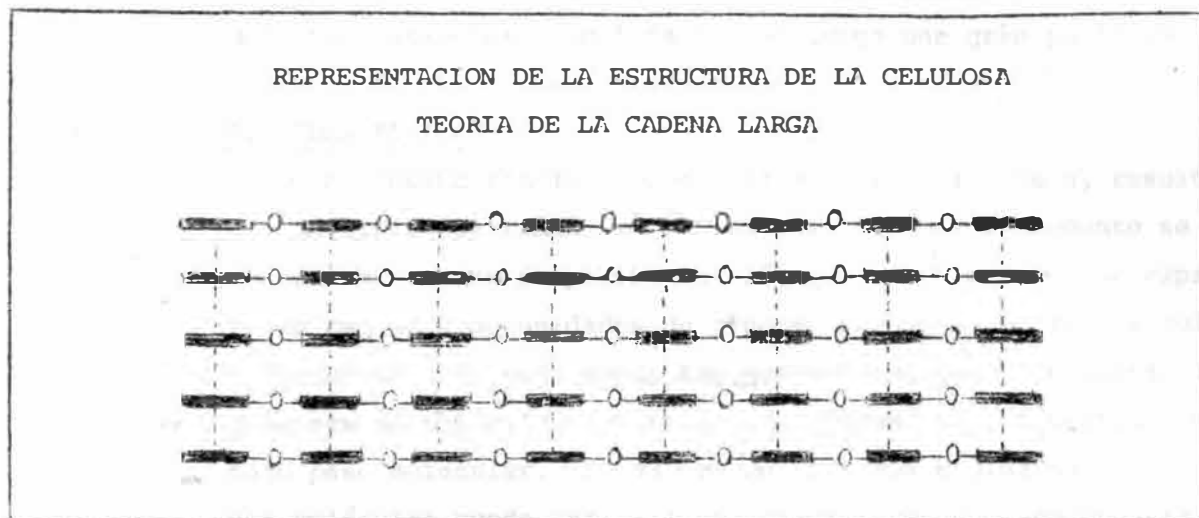


FIG. 3.2. a.

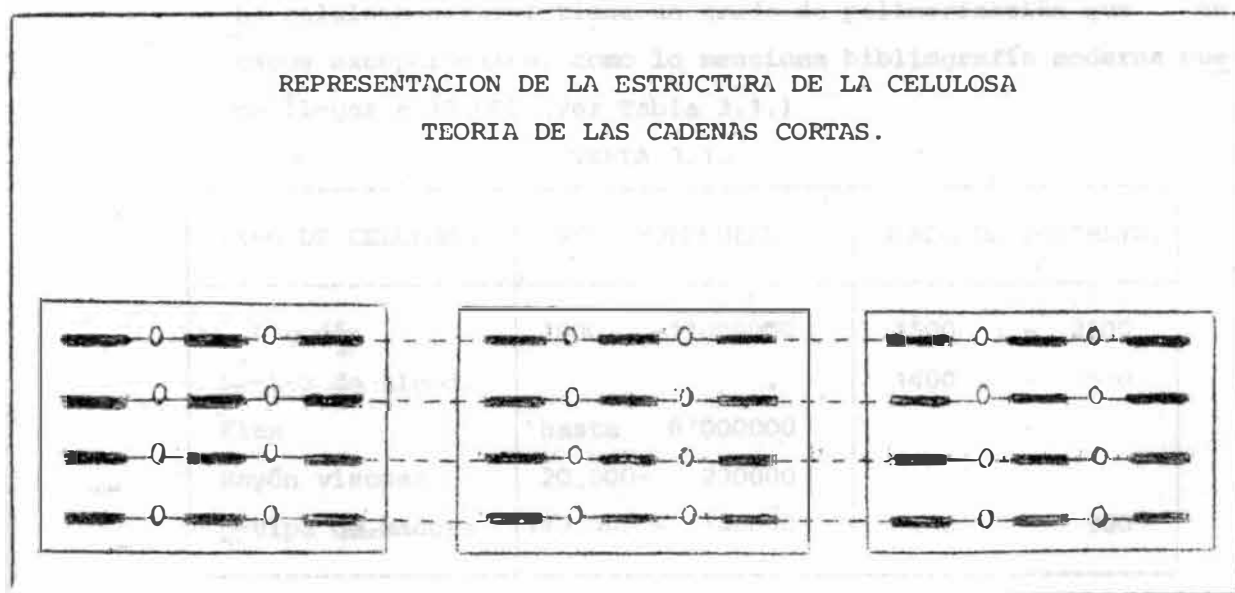
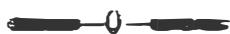


FIG. 3.2. b.



valencias primarias o principales

valencias secundarias o segundas valencias.

- e) Estas microfibrillas forman a su vez macrofibras produciéndose así una mayor capilaridad la cual puede ser penetrada por soluciones coloidales.
- f) Los dos sistemas capilares están interconectados para formar una gran estructura compleja la que juega una gran parte en el fenómeno de absorción e hinchamiento.

3.2.4. PROPIEDADES FISICAS

1) GRADO DE POLIMERIZACION.- Como dijimos, el valor de n, resulta del análisis del tamaño molecular o lo que más comunmente se conoce como grado de polimerización que es un número que expresa la cantidad de unidades de glucosa presentes en la molécula de celulosa. En este punto hay que aclarar que la celulosa no consiste de moléculas idénticas como sucede en compuestos de bajo peso molecular. El número de unidades b-glucosa anhidras por moléculas puede variar sobre un gran rango. Una muestra de celulosa contendrá muchas moléculas de diferentes longitudes. El llamado grado de polimerización representa el número-promedio de unidades de glucosa en la molécula.

La celulosa natural tiene un grado de polimerización que en casos excepcionales, como lo menciona bibliografía moderna puede llegar a 10,000 (Ver Tabla 3.1.)

TABLA 3.1.

TIPO DE CELULOSA	PESO MOLECULAR	GRADO DE POLIMRIZ.
Algodón	1000 - 1'000000	1500 - 2500
Linter de Algod.		1400 - 1500
Flax	hasta 6'000000	
Rayón viscosa	20,000- 230000	
p-ulpa de madera	113,000 - 146000	700 - 900

Hay varios métodos para la determinación de esta propiedad que muestra el Apéndice I.

2) LONGITUD DE FIBRA- Esta es una característica de la fibra estrechamente relacionada con el grado de polimerización, ya que si la celulosa está constituida en forma de fibras es por su condición de polímero, es decir, de compuesto de alto peso molecular.

La longitud de fibra se determina por norma de ASTM como se verá en un fibrograph.

- 3) RESISTENCIA DE LA FIBRA A LA TENSION- Nos indica la fuerza en libras por unidad de peso en miligramos de la fibra que se requiere para poder romperla; por esto es que mide la resistencia, la fuerza y por tanto la calidad de la fibra.
- 4) GRADO DE BLANCURA- La determinación de esta propiedad física se determina actualmente usando una técnica moderna como es la medida espectrofotométrica de la reflectancia y la transmitancia espectrales en aparatos como el colorimeter registrador que se calibra automáticamente y emplea el método de cero sus medidas de los tres colores primarios visuales designados con funciones triestímulos (rojo, verde y azul, violeta) son comparadas con las correspondientes al sulfato de bario

$$G = 89.83 \quad R = 89.48 \quad B = 88.98$$

La luminiscencia relativa del color esta dada por la función triestímulo verde y este color dividido por la función verde del sulfato de bario nos dará el grado de blancura con un porcentaje respecto a la máxima reflexión de luz asignada al patrón (al más blanco).

Es necesario aclarar que para nuestro producto el parámetro es importante especificar la amarilles determinada como función de los tres procesos triestímulos. Un producto puede tener alta luminiscencia y una alta amarilles lo cual nos dice mucho a favor de este producto. Conjuntamente con un alto valor de luminiscencia se requiere una amarilles muy baja. Para el sulfato de bario este valor es 0.

3.2.5. PROPIEDADES QUIMICAS-

Los tres grupos hidróxilos que están presentes en cada unidad que forme parte de la celulosa no tiene todos la misma reactividad. Dentro de una misma unidad se cumple que:



Además no todos los grupos OH⁻ están disponibles como en el caso de alcoholes ordinarios debido a que muchos de ellos están unidos por valencias secundarias a otros grupos OH de otras cadenas.

Cuando se pone en contacto celulosa con algún agente químico, hay varios posibles efectos que dependen de la naturaleza de dicho reactivo y de su grado de penetración dentro de la celulosa.

- 1) El agente puede penetrar la estructura macrocapilar y romper y aflojar las fuerzas que sostienen juntas a las microfibrillas produciéndose una dispersión o hinchamiento limitado de la fibra.

En este caso cualquier acción estaría limitada a las cadenas formando la superficie de las microfibrillas.

Tienen lugar así las llamadas reacciones de dispersión o turgencia, donde no decrece la longitud promedio de las cadenas ni hay cambio en la naturaleza química de los grupos OH sobre la cadena.

Un ejemplo de esto es la dispersión de celulosa en soda cáustica la que a la concentración de 17.5% produce la máxima dispersión sobre la celulosa.

- 2) Otros agentes pueden ser capaces de penetrar dentro de los espacios microcapilares (microfibrillas) y así causar la ruptura de las fuerzas que mantienen juntas a los manojos de cadenas y producir una mayor turgencia (hinchamiento). Si la penetración entre los manojos de cadena ocurre, el agente podría producir una reacción más completa y entonces podría reaccionar con las cadenas formando la superficie de los manojos de cadenas (partículas coloidal). Este tipo de reacciones son las denominadas reacciones de degradación. En este caso se produciría un cambio en la longitud promedio de las cadenas mediante dicha degradación.

Ejemplo de esto es la acción de ácidos, como veremos más adelante.

- 3) Cuando el agente químico es capaz de penetrar entre las cadenas mismas y romper las segundas valencias (o valencias secundarias) que atan o unen estas cadenas, ocurriría un hinchamiento muy marcado que podría terminar en una completa dispersión. Entonces la reacción procedería hacia una acción sobre todas las cadenas separadas de la fibra.

Estas son las reacciones de transformación de grupos hidroxilos donde se produce un cambio completo de estos grupos a otros y donde dicha reacción es del tipo de un alcohol orgánico normal.

Así se explican reacciones de esterificación, nitración, ete rificación, etc.

3.2.6. ACCION DE AGENTES FISICOS SOBRE LA CELULOSA:

- 1) EFEECTO DE LA TEMPERATURA-, La estabilidad térmica de la celulosa es muy limitada y depende de gran medida del tiempo durante el cual está sometida al efecto de temperatura. Un calentamiento prolongado aún a temperatura de 100°C. dañan las propiedades de dispersión de la celulosa. La celulo

sa. La celulosa soporta calentamiento térmico corto a una temperatura de 180 - 200°C. A temperaturas mayores de 275°C, tiene lugar a una gran descomposición con la formación de productos de descomposición gaseosa. A 400 - 450°C., todos los productos de descomposición gaseosa desaparecen quedando un residuo (carbón)

Los siguientes datos fueron obtenidos por calentamiento de algodón en aire por una hora:

TABLA 3.2.

TEMPERATURA °C.	% DE PESO INICIAL
100	100
120	94.4
140	78.4
160	46
180	28

2) COMPORTAMIENTO DE LA CELULOSA EN AGUA Y SOLVENTES ORGANICOS:

A pesar del gran número de grupos hidróxilos los cuales son hidrofílicos por naturaleza, la celulosa no es soluble en agua lo cual se debe probablemente a la presencia de puentes de hidrógeno y enlaces intermoleculares del tipo de Van der Waal's y es capaz de una dispersión limitada.

Cuando se le sumerge en agua, la sección transversal de la fibra aumenta en un 45 - 50% y su longitud en 1-2%. El hecho de que el patrón de rayos X de la fibra después de esto no cambia, indica que el agua penetra sólo en las partes con menor orientación.

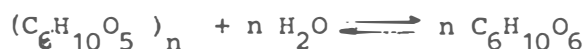
La celulosa no es soluble en ninguno de los solventes orgánicos usuales, tal como el alcohol, eter, benceno, gasolina. El tratamiento de las fibras de celulosa con ciertos solventes orgánicos sin embargo, aumentan considerablemente la reactividad de la celulosa.

3.2.7. ACCION DE AGENTES QUIMICOS SOBRE LA CELULOSA.

- 1) ACCION DE ACIDOS.- Los enlaces glucosídicos de las moléculas de celulosa son débiles a la acción de ácidos minerales y son fácilmente hidrolizables, ellos se rompen y se combinan con agua lo que resulta en la desintegración de las moléculas.

La velocidad de acción de las soluciones ácidas no es la misma en diferentes partes de la fibra y como resultado, se forma una mezcla compleja de productos de descomposición incompleta de celulosa. La descomposición de esta mezcla cambia con el curso de la hidrólisis.

El producto final de descomposición hidrolítica de celulosa es la d-glucosa. La ecuación puede escribirse:



El producto intermedio de la hidrólisis es la llamada hidrocelulosa. Puede verse de lo anteriormente dicho que la hidrocelulosa no es un compuesto químicamente individual sino una mezcla con celulosa y su composición depende de las condiciones de hidrólisis. Los Oligosacáridos con un factor de polimerización de 2 a 6 y celo-dextrinas con un factor de 7 a 60 se han obtenido de tales mezclas.

La hidrocelulosa se caracteriza por su solubilidad parcial en soluciones alcalinas débiles y una alta capacidad reductora. La transformación de celulosa en hidrocelulosa también reduce la resistencia de la fibra, así llega a ser frágil y la fibra puede ser fácilmente convertida a polvo. El grado de modificación de las propiedades depende del tiempo de contacto, temperatura y concentración empleadas.

La acción hidrolítica de ácidos depende de su naturaleza.

Los ácidos minerales tales como nítrico, sulfúrico causan fuerte degradación de celulosa; el efecto del fosfórico es más moderado y el menor grado de destrucción es originado por ácidos orgánicos (acético, fórmico) y ácido bórico.

Estas acciones de degradación se ven fuertemente incrementadas por la acción de la temperatura.

- 2) ACCION DE SOLUCIONES DE SALES.- Las soluciones de sales ácidas tienen el mismo efecto sobre la celulosa como los ácidos. Un efecto similar es producido por sales neutras como cloruro de aluminio o magnesio los cuales producen hidrólisis por calentamiento.

La celulosa se hincha en soluciones concentradas de algunas sales neutras y por calentamiento gradual primero llega a ser como un gel entonces pasa a la solución. Las siguientes sales en solución producen una fuerte dispersión llegando a disolver

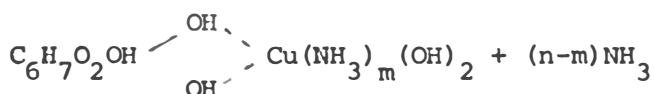
a la celulosa: LiI, Li(CNS), KCNS, Ca(CNS).

La solución amoniacal de óxido de cobre o hidróxido en amoníaco acuoso. Este reactivo fué descubierto por Schweitzer y es el solvente específico para la celulosa. Aparentemente la dispersión de celulosa por este reactivo es debido a la formación de un complejo de sal de cobre amoniacal el cual es estable sólo en presencia de un exceso de amoníaco.

Hasta el presente (1978) la composición del compuesto cobre-celulosa no es conocido definitivamente así como la naturaleza del enlace cobre-celulosa aún no aparece claro. Algunos investigadores son de la opinión que el cobre está enlazado químicamente con grupos OH formando alcoholatos típicos; el cobre formaría con la celulosa un anión complejo el cual con el catión de cuproamonio da una sal compuesta.

Otros investigadores suponen que el cobre no está enlazado a la celulosa por las fuerzas de valencia principales (valencias primarias) sino está retenido cerca a los grupos OH por enlaces adicionales formando compuestos complejos.

Se supone que un compuesto complejo está formado por cada 2 grupos OH con una molécula de $(\text{Cu}(\text{NH}_3)_n)(\text{OH})_2$ como sigue:



Esta asunción está basada en datos sobre el bajo calor de interacción de celulosa con la base cuproamonio, por consiguiente parece ser la más correcta.

Las soluciones de celulosa cuproamonio son usadas en la fabricación de fibras artificiales de cuproamonio.

Las soluciones de cuproamonio producen tan pequeña degradación que han sido adoptadas para la determinación estandar de la viscosidad de la celulosa y por esto, el peso molecular puede ser determinado por medio de un viscosímetro.

- 3) ACCION DE ALCALIS.- Los enlaces o puentes que unen los grupos glucosídicos son altamente resistentes a los álcalis. A temperaturas normales, las soluciones débiles de soda cáustica no

tienen efecto sobre la celulosa. Pero por ebullición en solución de 1% de soda, una pequeña parte de celulosa pasa a la solución. Conforme la concentración del álcali aumenta, la solubilidad de la celulosa llega a ser considerablemente mayor.

La acción de las soluciones alcalinas se ve más pronunciada cuando está presente el aire. En este caso la soda caústica promueve la oxidación de la celulosa por el oxígeno de la atmósfera y la celulosa es transformada a oxixelulosa.

Este nombre se ha dado al material celulósico que ha sido atacado por agentes oxidantes pero que aún retiene su forma de fibra.

En soluciones concentradas de soda caústica (arriba del 10%) a temperatura normal, la fibra se hincha, llega a ser elástica y se contrae su longitud. Si tal contracción es impedida la fibra adquiere lustre que retiene después de eliminar el exceso de álcali por lavado (mercerización).

Desde el punto de vista químico, la esencia de este proceso está en la absorción de álcali con formación de álcalicelulosa. No está claro como en estas condiciones la soda caústica se combina con la celulosa. Es posible que se lleve a cabo una reacción del mismo tipo como en los alcoholatos.



Sin embargo, a pesar de las evidencias muchos investigadores creen que esto no es posible, porque, en el caso de los alcoholatos, basta una pequeña cantidad de agua para que sean fácilmente hidrolizados. Ellos son de la opinión que la soda caústica se combina con la celulosa formando un compuesto molecular de acuerdo con:



Esta conclusión está confirmada por la posibilidad de obtener compuestos complejos por la interacción de hidróxidos de metal con alcoholes monobásicos (metil, etil, isobutil) y básicos (glicerina, manitol, dulcitol).



Considerando que los grupos OH de la unidad elemental de la celulosa, muestran diferentes reactividad hacia álcalis, puede suponerse que en la interacción de la celulosa con soluciones concentradas de álcali, tanto compuesto moleculares de celulosa con álcali como alcoholatos de celulosa pueden formarse dependiendo de las condiciones de reacción. El problema de la composición de álcali-celulosa no ha sido resuelto hasta ahora. Pero no hay duda que la composición de álcali celulosa no es constante. La cantidad de NaOH combinada está limitada por hidrólisis y depende de la concentración del álcali y temperatura; con un incremento en la concentración de la solución de álcali y con un decrecimiento en su temperatura, la cantidad de NaOH combinado llega a ser mayor. Z.A. Rogoven supone que esto se debe a la diferencia en los coeficientes de temperatura de la reacción entre la celulosa y el álcali y la hidrólisis de álcali celulosa.

La cantidad de álcali combinada con celulosa puede ser indirectamente determinada por el cambio en la concentración de la solución alcalina antes y después del tratamiento.

La fig. 3.3. muestran los datos obtenidos por Fiveg sobre la absorción de hidróxido de sodio por la celulosa. Al principio, la curva de absorción crece gradualmente pero con un incremento en la concentración de NaOH. Al 16% hay una inflexión y la curva llega a ser paralela al eje axial empezando nuevamente a crecer a una concentración de 24%. En la opinión de Fiveg y otros, las proporciones estequiométricas características de la parte horizontal de la curva indican la formación de un compuesto químico en el cual hay una molécula de NaOH por cada 2 residuos glucosídicos. El compuesto tendría la fórmula:



El contenido teórico de NaOH en un compuesto de esta composición es igual a 12.34% y puede verse de la Fig. que está alrededor del 13%.

A menor grado de polimerización de celulosa, mayor solubilidad en álcalis, por consiguiente la celulosa sometida a tratamiento químico se disuelve más fácilmente que la celulosa original,

CURVA DE ABSORCION DE NaOH POR LAS FIBRAS DE CELULOSA

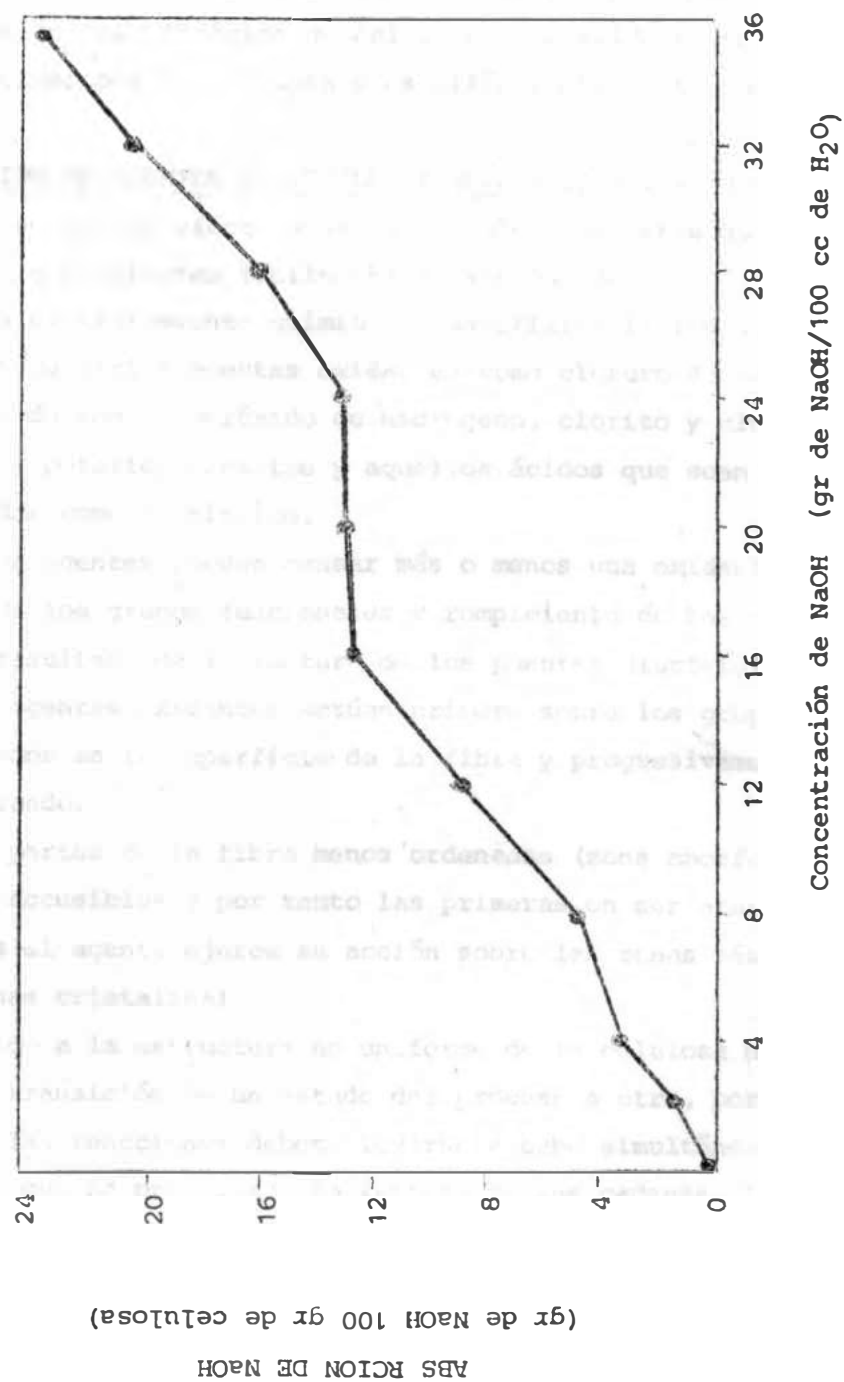


FIG. 3.3.

si la formación de alcali-celulosa u oxi-celulosa ha sido grande. La determinación de la solubilidad de la celulosa en álcalis es un método seguro para la determinación del grado de gradación de fibras de celulosa causadas por las sustancias químicas.

Una solución de hidróxido de calcio causa menos hinchamiento de la fibra que el hidróxido de sodio, Por calentamiento bajo presión, el hidróxido de calcio es absorbido en una pequeña cantidad por la celulosa y es difícilmente eliminado por lavado.

- 4) ACCION DE AGENTES REDUCTORES Y OXIDANTES.- Los agentes reductores no tienen efecto sobre la celulosa mientras que los oxidantes la convierten fácilmente a oxixelulosa.

Para el tratamiento químico de materiales fibrosos, se hacen usos de varios agentes oxidantes como cloruro de cal, hipoclorito de sodio, peróxido de hidrógeno, clorito y clorato de sodio y potasio; cromatos y aquellos ácidos que sean capaces de oxidar como el nítrico.

Estos agentes pueden causar más o menos una oxidación intensiva de los grupos funcionales y rompimiento de las cadenas como un resultado de la ruptura de los puentes glucosídicos.

Los agentes oxidantes actúan primero sobre los grupos OH localizados en la superficie de la fibra y progresivamente van penetrando.

Las partes de la fibra menos ordenadas (zona amorfa) son las más accesibles y por tanto las primeras en ser atacadas. Después el agente ejerce su acción sobre las zonas más ordenadas (zonas cristalina)

Debido a la estructura no uniforme de la celulosa no se aprecia transición de un estado del proceso a otro, por tanto todas las reacciones deben llevarse a cabo simultáneamente. Después que ha progresado la ruptura de las cadenas, la fibra se hace más débil y fácilmente se convierte en polvo. La mezcla de diferente producto de oxidación de la celulosa se llama, como dijimos, oxixelulosa.

Estudios realizados muestran que según el agente oxidante de que se trate (NO_2 , HIO_4 , NaClO_2) es posible atacar ciertos

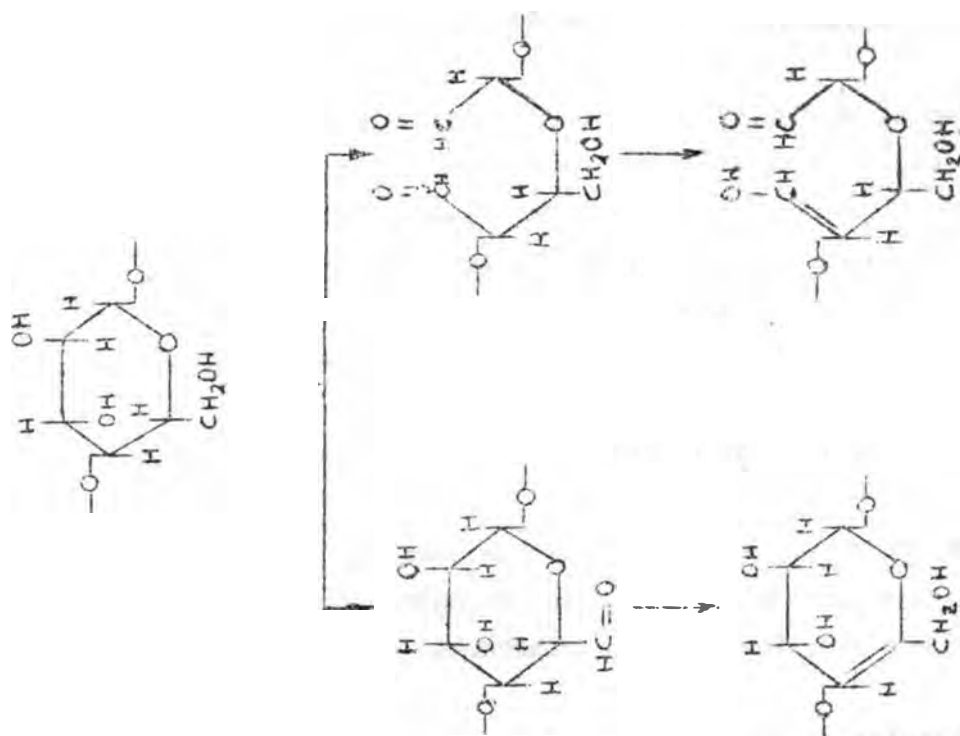


FIG. 3.4.b

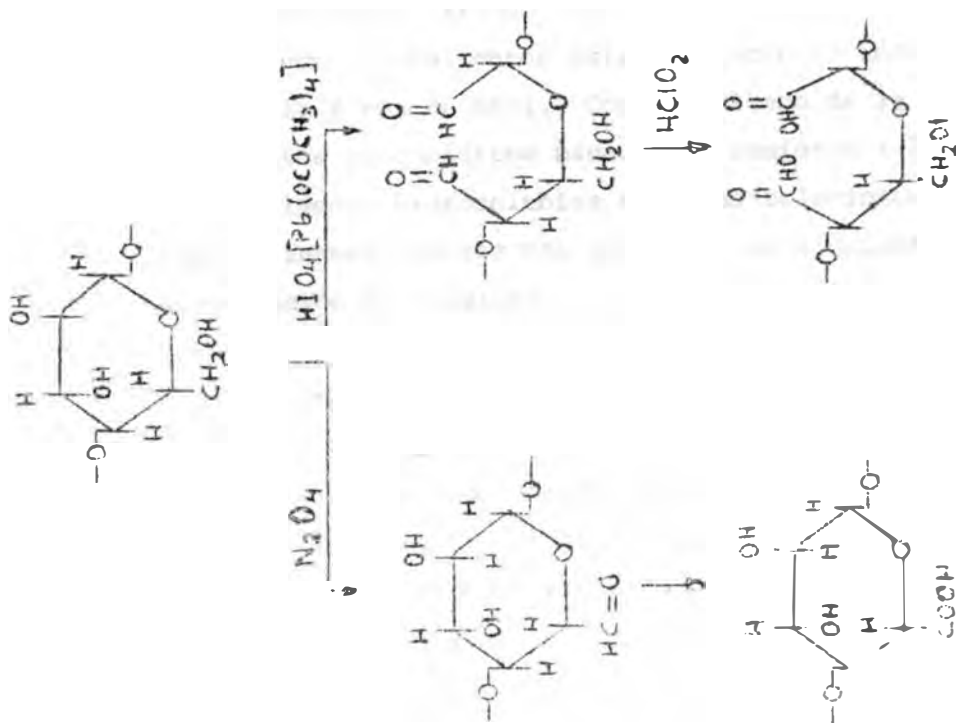


FIG. .4.a

grupos funcionales de la molécula, haciendo uso de su diferente reactividad. Estos resultados explican en alguna medida el mecanismo y posibles transformaciones en la oxidación de la celulosa.

Aunque los grupos aldehidos no son típicos de la celulosa, se han encontrado en los terminales de la macromolécula, por tanto es de interés la posibilidad de una oxidación selectiva a un grupo carboxil bajo la acción de cloritos en la cual los grupos OH no están involucrados y no se daña la cadena. La reacción - que se llevaría a cabo sería:



Hay agentes que afectan principalmente grupos de alcoholes primarios (en el carbono 6) mientras que otros reaccionan principalmente con los secundarios (carbonos 2 y 3) rompiendo el anillo. Ver Fig. 3.4.a.

Por otro lado, como se dijo, la celulosa en solución de cuproamonio es oxidada por la acción del O₂ del aire y esto reduce la viscosidad de la solución. Ver Fig. 3.4.b.

En esta reacción principalmente se lleva a cabo la oxidación del OH primario a grupo aldehido. Los OH secundarios también son parcialmente oxidados con formación de aldehido de celulosa. Los productos resultantes sufren un arreglo intermolecular pasando a la forma de enol. Como resultado de la enolización, los puentes glucosídicos usualmente resisten a álcalis llegan a ser fácilmente hidrosolubles en estas soluciones.

Algunos investigadores han propuesto el siguiente diagrama para la oxidación de celulosa:

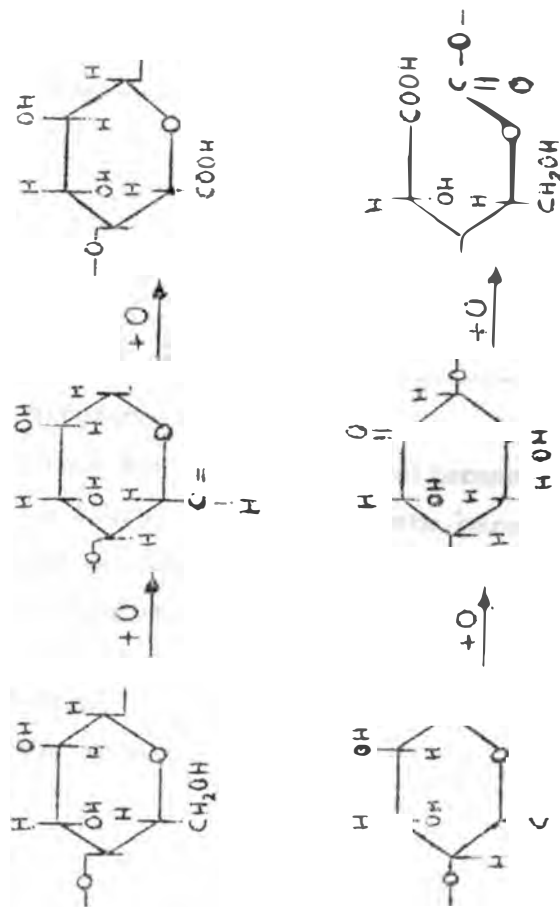
1.- En un medio ácido

1°.- Oxidación de los grupos OH primarios a grupo aldehido- y luego a grupo carboxílico.

2°.- Formación de monoketona y su posterior oxidación con rompimiento del anillo y formación de carbonato de celulosa. Una parte de grupos carboxil forman grupos lactona. Ver. Fig. 3.5.a.

OXIDACION DE LA CELULOZA.

medio ácido



G .5 a

En medio alcali o

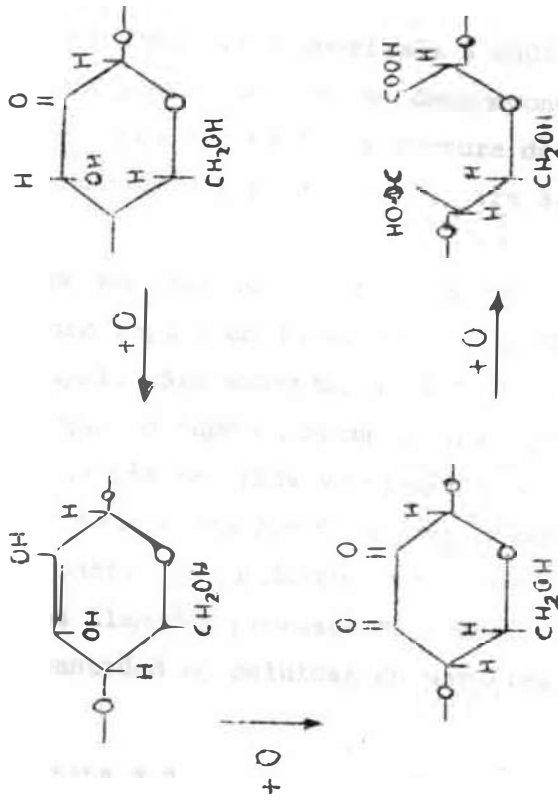


FIG. 3.5.b

2.- En un medio alcalino

1°.- El grupo OH primario es oxidado a grupo carboxil.

2°.- La monoketona formada es isomerizada a endiol y entonces oxidada a diketona la cual se descompone con la formación de grupos carboxilos y ruptura de algunas unidades de la macromolécula. Ver figura 3.5.b.

1.3. PRODUCTO: CELULOSA INDUSTRIAL

3.3.1. ANTCEDENTES.- Desde tiempo muy antiguos se ha conocido el uso de las fibras de celulosa para ropa y en la forma de las fibras de la planta Papyrus para papel. Sin embargo, no fue sino hasta principios del siglo XIX que se supo el hecho de que la celulosa estuviese presente en todas las materias vegetales. A partir de entonces se han realizado muchos experimentos para obtener celulosa lo más pura posible a partir de productos vegetales por acción de agentes químicos en los llamados procesos de pulpa. Para dar una idea de la cantidad de celulosa en materias vegetales citamos algunas:

TABLA 3.3.

<u>MATERIA VEGETAL</u>	<u>CONTENIDO DE CELULOSA DESPUES DE SU PURIFICACION</u>
Algodón	99%
lino y ramio	30%
varias maderas	45- 52%
paja y hierba	cantidades pequeñas

Se ha sostenido que las diferencias que habían entre las pulpas celulósicas de diferentes tipos son debido a las diferencias en la estructura que presenta la fibra, pero actualmente parece más probable que estas diferencias se deban a los ingredientes no celulósicos (los que llamaremos impurezas como son ceras, sustancias minerales, etc.), al grado de polimerización y a la estructura física de las fibras individuales.

Por lo demás se acepta, que al menos químicamente, la celulosa re

cuperada es la misma indiferente del origen.

3.3.2. USOS INDUSTRIALES DE LA CELULOSA.- Las modernas industrias requieren grandes cantidades de celulosa.

En la industria textil todas las fibras vegetales naturales importantes son celulósicas por naturaleza. Entre las fibras sintéticas: viscosa, cuproamónio y rayón de acetato de celulosa están preparadas de pulpa de celulosa altamente purificada.

La industria de papel depende de las industrias de pulpa que proporcionan los materiales de celulosa natural.

Grandes cantidades de celulosa y derivados de celulosa se usan también en explosivos; industria del cine (films), papel metálico, plásticos, cubiertas protectoras, adhesivos, cintas textiles y en muchos otros productos industriales importantes.

Nuevos cursos en la química de la celulosa.-

La química de la celulosa, actualmente en desarrollo, hará posible el uso de la celulosa (el más importante de los polímeros naturales), para la fabricación de una gran variedad de materiales con una nueva estructura y dotados con valiosas propiedades casi diferentes de aquellos productos de celulosa ordinarios.

Las investigaciones sobre la química moderna de la celulosa involucran los siguientes problemas.

- 1) Transformación de la celulosa natural conteniendo un tipo de grupos reactivos (grupos OH primarios y secundarios) a compuestos altamente moleculares, lo cual depende de las condiciones del proceso.
- 2) El uso de los principales tipos de reacciones usadas en la química orgánica para transformaciones químicas de celulosa modificada, conteniendo diferentes tipos de grupos funcionales reactivos y el desarrollo por consiguiente de nuevas clases de derivados celulósicos.

3.3.3. PROCESO DE OBTENCION: PROCESO DE PULPA.-

La pulpa de celulosa es la celulosa purificada recuperada de la planta por sometimiento de los materiales vegetales al proceso de pulpa cuyas etapas más importantes son las siguientes:

- 1° Digestión.- Consiste en tratar el material vegetal con sustancias tales como:

Sulfito de sodio (proceso de sulfito)
Sulfato de sodio (proceso de sulfato)
Soda cáustica (proceso de soda)

entre las más conocidas y usadas.

El fundamento de esta etapa es la solubilización (o hidrólisis) de las materias adheridas a las fibras (impurezas), evitando que ocurra una fuerte degradación de dichas fibras de celulosa para lo cual es necesario estudiar las condiciones a las cuales debe llevarse a cabo dicha etapa para que ocurra la mínima de degradación.

2° Blanqueo: La celulosa con una alta pureza es sometida a la acción de agentes blanqueadores oxidantes entre los más importantes están:

peróxido de hidrógeno (agua oxigenada)
hipoclorito de sodio
clorito de sodio

El objetivo de este blanqueo es la destrucción de la materia colorante que no se pudo separar en la digestión mediante oxidación con cualquiera de estos agentes mencionados.

3.3.4. FUENTES DE CELULOSA PARA USO INDUSTRIAL.-

La celulosa para usos industrial (que no sea la industria textil) viene de dos fuentes importantes:

- 1) Maderas (asbeto, pino)
- 2) Linteres de algodón.

De estas dos fuentes nos interesa, como lo dice el título del presente trabajo, el Linter de algodón.

3.4. MATERIA PRIMA: LINTER DE ALGODON

3.4.1. DEFINICION.- En el proceso de desmotado del algodón se separa la fibra larga de la pepa.

Esta pepa está formada por la semilla (la que se aprovecha en cierto porcentaje para sembríos y el resto es comprado por las industrias aceiteras) y fibra más pequeña adherida a ella la que se conoce con el nombre de LINTER.

El linter ha sido definido como "ese residuo de fibra encontrado sobre la semilla de todas las variedades de algodón después del desmotado".

En las deslintadoras se logra separar el linter de la semilla en dos cortes. El primero de longitud más larga (linter de 1ra. calidad). El segundo con mayor contenido de material sólido y de longitud más pequeña que el anterior (linter de 2da. calidad). Los residuos que quedan en las máquinas también son aprovechados (3ra. calidad).

En su estado natural, las fibras largas y las cortas (línteres) de algodón, son las formas más puras de celulosa encontrada en la naturaleza. Químicamente unas son tan satisfactorias como las otras. Cualquiera de los dos tipos de fibras, cuando son purificadas y blanqueadas cuidadosamente, la pureza como la homogeneidad física y química de la celulosa es mayor que la obtenida de cualquier otra fibra de otra planta. Debido a su valor en la industria textil y la economía involucrada, la fibra larga no es usada como un origen de celulosa. El linter se asemeja a la fibra larga en apariencia física sólo ligeramente. Este linter, como se dijo, consiste de una mezcla de 2 tipos de fibra. La larga, usualmente fibras débiles que han escapado durante el desmotado y las más cortas que son más coloreadas y que están colocadas alrededor de la cáscara de la semilla.

Los colores normales de los línteres son varios aunque por exposición a la luz estos pueden variar.

El clima influye produciendo manchas de hongos que junto con otras causas, pueden desarrollar otros colores.

Los colores naturales son fácilmente blanqueados mientras, que los otros son más difíciles o casi imposible de blanquear. Es por esto que en las industrias de pulpa se tiene mucho cuidado con las condiciones de almacenamiento.

3.4.2. DESARROLLO DE LA INDUSTRIA DE LINTER DE ALGODON.-

La pepa obtenida como un sub-producto del desmotado de algodón fué usada en un principio sobre todo para plantaciones y en una menor extensión para propósitos de fertilización y alimento para ganado. Cuando se supo de la posibilidad de obtener aceite, la industria aceitera se desarrollo grandemente, sin embargo pronto se presentó la dificultad de que la fibra adherida a la semilla absorbía demasiado aceite lo que disminuía el rendimiento (al principio las pe

pititas no eran descascarilladas antes de la compresión como ocurrió posteriormente) se puso pues de manifiesto la necesidad de eliminar la "pelusa" (linter) para facilitar la manipulación de las semillas.

Así aparece otro sub-producto del desmotado del algodón: linter. Inicialmente se utilizó como material de relleno para colchones, cojines, tapicería cuando no había mercado para la celulosa como material químico.

Posteriormente se puso interés en el linter para obtener celulosa para la industria de nitrocelulosa debido a que su bajo costo y alta pureza son más convenientes que obtener la celulosa de trapos de lino, papel, algodón blanqueado, como sucedió al principio.

Como resultado de los esfuerzos para producir linter de algodón de creciente calidad, pronto se reconoció que la calidad de los linteres estaba afectada por muchos factores incluyendo condiciones de almacenamiento de la pepita, limpieza de ésta y la velocidad y condiciones de la máquina deslinteradora.

En el esquema 3.1. se muestran los tipos, grados y usos de los linteres a nivel mundial.

En nuestro país, como dijimos en el capítulo de Estudio de Mercado, sólo se aprovecha como material de relleno, algodón quirúrgico, para mechas.

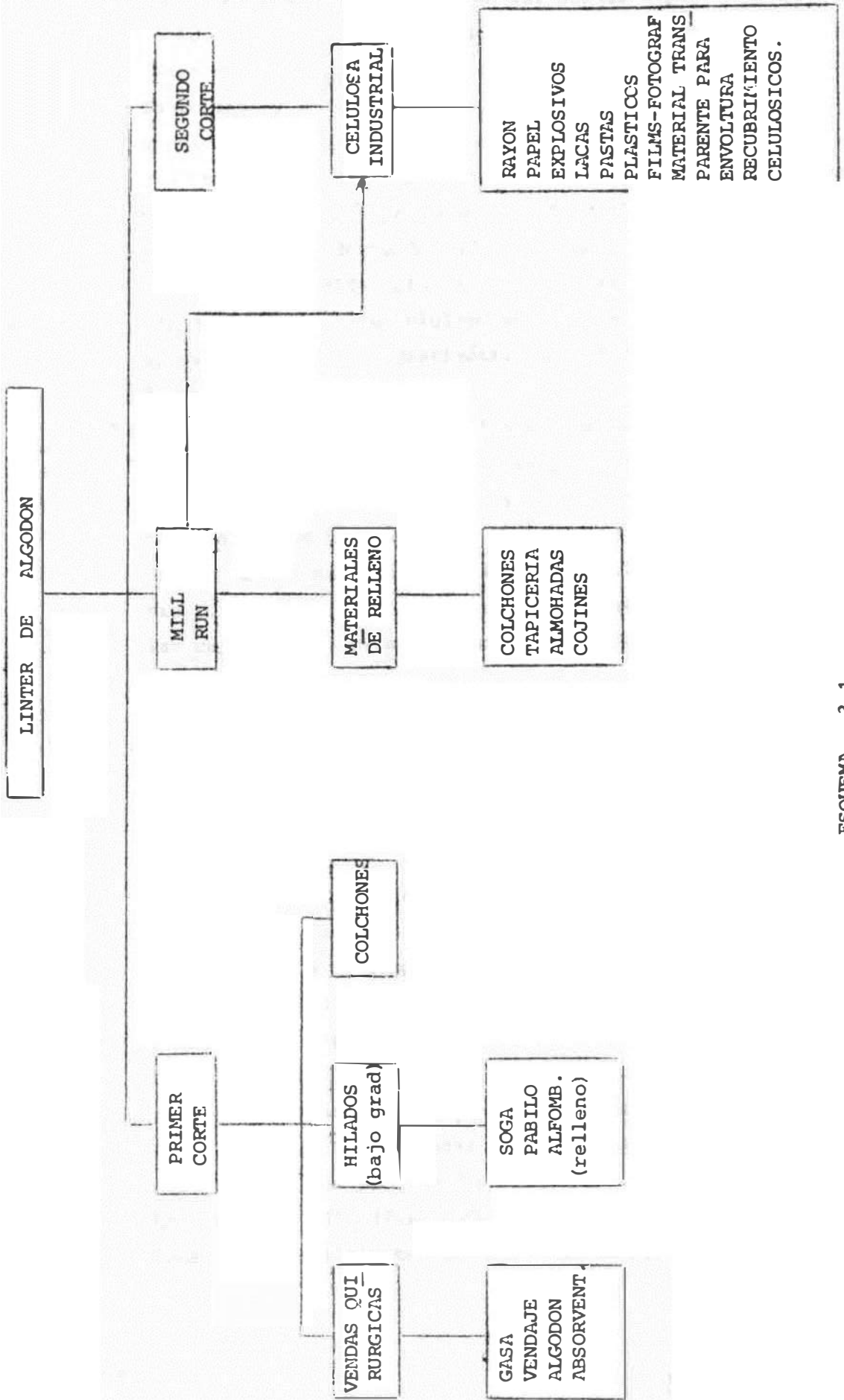
3.4.3. CONSTITUCION DEL LINTER DE ALGODON:

Los constituyentes propios del linter son los que a continuación se explican:

1) Celulosa.- Es el primer y principal constituyente del cual hemos hablado ampliamente. Aquí agregaremos lo siguiente:

En lo que se refiere a los procesos de obtención de celulosa industrial, como se dijo, las diferencias entre las pulpas celulósicas de diferentes tipos u orígenes, son debidas a las diferencias en los componentes no celulósicos. Además de esto, dentro de la celulosa hay diferentes clases o tipos:

-Alfa-celulosa: se refiere a la porción de la pulpa de la celulosa industrial la cual es insoluble en solución de soda cáustica fría de poder o fuerza regular (17.5 - 18%).



ESQUEMA 3.1.

-Beta celulosa: es soluble en tal solución pero precipita en solución ácida, mientras que:

-Gama celulosa: permanece insoluble en solución ácida.

Tanto beta y gama celulosas no son ciertamente celulosa en el sentido que ellas no contienen solamente unidades de anhidro - glucosa sino pueden consistir de polímeros de otros azúcares - tales como xilanos, productos de oxidación como oxixelulosa o compuestos verdaderos de celulosa pero de bajo peso molecular. La fracción de alfa celulosa de cualquier origen consiste de - una gran cantidad de celulosa como ya se ha definido. Hay métodos volumétricos o gravimétricos para la determinación de alfa, beta y gama.

- 2) Sustancias nitrogenadas.- Estas se encuentran en el protoplasma dentro de la fibra en la pared primaria y posiblemente secundaria de la célula. La cantidad de nitrógeno de estas sustancias está determinada por el producto del porcentaje de nitrógeno en la sustancia analizada por 6.25 (factor de conversión), asumiendo que las sustancias nitrogenadas son proteínas las cuales en un promedio contienen 16% de nitrógeno en su composición.

Esta suposición está basada en el hecho de que la reacción cualitativa de la celulosa con ácido nítrico concentrado como la reacción de la xantoproteína, muestra que las sustancias nitrogenadas contenidas en el algodón y linter por tanto, pertenece a las proteínas.

Análisis cromatográficos muestran que en la hidrólisis de la celulosa se encuentra ácidos y aminoácidos. Las sustancias nitrogenadas son de composición heterogénea.

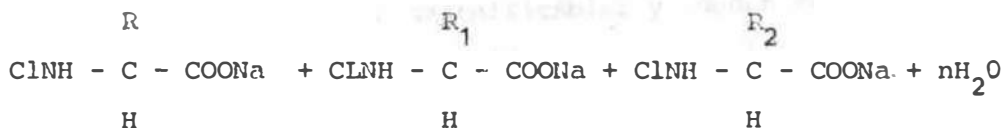
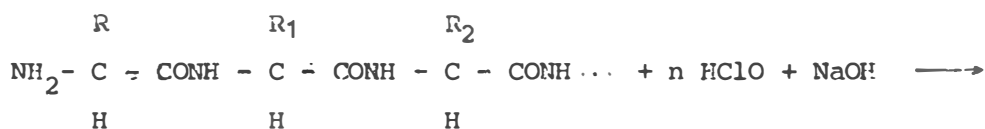
Trabajos realizados sobre la naturaleza de estas sustancias muestran que los constituyentes nitrogenados de naturaleza aluminosa son el 64.86% del contenido de nitrógeno total mientras que el resto está en la forma de nitritos y nitratos.

Las sustancias nitrogenadas pueden clasificarse en 2 grupos dependiendo de las propiedades físicas.

Uno de ellos (15- 27%) pueden eliminarse fácilmente de las fibras por calentamiento con agua caliente por una hora a 60°C ;

el mismo efecto se obtiene por la acción de soluciones ácidas o alcalinas a temperatura normal durante 2 ó 3 días. Parte de estas sustancias pueden eliminarse con alcohol a temperaturas normales. El resto de las sustancias nitrogenadas pueden ser eliminadas de la fibra (aunque no completamente) sólo después de ebullición por un tiempo relativamente largo con soluciones de soda caústica. Un efecto excepcionalmente fuerte se obtiene con tratamiento de soluciones de hipoclorito o clorito de sodio. Ellas aseguran casi totalmente la eliminación de estas sustancias.

La interacción del hipoclorito con las proteínas causa la ruptura de los enlaces polipéptidos formándose un número de aminoácidos, los cuales debido al exceso de álcali son convertidos a sales de sodio solubles.



- 3) Ceras.- Por ceras se entienden los componentes de fibras vegetales que son eliminadas por extracción con solventes orgánicos. Estas impurezas del linter de algodón contienen alcoholes alifáticos monohídricos de alto peso molecular: alcohol gossypyl $\text{C}_{20}\text{H}_{61}\text{OH}$, alcohol montanyl $\text{C}_{28}\text{H}_{57}\text{OH}$, alcohol ceryl $\text{C}_{26}\text{H}_{53}\text{OH}$ y alcohol carnaubyl $\text{C}_{24}\text{H}_{49}\text{OH}$ estos alcoholes grasos son insoluble en agua y álcalis. Ellos contienen más aún ácidos libres palmí-ticos oléicos y esteáricos y sus formas de esterés.

El contenido de alcohol gossypyl constituye el 44% del total de contenido de ceras. Están presentes también los hidrocarburos-sólidos $\text{C}_{30}\text{H}_{62}$ y $\text{C}_{31}\text{H}_{64}$ y por cierta cantidad de hidrocarburos líquidos.

Probablemente no se encuentre glicerina ni alcohol trihídrico-
lo que indica la ausencia o escasa presencia de grasas en es-
tas impurezas (por esta razón el término sustancias cerosas es
más apropiado que grasas y ceras que son usados o han sido usa-
dos muchas veces.)

Las ceras del algodón de diferente origen no difieren conside-
rablemente en sus propiedades y pueden caracterizarse por valo-
res principales.

Las tablas 3.4 y 3.5 muestran algunas características de las -
ceras contenidas en diferentes fibras de algodón, extraídas
con metileno-cloride y los porcentajes de la parte no saponifi-
cable de ceras de diferentes tipos de algodón, respectivamente
Análisis cromatográficos han confirmado la presencia de alcho-
les superiores con contenido de carbono mayor de 24.

La parte saponificable de las ceras consiste de ácidos monocar-
boxílicos superiores con contenido de carbono de C_{16} a C_{34}

Una parte de las sustancias mencionadas (ácidos grasos) fácil-
mente forman jabones bajo la acción de álcalis, mientras que -
la otra parte (la porción cerosa) es difícil de saponificar en
estas condiciones. Los alcoholes superiores y los hidrocarburo-
s no son totalmente saponificables y pueden ser eliminados -
de la fibra por emulsificación.

CARACTERISTICAS DE LAS CERAS EXTRAIDAS DE ALGODON.

TABLA 3.4.

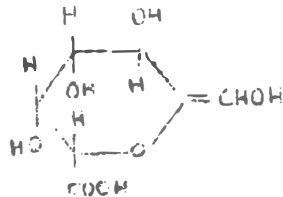
CARACTERISTICAS	RUSO	RUSO	EGIPCIO	AMERICANO
	TIPO I	TIPO II		
Punto de fusión (°C)	70-75	63-67	74- 78	70- 75
Valor ácido (mgKOH/grde cera)	32	38	35	36
Valor de saponificación (gr. de cera)	82	92	86	98
Parte no saponificable (%)	62	56	58	52
Parte saponificable (%)	37	43	40	47

TABLA 3.5

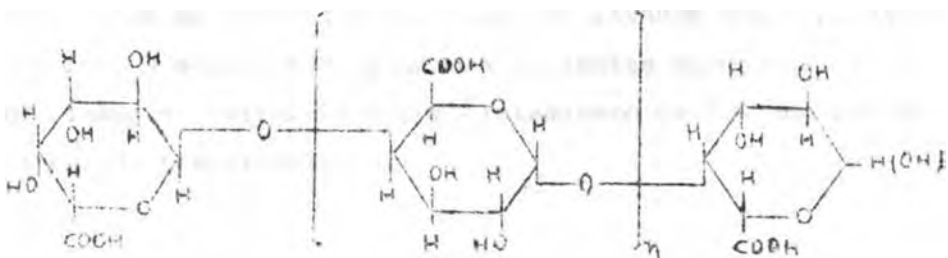
PORCENTAJE DE LA PARTE NO SAPONIFICABLE DE LAS CERAS EXTRAIDAS.

SUSTANC. NO SAPONIFICABLES	FIBRAS DE ALGODON			
	RUSO TIPO I	RUSO TIPO II	EGIPCIO	AMERICANO
Total	62	56	58	52
Alcoholes	47	42	45	40
Esteroles	1.7	2.7	1.7	1.6
Hidrocarbomos	13.2	11.1	10.4	10.8
a) Parafinas	4.4	2.5	3.4	4.0
b) Olefinicos.	8.8	8.6	7.0	6.8

4) Pectinas.- Las pectinas se encuentran en grandes cantidades en el mundo vegetal (contenidas en la médula y el jugo de diferentes frutas y raíces), forman un peculiar grupo de carbohidratos de una composición muy compleja. Su componente principal y característico es el pectato de calcio-magnesio. El ácido péctico pertenece a poliuronidas y es un ácido poligalacturónico en el cual la parte de los grupos carboxil es esterificada por alcohol metílico. Así el elemento estructural principal del ácido poligalacturónico es el ácido galacturónico:



Por lo tanto la macromolécula puede representarse así:



El contenido de pectinas en algodón aún no ha sido investigado enteramente. La información que hay es que las pectinas extraídas pueden ser separadas por medio de 70% de alcohol etílico en una parte soluble y otra insoluble. La parte soluble se encontró que era una mezcla de polisacáridos como: d-xilosa, l-arabinosa y d-galactosa encontrados en los productos de su hidrólisis ácida. La parte insoluble consistía principalmente de pectato de calcio-magnesio pero también contenía mezclas de polisacáridos (como se encuentra después de su hidrólisis) monosacáridos l-arabinosa, d-galactosa y d-xilosa aparte de ácido, d-galacturónico, alcohol metílico y ácido acético.

Estudios realizados por algunos investigadores han confirmado que existe una relación entre el decrecimiento en el contenido de pectinas y el aumento del contenido de celulosa progresivamente con la madurez de la planta (linter en un gran porcentaje está formado por fibras que no han madurado mucho y por eso su longitud es pequeña además de las otras características de las fibras inmaduras).

En la opinión del ruso L.P. Zherebov, lo anterior se debe al hecho que la pectina es la sustancia aparente a partir de la cual se forma la celulosa en la planta.

Hay plena evidencia de que las pectinas existen en la forma de sales insolubles; sin embargo, hay también hechos que indican que las pectinas están presentes en el algodón, no solamente como sales, sino también como compuestos químicos en los que forman complejos con la celulosa y otras sustancias.

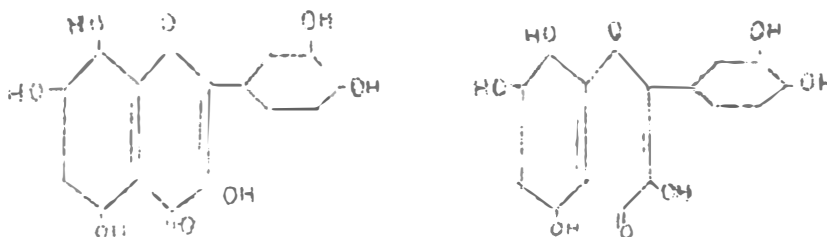
La prueba de que existe el complejo celulosa-pectina es que la extracción cuantitativa de pectinas es imposible sin que primeramente se descomponga tal complejo. Para esto, las fibras son tratadas con ácido hipocloroso, y después son extraídas las pectinas con oxalato de amonio, los cuales son reactivos usualmente usados para disolver pectinas.

En la práctica, las pectinas no se eliminan fácilmente de las fibras. Son de difícil separación por lavados con agua caliente. Sólo con soluciones alcalinas calientes pueden ser casi completamente extraídas o por tratamiento prolongado con ácido a elevada temperatura.

5) Sustancias minerales (cenizas y materia coloreada.- El contenido de cenizas en las fibras de algodón (linter) se determinan por ignición. Las cenizas encontradas contienen: ácido silícico, potasio, sodio, calcio, magnesio y manganeso; carbonatos cloruros, sulfatos y fosfatos; óxidos de fierro y aluminio. Las sales de potasio y sodio forman alrededor del 95% del peso total de cenizas. Los índices del contenido de cenizas de crece con la madurez de la fibra y al mismo tiempo la composición de cenizas cambia. Para tener una idea de esto ver Tabla 3.4.3.5.

6) Materia Colorante.- (pigmento) ha sido muy escasamente investigada. En el estado natural las fibras pueden ser blancas o cremas, marrones o gris verdosas.

En las fibras de color marrón que han sido las más estudiadas se ha establecido que consiste de morin (3,5,7,2',4' pentahidróxiflavone o gossypetin (3,5,7,8,3',4'- hexahidróxiflavone).



El contenido de estas sustancias también depende de la madurez de la fibra. Son eliminadas por dilución en agua.

7) Resumen de la Composición del Linter.- De lo anteriormente dicho y de algunas recolecciones bibliográficas, la composición-promedio del linter se espera que.

	80	85	%
celulosa			
Ceras	0.4	-	1.0
Sustancias minerales	0.8	-	1.8
pectinas	0.4	-	1.1.
compuestos nitrogenados	1.2	-	2.5
humedad	6.0		8.0

TABLA 3.6

3.5. PRODUCCION DE CELULOSA INDUSTRIAL A PARTIR DEL LINTER DE ALGODON.

En esta sección queremos presentar las etapas del proceso de purificación del linter para la obtención de celulosa para uso industrial. Así mismo presentaremos las alternativas para las dos etapas más importantes, básicas en tal purificación: Digestión y Blanqueo.

3.5.1. LIMPIEZA MECANICA: ELIMINACION DE MATERIAL SOLIDO.

Previa a la etapa de digestión, las pacas de linter se abren. En algunos casos son alimentadas directamente al digestor pero es preferible eliminarles la materia extraña adherida a la fibra como son: pepas, hojas, cáscaras de semillas, polvo, etc.

Para ésto se le puede hacer pasar por una máquina limpiadora cuyo principio sea el de flotación por aire para la separación del desperdicio de la fibra o mediante una corriente de aire se le transfiere al digestor; en este paso el desperdicio cae y, simultáneo al transporte del linter, ocurre una limpieza mecánica adicional.

3.5.2. DIGESTION.

El objeto de la digestión es, como se mencionó anteriormente (sec. 3.3.3.) hidrolizar o solubilizar eliminando así los compuestos no celulósicos del linter purificándolo y dándole un incremento en su viscosidad.

Los factores que afectan principalmente la purificación del linter en la etapa de digestión son: la concentración de los licores, la temperatura y el tiempo. Además de ésto se ha visto, desde hace mucho tiempo atrás, la conveniencia de usar pequeñas cantidades de agentes humectantes que facilitan la penetración de la solución dentro de la fibra, así como detergentes que ayuden a la limpieza-saponificando las grasas existentes y demás impurezas.

Presentamos a continuación los procesos de digestión más conocidos para la obtención de pulpas de celulosa.

1) Proceso de sulfito de sodio.-

Este es un proceso ácido (fué el primero llevado a la práctica a gran escala) el único de importancia (entre los procesos ácidos) y es usado principalmente en la fabricación de pulpa de madera aunque también de otras sustancias fibrosas.

Las condiciones del tratamiento varían:

- las llamadas "quick cook" usualmente utilizan entre 7 a 9 hr. a 145 - 160°C.

- Las conocidas como "slow cook" requieren arriba de 30 hr. a 125 - 135°C.

El efecto que produce es el siguiente: la celulosa sufre pequeños cambios químicos pero los constituyentes no celulósicos se solubilizan fácilmente.

Para la evaluación de alternativas presentamos las siguientes características de este proceso de digestión.

- Es recomendable para madera.
- requiere una planta especial para la preparación del licor.
- la eliminación del licor de sulfito es un problema difícil por razón de su efecto de deterioro.
- en el país no se produce sulfito de sodio.

2) Proceso de sulfato de sodio.-

El sulfato de sodio se conoce comercialmente como "salt cake" y es usado con gran rendimiento. Este es un proceso alcalino donde primeramente el sulfato es reducido a sulfuro siendo éste el verdadero origen del álcali típico.

Un licor gastado de sulfato es el que tiene la siguiente composición:

sulfato de sodio	7%
sulfuro de sodio	22%
hidróxido de sodio	45%
carbonato de sodio	25%

Las condiciones de cocción usadas para este proceso varían de acuerdo al material de rama que se va a digerir. Para tener una idea, por ejemplo para la madera las condiciones son: presión: 110- 115 psi, y 2.3 hr.

Las características de este proceso son las siguientes:

- el producto que se obtiene no tiene la blancura que se desea, es más bien pobre en color.
- la resistencia de las fibras del producto es muy buena.
- este proceso no está restringido a pulpas de madera.
- se requiere una ignición con carbón para que pueda ser reducido a sulfuro.
- el problema que presenta la recuperación de los licores de sulfato de sodio es que ofrecen un fuerte y penetrante olor por lo que no suelen operarse estos procesos en ciudades muy pobladas.

El olor aumenta principalmente por la presencia de azufre.

3) Proceso de soda cáustica.

Este es también un proceso alcalino y ha sido usado para una gran variedad de materiales de plantas como madera, esparto grass, linter, bamboo, paja, etc.

Como puede suponerse, las condiciones de trabajo varían considerablemente de acuerdo con el tipo de material procesado.

Los efectos de la soda cáustica sobre alguno de los constituyentes de la planta son diferentes de aquellos de los otros licores en los procesos mencionados.

Normalmente la celulosa es poco afectada mientras que los constituyentes no celulósicos (la mayoría) sufren reacciones complicadas de naturaleza hidrolítica.

El proceso de soda debe su popularidad a su conveniencia por :

- no requerir una planta especial de preparación de licor ya que es necesario solamente disolver el peso requerido de soda en un volumen conocido de agua.
- el licor usado puede eliminarse con tranquilidad pues no tiene efecto de deterioro sobre la vida de río.
- se pueden lograr pulpas muy blancas.

En el siguiente capítulo, seleccionaremos el agente a usar para la digestión y optimizaremos las condiciones a las cuales tal proceso debe llevarse a cabo para obtener el mejor producto.

Como la celulosa fácilmente absorbe iones metálicos, en esta etapa debe tenerse mucho cuidado en evitar la contaminación del producto ya que estos metales bajan enormemente su calidad y del derivado celulósico a obtener. Para esto se agrega una pequeña cantidad de agente secuestrante de iones.

3.5.3. LAVADO Y NEUTRALIZACIÓN

- Al término de la digestión, se realiza un buen lavado con grandes cantidades de agua blanda.
- El licor que sale de la digestión tiene un color marrón oscuro (dependiendo de la cantidad de constituyentes hidrolizados)
- para eliminar totalmente dicho licor y evitar la formación de álcali celuosa (evitar que la fibra se degrade) es necesario neutralizar la acción del licor de digestión.
- si solo se haría con lavado en agua, se requeriría grandes cantidades de agua con lo cual el costo aumentaría notablemente. Por tal motivo, puede agregarse cantidades previamente dosificados de algún ácido y posteriormente hacer un enjuague elimi -

nando totalmente todo vestigio que no sea agua en la fibras.

3.5.4. BLANQUEO

La celulosa tratada, libre de impurezas aún requiere una mejora es pecialmente en color, pues como dijimos en la sección (3.3.3.2.) , la materia colorante es destruída por oxidación y tal reacción ocu rre cuando se blanquea la pulpa con alguno de los 3 principales reactivos que mencionaremos más adelante.

Los factores que afectan el color y la viscosidad del blanqueo de la celulosa son: temperatura, tiempo de blanqueo, concentración del agente blanqueador y el pH.

La temperatura y el tiempo no son de los factores que más afectan el producto en este proceso por las siguientes razones:

Las temperaturas usuales de blanqueo son menores que 100°C y co mo señalamos en la sección (3.2.6.1.), la celulosa no sufre de gradaciones sino a temperaturas mayores de 100°C.

- El tiempo de blanqueo es generalmente menor que 3 horas y pode mos concluir que éste no es un tiempo de contacto entre el agen te blanqueador y la celulosa suficientemente alto para que pue da afectarla notablemente.

En cambio la concentración tiene una gran importancia porque de - pendiendo de ésta está la cantidad de oxidante libre que es el = blanqueador propiamente. Un exceso de este oxidante pueden produ cir grandes cantidades de oxixelulosa; por tanto, a mayor concen - tración del agente, mayor posibilidad de formación de oxixelulosa con una concecuente degradación de las fibras de celulosa.

El pH de las soluciones de blanqueo con clorito están en el rango de 3 - 5, es decir, este es un proceso ácido, por tal razón se em plea soluciones de ácidos acético o fórmico como auxiliares.

En el blanqueo para lograr similares efectos que en la digestión - se recomienda el uso de un agente humectante.

Finalmente se utilizan también como auxiliares, alguna sustancia - tampon (para mantener un valor de PH constante), así como un an - tioxidante para la protección del equipo.

A continuación presentamos las tres alternativas para la etapa de blanqueo.

3.5.4.1. BLANQUEO CON PEROXIDO DE HIDROGENO (agua oxigenada) H_2O_2

Su uso data desde 1866, sin embargo, para el algodón só - lo desde los años cuarenta del presente siglo.

El peróxido de hidrógeno es inestable termodinámicamente. Por cada mol que se descompone se liberan 23Kcal, sin embargo en la ausencia de un catalizador la descomposición procede lentamente, estos catalizadores son metales pesados como fierro, cobre, etc. o sus compuestos.

El agua oxigenada es un ácido débil (constante de disociación $K = 2.4 \exp(-12)$) en un medio es menos estable que en medio ácido así como el ión HO_2 es menos estable que la molécula neutra H_2O_2 . Para aumentar la estabilidad del peróxido se añade ácido para obtener $pH = 1 - 3$; a $pH = 7$, es menos estable y a $pH = 11.5 - 13$ se observa la máxima ionización de la molécula y consecuentemente su menor estabilidad.



A bajas temperaturas y pH, la solución de H_2O_2 es muy estable y algo reactivo.

El almacenamiento es en tanques de aluminio puro (99.5%) de acero inoxidable u otros materiales como vinilplásticos o poliisobutileno.

El peróxido puro es un compuesto estable a temperaturas de $3^\circ C$. Cien por ciento puro pierde sólo aproximadamente 1% de oxígeno activo por año. Se descompone ante la presencia de cualquier traza de sal u óxido de metales pesados.

El proceso de blanqueo con este reactivo tiene las siguientes características.

- 1) La posibilidad de tener un blanqueo continuo.
- 2) No produce emanación de vapores nocivos.
- 3) Las soluciones de peróxido son inestables a alta alcalinidad.
- 4) Se requiere de un estabilizador como silicato de sodio. El uso de este estabilizador es indispensable por la razón que el peróxido asegura un blanqueo en condiciones donde es más bien inestable. Así se perderá oxígeno en aquellas partes donde la solución no está en contacto con el material tratado. Como el oxígeno gas no tiene capacidad blanqueadora, la eficiencia de la solución es baja (se desperdicia oxígeno).
- 5) El requerimiento de catalizadores metálicos (de cobre,

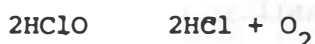
fierro) presentan una desventaja ya que significa au-mentar el contenido de sustancias minerales (cenizas) contraria a nuestra necesidad de purificación de la materia prima.

3.5.4.2. BLANQUEO CON HIPOCLORITO DE SODIO : NaOCl.

Es una sal de ácido hipoclorito débil con constante de disociación electrolítica $K=3.4 \exp (-8)$. Se hidroliza en medio acuoso:



El ácido hipocloroso libre es inestable en solución, transformándose a ácido clorhídrico y oxígeno.



Algunas investigaciones han probado que en principio la disociación del HOCl es posible con la formación del ca tión cloro.



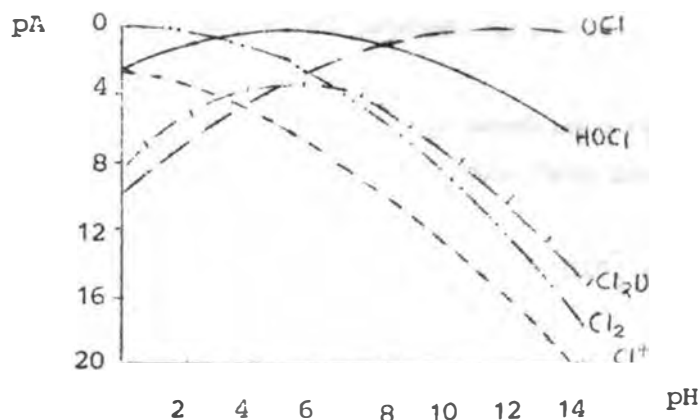
ESTA disociación tiene valores altos en medio fuertemen- te ácido.

Así las condiciones de blanqueo conteniendo cloro activo con sistemas químicos complejos inestables cuya composi- ción cambia considerablemente con el cambio en concentra ción del ión H^+ .

De acuerdo a algunos resultados presentados, el cloro ac tivo en solución se encuentra en las formas siguientes:

A	pH = 1	para 80%	como Cl_2
	pH = 2	99.7	HClO
	pH = 7	70	HClO
	pH = 9		OCl^-

Conforme se producen cambios en las concentraciones de diferentes formas en cloro activo, la actividad oxidante de la solución de hipoclorito puede ser diferente depen- diendo de estas condiciones en las cuales es usada. En- el caso que el proceso no se lleve a cabo apropiadamente, la solución de blanqueo puede también atacar a la celulo sa, oxidándola y dando como resultado la presencia de oxixelulosa.



Composición de solución de hipoclorito en función de pH
 De los análisis realizados, resulta que la blancura máxima con hipoclorito de sodio se obtiene en la zona alcalina (pH 8-10), en la zona ácida sólo un segundo grado máximo de blancura se puede obtener.

4.5.4.3. BLANQUEO CON CLORITO DE SODIO (NaClO₂)

El proceso tecnológico de producción se desarrolló en los años 30 del presente siglo.

Todos los procesos conocidos de producción están basados en la reducción del dióxido de cloro (ClO₂) por medio de agentes reductores.

El clorito de sodio es una sal anhidra y una sustancia higroscópica. Es estable cuando se le almacena en un lugar seco y oscuro y en estas condiciones puede permanecer inalterable por varios años.

Cuando se calienta, el clorito se descompone de acuerdo a la siguiente reacción:



El clorito puede explotar ante la presencia de solamente trazas de sustancias orgánicas.

En un medio fuertemente alcalino (pH mayor de 11) el clorito fácilmente se oxida a clorato.



El mismo efecto es producido por oxidantes fuertes.

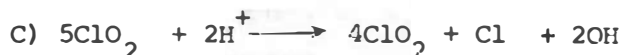
a pH 8 - 9, sin embargo, procede sólo a dióxido de cloro. $2\text{NaClO}_2 + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{ClO}_2 + \text{NaCl} + 2\text{NaOH}$.

El dióxido de cloro se obtiene por acidificación de solución de clorito.



lo que es usado en el proceso de blanqueo con clorito de sodio.

Las investigaciones sobre el mecanismo de reacción con el blanqueo de clorito de sodio han dado las siguientes posibilidades:



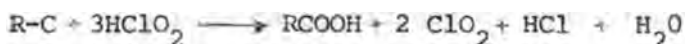
Para soluciones amortiguadas, aciduladas con ácido acético.



Las investigaciones han demostrado que la mayor parte del clorito se transforma por la reacción I para blanqueos en maquinariass como barca de torniquete.

Es de importancia práctica el hecho de que en medio ácido el clorito de sodio oxida sólo grupos aldehídos de hidrocarbonos sin afectar grupos hidróxilos de la celulosa y sin rompimiento de las cadenas.

La reacción del ácido cloroso con glucosa se lleva a cabo de acuerdo a la siguiente reacción:



Cuando se usa clorito como agente blanqueador, la celulosa es dañada muy suavemente y se obtiene un alto grado de blancura debido a que no hay interacción entre el clorito de sodio y los grupos OH de la celulosa.;

Las fibras de celulosa blanqueadas con clorito de sodio tiene una mejor resistencia y apariencia. La principal ventaja de este método de blanqueo es que el uso de este reactivo trae una clara reducción del tiempo de blanqueo y por consiguiente su simplificación y reducción en costos.

Las soluciones de clorito de sodio ácidas, como una regla general tienen pH 3-5 (a pH 2 la celulosa es dañada). La acidificación es hecha con ácido acético, fórmico,

nítrico, o sus sales.

La temperatura es alrededor de 80°C.

El potencial del clorito de sodio es insuficiente para romper el enlace entre los átomos de carbono de la cadena de valencias primarias y por tanto no puede ocurrir destrucción de cadenas en estas condiciones.

Las pruebas de viscosidad de soluciones de celulosa cuproamonio han mostrado que el clorito de sodio imparte una mejor blancura que el hipoclorito del mismo metal y aseguran un alto grado de limpieza de las fibras sin dañarlas ya que su acción sobre la macromolécula de celulosa está limitada por oxidación selectiva de grupos aldehidos terminales. La viscosidad de solución de celulosa cuproamonio de las fibras blanqueadas con hipoclorito es considerablemente más baja que las soluciones de celulosa cuproamio de la celulosa tratada con alcali; mientras que las blanqueadas con clorito de sodio permanecen sin cambio con respecto a las tratadas con álcali.

El clorito de sodio sólo tiene la desventaja de ser fuertemente corrosivo por lo que se requiere equipo de cerámica, plástico o acero especial y el uso de una sustancia que proteja dicho equipo.

3.5.5. SEGUNDO LAVADO Y NEUTRALIZADO.

Nuevamente se requiere de cantidades de agua blanda para eliminar las sustancias retenidas por las fibras durante el ataque con el blanqueador. Aquí se debe buscar un pH neutro al final del lavado rigurosamente.

3.5.6. SECADO Y EMPACADO.

El producto final debe quedar seco para lo cual se le puede hacer pasar por una centrífuga o una prensa y posteriormente por una cámara de aire caliente para eliminarle completamente la humedad (esto es muy importante).

A continuación con el propósito de orientar las fibras si la presentación va a ser en láminas se le hace pasar por una carda y finalmente va al prensado donde se le da la forma y dimensiones que se desee.

CAPITULO IV

INGENIERIA DE PROYECTO

Este capítulo presenta la secuencia y resultados de los ensayos realizados tanto a nivel de laboratorio como de planta piloto en la purificación del linter. El objetivo es determinar las condiciones óptimas a las cuales podemos obtener una celulosa de alta pureza.

La optimización se refiere a las dos etapas principales del proceso de pulpa o de purificación del linter: Digestión y Blanqueo y se realizará en lo que concierne a:

- Concentración de los agentes químicos respectivos.
- Relación de baño a usar (peso de linter/volumen de solución)
- Tiempo de tratamiento.
- Temperatura a la cual se realizará cada etapa.

Todo lo anterior para obtener como resultado un producto que tendrá que cumplir con tener:

- El mayor grado de pureza (mayor porcentaje de alfa-celulosa)
- El menor contenido de impurezas principalmente en lo que se refiere a cenizas y ceras.
- El mayor grado de blancura.
- La menor degradación de la fibra (mayor grado de polimerización)
- El menor costo.

4.1. ESTUDIO DE LA MATERIA PRIMA

La materia prima para el estudio y obtención de nuestro producto es el linter de algodón de la variedad Tangüis cultivado en el Valle de Huaral proveniente de la desmotadora de Huacho específicamente de la deslintadora de la fábrica de aceites de "Industrias Pacocha S.A."

En el capítulo II (Sec. 2.2.1.) dijimos que hay 2 cortes en los cuales se separa el linter. En el proceso de obtención de celulosa industrial, ambos cortes se someten al tratamiento y al final, antes del empaquetado se mezclan.

Se harán los análisis físicos para ambos (linter de 1ra. y 2da. calidad) y la composición química estará determinada en uno de ellos pues el otro tiene la misma composición y características químicas.

4.1.1. DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS FISICAS.

1) Contenido de material sólido (hojas, semillas, polvo, etc).

Norma A.S.T.M. D.2812-70 (anexo 2).

Porcentaje de desperdicios promedio:

Linter de 1ra. calidad 11.38%

Linter de 2da. calidad 22.60%

2) Longitud de Fibra

Norma A.S.T.M. D.1447-72 (Anexo 3).

Distribución de longitud de fibra:

LINTER DE 1ra. CALIDAD.

%	1	2.5	5	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90	95
x (cm)	2.5	2.2	2.0	1.7	1.4	1.3	1.2	1.0	0.9	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4

LINTER DE 2da. CALIDAD.

%	1	2.5	5	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90	95
x (cm)	2.0	1.8	1.6	1.3	1.1	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4

Ver gráficos.

3) Resistencia de la fibra a la tensión

Norma A.S.T.M. D-1445-72 (anexo 4).

Resistencia a la tensión:

Linter de 1ra. calidad 6.8 lb/mg.

Linter de 2da. calidad 6.57 lb/mg.

4) Grado de Blancura

Norma A.S.T.M. D-307-42T (anexo 5).

Luminiscencia 73 %

Amarillez 26%

% de blanco respecto al sulfato de bario 81%

4.1.2. DETERMINACION DE LA COMPOSICION QUIMICA

1) Contenido de humedad:

(anexo 6).

Porcentaje de humedad 7.790 %

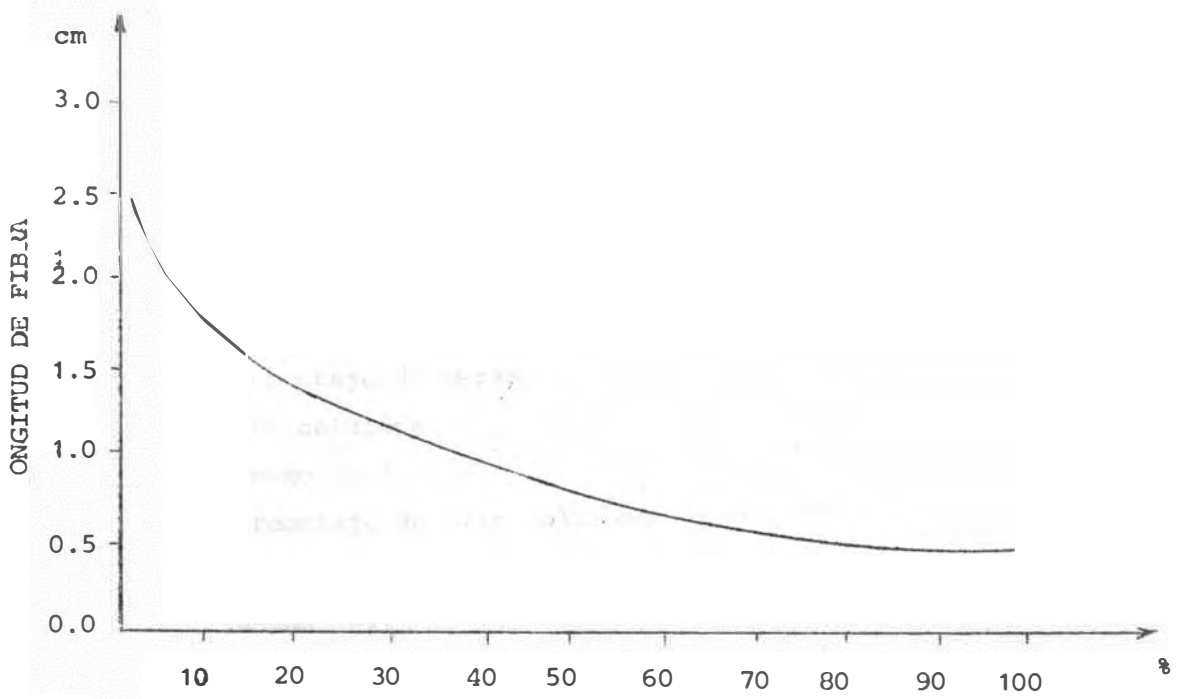


GRAFICO 4.1

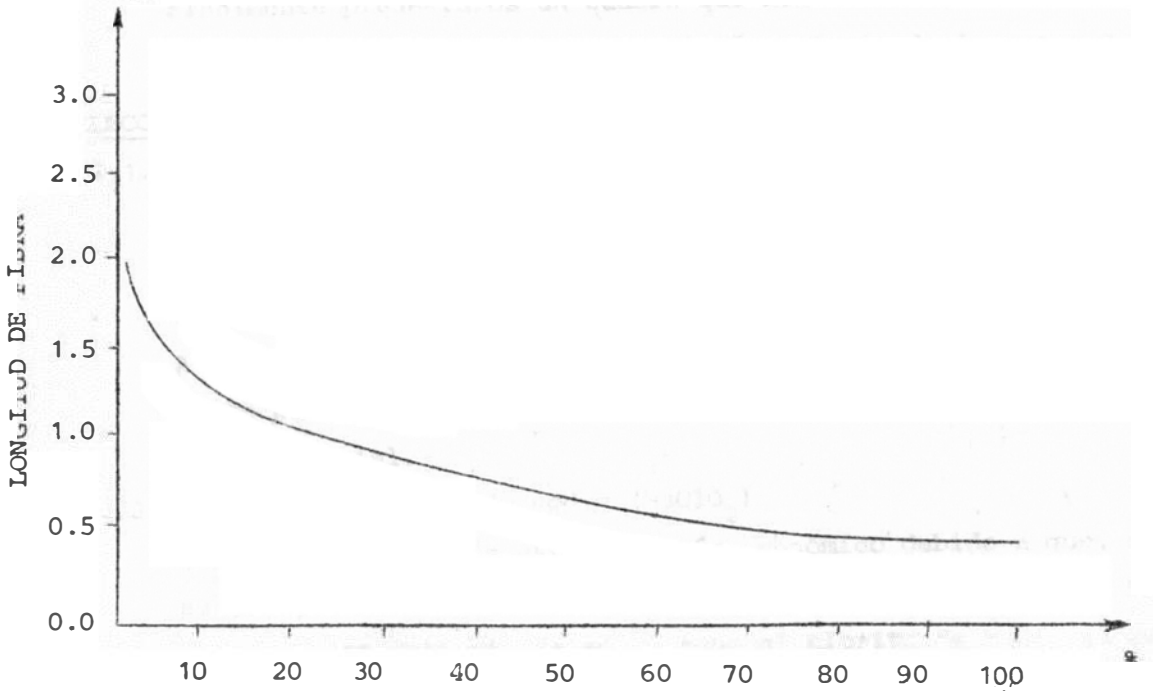


GRAFICO 4.2

- 2) Sustancias minerales o cenizas.
(anexo 7.)
Porcentaje de cenizas. 0.865%
- 3) Compuestos nitrogenados
(anexo 8.)
Porcentaje de sustancias nitrogenadas 1.121 %
- 4) Ceras
(anexo 9).
Porcentaje de ceras. 0.914 %
- 5) Alfa celulosa.
(anexo 10.)
Porcentaje de alfa celulosa 92.080 %
- 6) Beta y gama celulosa.
(anexo 10.)
Porcentaje de beta y gama celulosa 4.307 %
- 7) Pectinas.
Su determinación se hizo por diferencial al 100%
Porcentaje de pectinas 0.713 %

A continuación se presenta el resumen de las características físicas y la composición química de los linteres analizados.

Finalmente presentamos un cuadro que muestra la secuencia seguida en la determinación de la composición química de la materia prima.

4.2. SELECCION DE ALTERNATIVAS

4.2.1. DIGESTION.- Soda cáustica (NaOH)

Se obtienen grandes rendimientos en la solubilización (hidrólisis) de las impurezas, aumenta la resistencia de la fibra; por otra parte se obtienen pulpas más blancas.

A nivel de laboratorio se han hecho los análisis con soda químicamente pura mientras que en planta piloto se trabajó con soda cáustica comercial.

4.2.2. BLANQUEO.- Clorito de sodio (NaClO₂)

Este reactivo es más estable y más económico debido a que, como se dijo, se obtiene un alto grado de blancura mientras que la fibra se ve escasamente dañada porque el clorito de sodio reacciona preferentemente con los grupos aldehidos (al final de las cadenas) de la celulosa afectando raramente a los grupos OH .

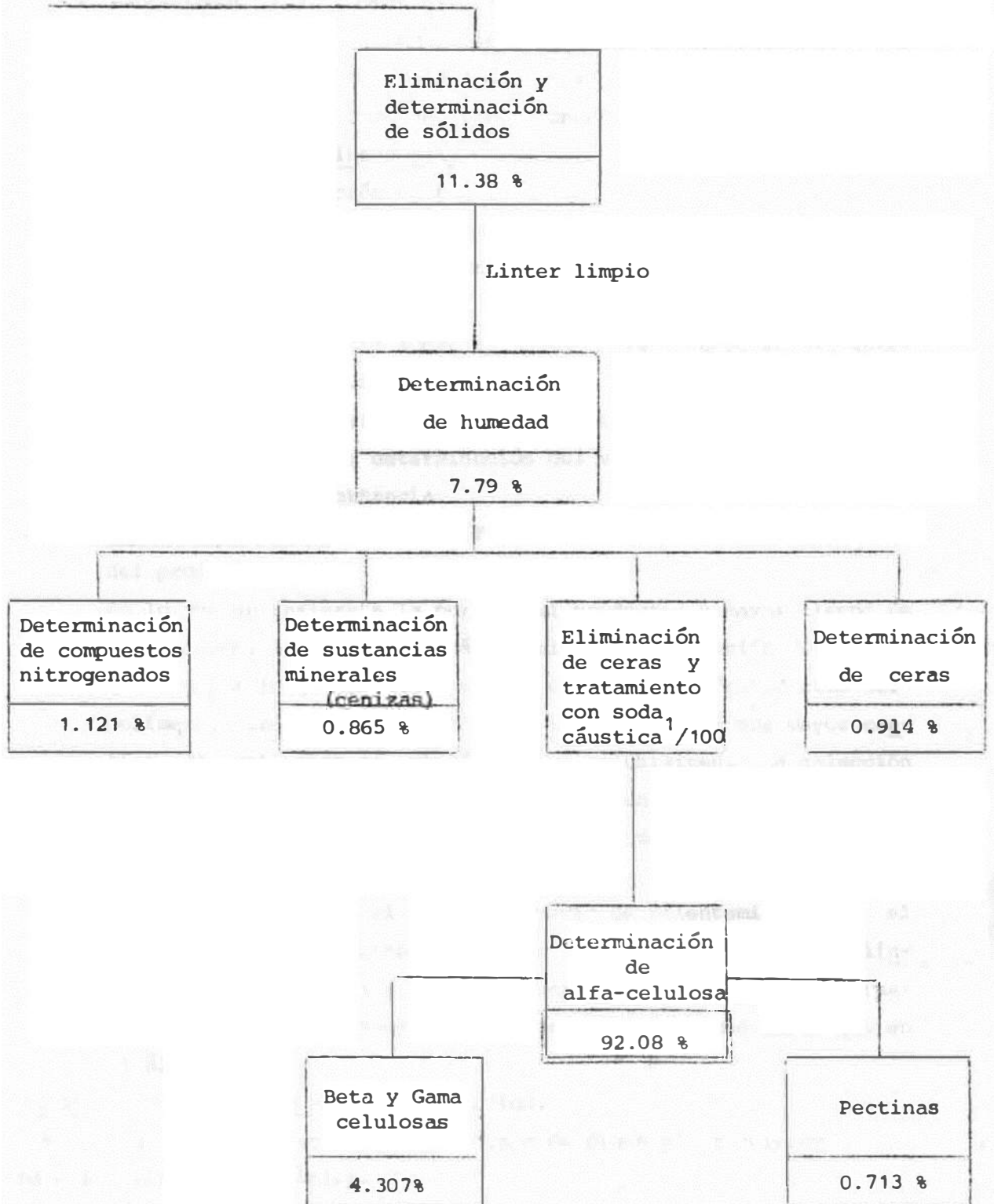
TABLA 4.1

RESUMEN DEL ESTUDIO DE LA MATERIA PRIMA

CARACTERISTICAS FISICAS	COMPOSICION QUIMICA
Material sólido	Humedad 7.79 %
Linter 1ra. calidad 11.38 %	
Linter 2da. " 22.60 %	
Longitud de fibra (50 %)	
Linter 1ra. calidad 0.36 cm.	Porcentajes en base seca.
Linter 2da. " 0.69 cm.	Sustancias minerales (cenizas) 0.865 %
Resistencia de fibra	Ceras 0.914
Linter 1ra. " 6.80lb/mg	
Linter 2da. " 6.57lb/mg.	Alfa celulosa 92.080
Grado de blancura L = 73 %	Beta y Gama celulosa 4.307
A = 26%	Pectinas. 0.713

SECUENCIA DE LOS ANALISIS REALIZADOS PARA LA DETERMINACION DE LA COMPOSICION QUIMICA DE LA MATERIA PRIMA

Materia prima: Linter + sólidos



ESQUEMA 4.1.

4.3. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PUREZA DEL PRODUCTO

4.3.1. CONCENTRACION DEL AGENTE DE LA DIGESTION.- Para el estudio de la influencia de este factor se han hecho tratamientos de la materia prima a diferentes concentraciones observando cuáles son las variaciones en la composición del producto después del tratamiento. De esta forma se pudo seleccionar las concentraciones a las cuales se obtienen las pulpas de mayor pureza.

4.3.2. RELACION DE BAÑO.- Como se dijo, llamamos así a la relación:

R.B. = gramos de linter o Kg.

cc de solución o lt.

Los ensayos para el estudio respectivo se hicieron para una misma concentración, temperatura y tiempo de tratamiento.

4.3.3. TEMPERATURA.- La temperatura a la cual se somete la celulosa tiene una gran influencia sobre el producto final como se vió anteriormente (sec. 3.2.6.). Cuando hay un agente químico en contacto con celulosa el efecto de la temperatura es más grande y más grave. Por tanto la determinación del valor óptimo de este factor es de gran importancia.

4.3.4. TIEMPO DE TRATAMIENTO.- Este factor determina no sólo la pureza del producto sino el costo de operación.

En lo que se refiere a la pureza del producto: a mayor tiempo de tratamiento, la celulosa está sometida a mayor acción del agente químico por lo que podría resultar en una mayor degradación del polímero, pero por otra parte este tiempo ayuda a que mayor cantidad de sustancias no celulósicas se solubilicen. La selección se hizo para aquella condición de tiempo en la cual se conjugan los dos requerimientos: mayor eliminación de material no celulósico y menor degradación.

En lo que se refiere al costo: el medio de calentamiento es el vapor; si el tratamiento dura 1 lhr. el costo por carga de linter será menor que si dicho tratamiento se hace durante 5 horas después el consumo de vapor en el primer caso es mucho menor que en el último.

4.4. ANALISIS A NIVEL DEL LABORATORIO: DIGESTION.

Los tratamientos realizados para la etapa de digestión requieren

materia prima : linter.

agente digestivo digestion

agente humectante

agente detergente

agua destilada.

El agente humectante disminuye la tensión superficial del agua permitiendo así que penetre dentro de la fibra.

El detergente ayuda a la saponificación de las grasas favoreciendo una mayor limpieza de la materia prima.

4.4.1. RESULTADOS SOBRE EFECTO DE CONCENTRACION:

Para tratamientos de:

temperatura 100°C

tiempo 4 hr.

R.B. 1/10, 1/15, 1/20, 1/25.

Las tablas que muestran los resultados obtenidos se encuentran en los informes presentados a Industrias Pacocha. Estos resultados son de propiedad exclusiva de esta compañía.

A continuación presentamos los gráficos 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, que muestran las variaciones en la composición del producto con respecto a las concentraciones del agente de la digestión.

Los porcentajes que se indican en estos gráficos se refieren a las cantidades eliminadas de las impurezas respecto al valor inicial correspondiente que se halla en la materia prima

4.4.2. RESULTADOS SOBRE EL EFECTO DE LA RELACION DE BAÑO

Para tratamientos:

Temperatura 100°C

Tiempo 4 h.

R.B. 1/10, 1/15, 1/20, 1/25

Relaciones de baño menores que 1/10 no son recomendables porque el linter no está completamente sumergido en la solución. Hay que hacer notar que en el laboratorio no se pudo introducir un mecanismo de agitación constante por lo que se requiere que la solución contenga completamente la masa de material en todo momento del tratamiento.

Relaciones de baño mayores de 1/25 aumentan considerablemente el costo de la operación al requerir mayor cantidad del agente así como agua, vapor y en el mismo diseño de la autoclave.

Los resultados obtenidos en el estudio de la R.B. dan un valor óptimo (al cual se elimina mayor cantidad de material no celulósico) para la relación de 1/20.

A esta R.B. el porcentaje de materia no celulósica eliminada es: 5.37%.

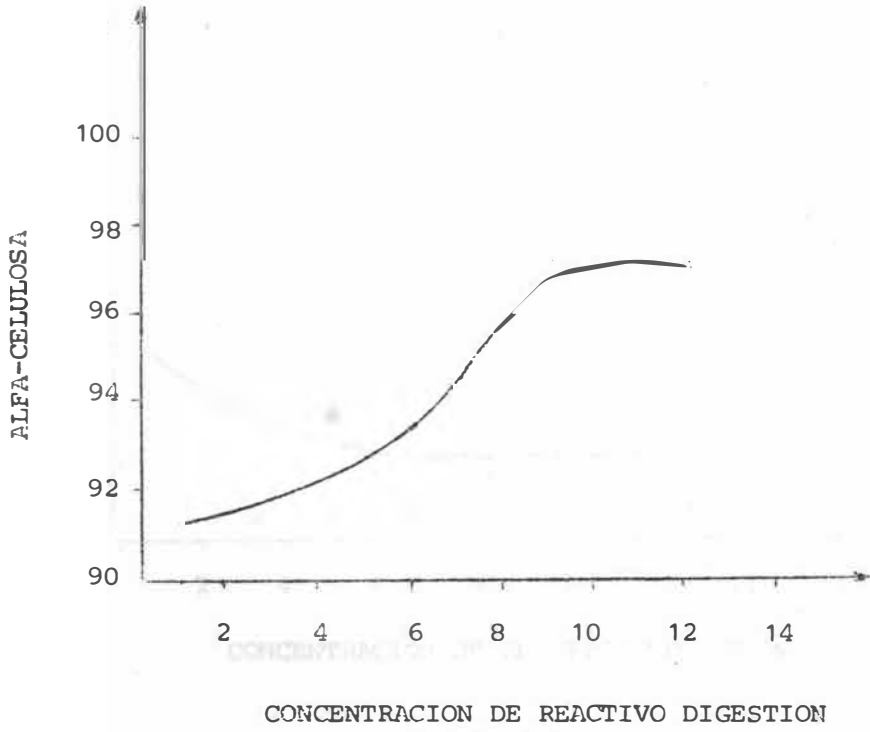


GRAFICO 4.3

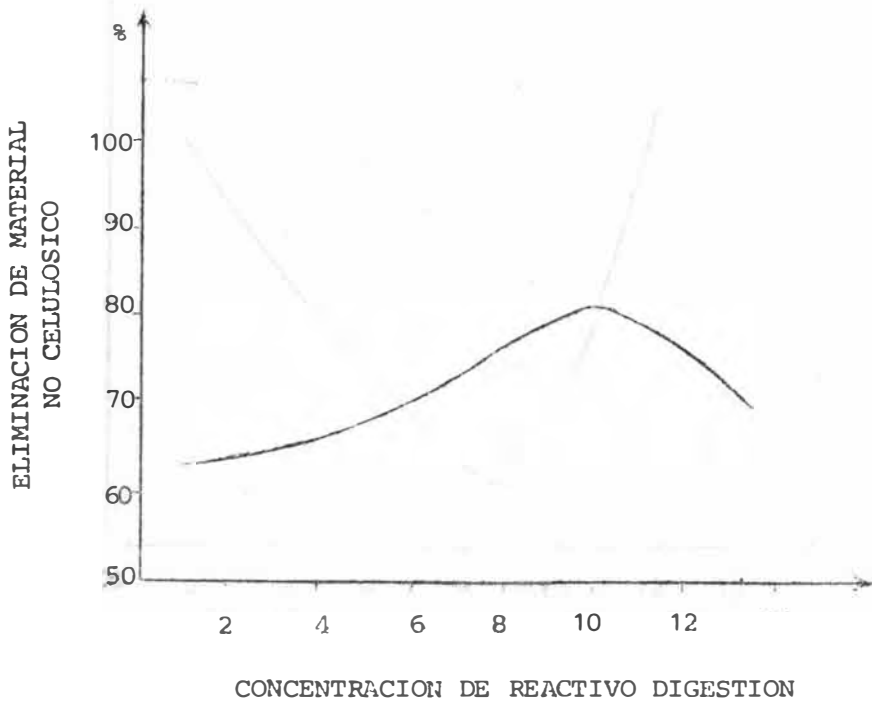


GRAFICO 4.4

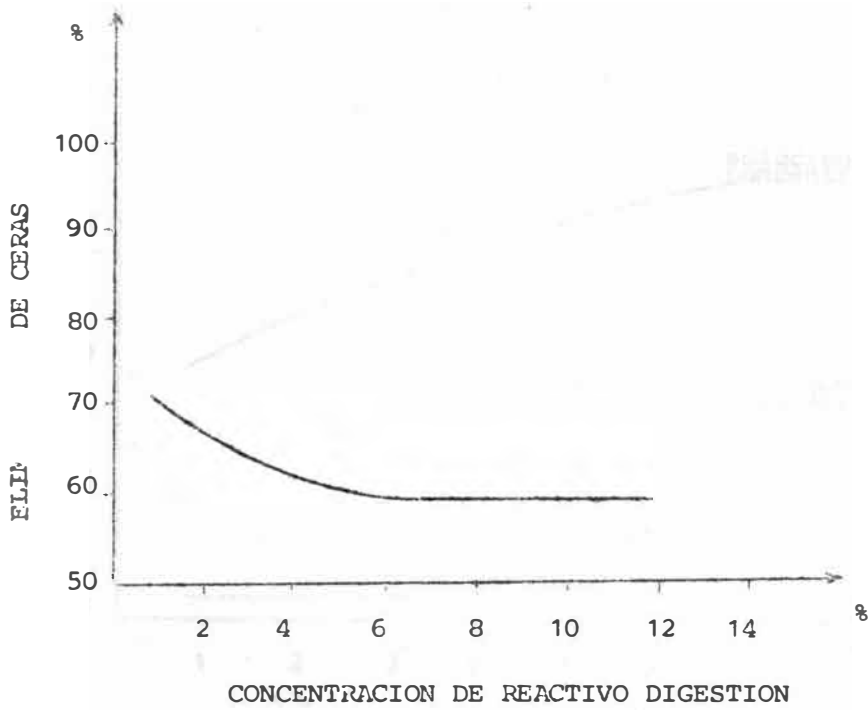


GRAFICO 4.5

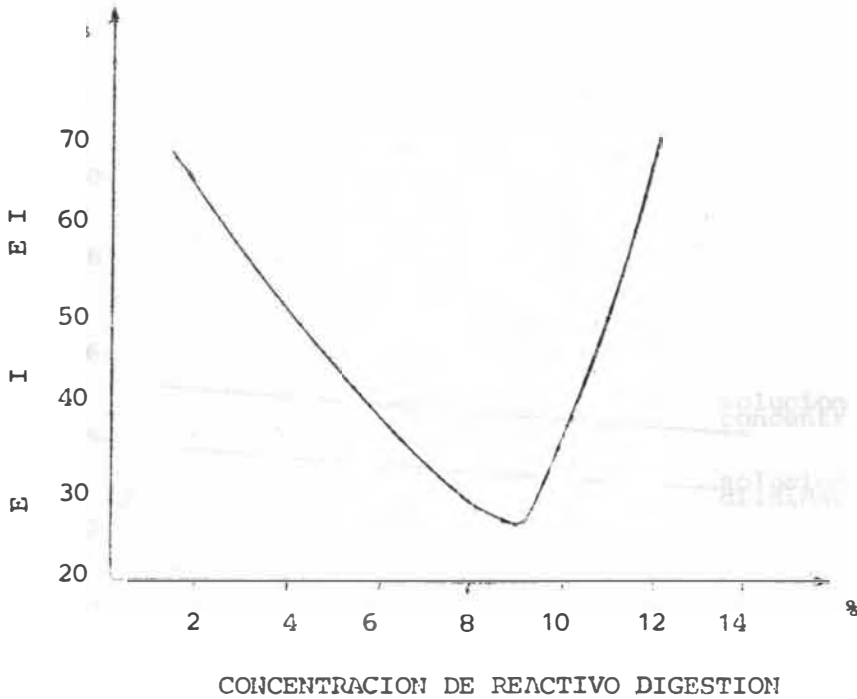


GRAFICO 4.6

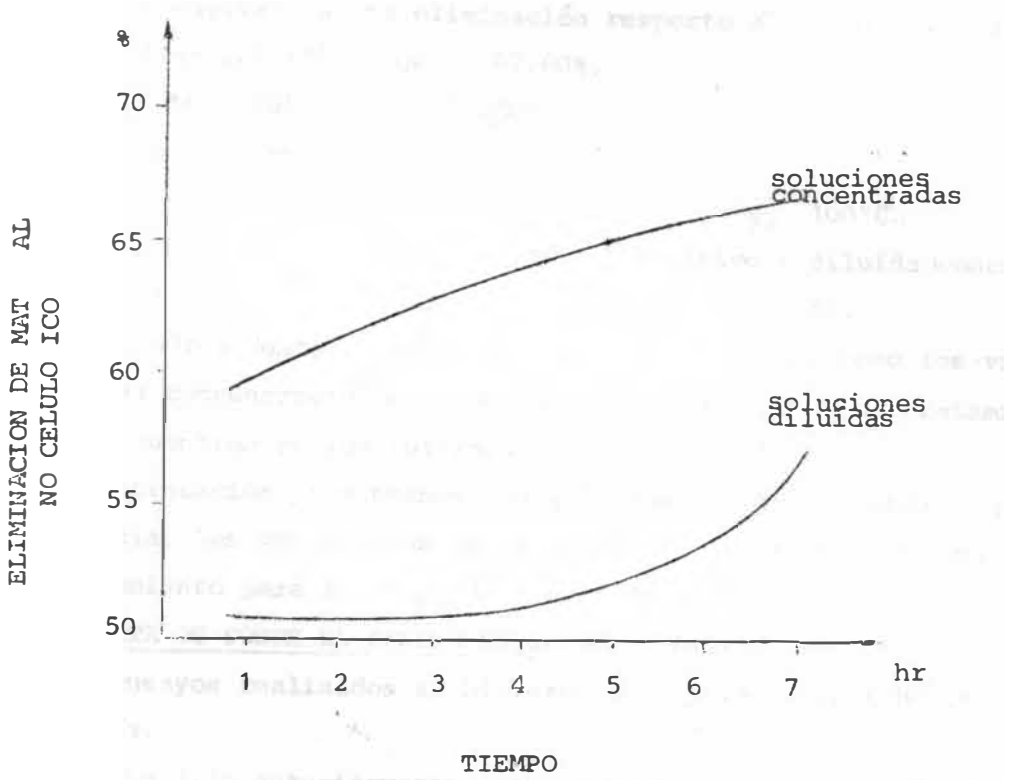


GRAFICO 4.7

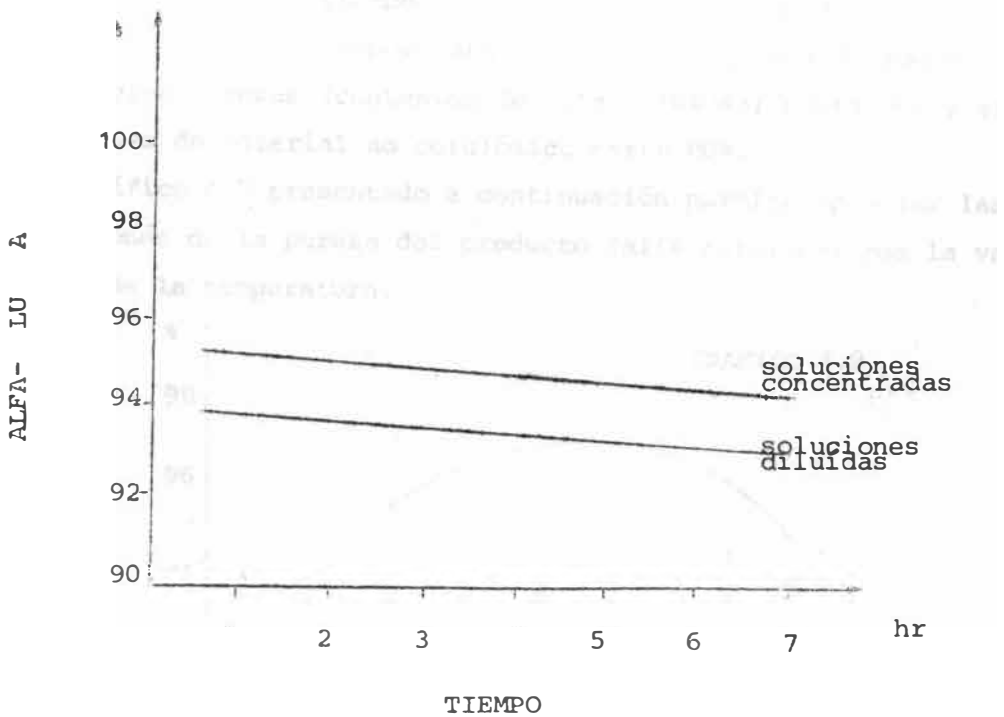


GRAFICO 4.8

lo que equivale a una eliminación respecto al valor inicial de material no celulósico de: 67.80%.

4.4.3. RESULTADOS SOBRE FACTOR TIEMPO:

Para tratamientos:

Temperatura:	100°C.
Concentración del reactivo	diluída concentra- da.

Los cuadros donde se muestran los resultados así como los valores de las concentraciones a las cuales se hicieron los tratamientos se encuentran en los informes de Industrias Pacocha.

A continuación presentamos los gráficos 4.7 y 4.8 donde se pueden apreciar las variaciones en el producto al variar el tiempo de tratamiento para la etapa de digestión.

4.4.4. RESULTADOS SOBRE EL EFECTO DE LA TEMPERATURA.

Los ensayos realizados se hicieron sólo para concentraciones diluídas.

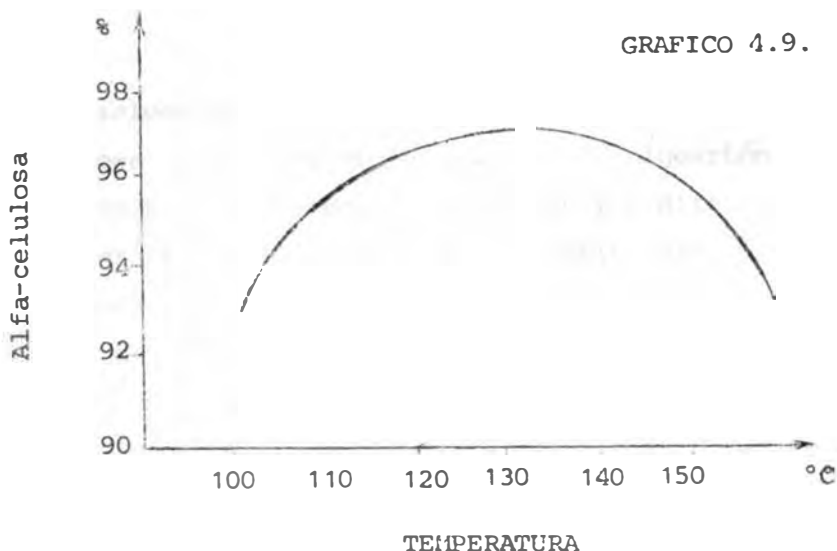
Como se dijo anteriormente, para una misma concentración de reactivo, la solubilización de material no celulósico es mayor cuando mayor es la temperatura en el tratamiento.

Para tratamientos:

Concentración de agente	diluída.
tiempo	4 hr.
temperatura	más de 100°C.

Se logran perezas (contenido de alfa celulosa) hasta 96% y eliminaciones de material no celulósico hasta 80%.

El gráfico 4.9 presentado a continuación permite apreciar las variaciones de la pureza del producto (alfa celulosa) con la variación de la temperatura.



4.4.5. CONCLUSIONES DE LOS ANALISIS EN EL LABORATORIO.

Los resultados que se obtienen confirman la posibilidad de obtener una celulosa industrial de alta pureza.

Hasta este punto del estudio sabemos que se puede conseguir un producto con las siguientes características:

alfa celulosa.	98 %
eliminación de material no celulósico	80 %
eliminación de ceras	70 %
eliminación de cenizas.	60 %

4.5. ANALISIS A NIVEL DE PLANTA PILOTO

4.5.1. DIGESTION.

1) Equipo usado: Autoclave

Construída por Vehicle Manufacturing Equipment.

Capacidad : 30 lt.

Material de construcción: acero inoxidable 316

Características:

Este reactor permite temperaturas de trabajo hasta de 200°C , o sea hasta 10 Kg/cm² de presión. Tiene una chaqueta para el calentamiento con vapor indirecto y soporta una presión de trabajo hasta 15 Kg/cm².

Adicionalmente el equipo tiene una unidad de extracción formada por condensador y tanque separador; una bomba para hacer vacío y un controlador de temperatura Honeywell que acciona una válvula colocada en la línea de vapor.

2) Ensayos sobre la concentración del agente de la digestión.

Para tratamientos:

linter 0,5 Kg.

auxiliares humectante y detergente

temperatura: más de 100°C.

concentración: diluída.

Se selecciona la concentración óptima para el proceso Alfa-celulosa en el producto después de la digestión: 96%.

3) Ensayos a diferentes temperaturas y a diferentes tiempos.

El gráfico 4.10 presentado a continuación muestra las variaciones en la pureza del producto con respecto a las variaciones de ambos factores. Quedando determinadas así las condiciones de temperatura y tiempo para la etapa de digestión.

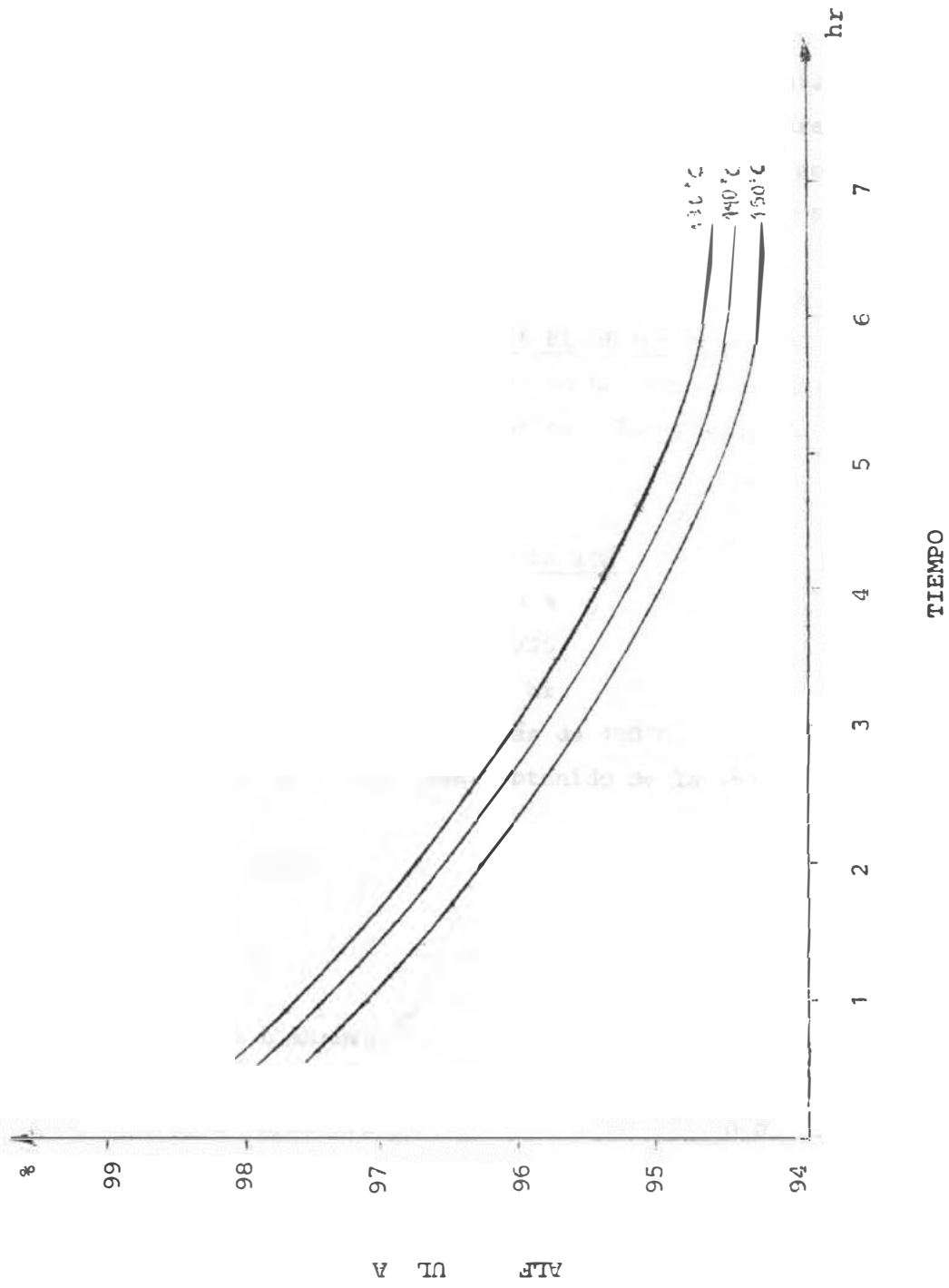


GRAFICO 4.10

4.5.2. BLANQUEO.

- 1) Equipo usado: el mismo que para la digestión.
- 2) Ensayos realizados para la determinación de la concentración apropiada del agente de blanqueo.

Los ensayos a diferentes concentraciones muestran que la celulosa sufre degradación al aumentar la concentración del reactivo. La selección de la concentración óptima se determina analizando la pureza que se obtiene después de los tratamientos de blanqueo.

alfa celulosa en el producto final 98%

4.6. DETERMINACION DE LAS CONDICIONES PARA EL PRODUCTO OPTIMO

Mayores detalles al respecto, como ya se ha dicho, se pueden encontrar en los informes de propiedad de Industrias Pacocha, para quién fué realizado el Proyecto de Investigación.

A continuación un breve resumen:

	<u>DIGESTION</u>	<u>BLANQUEO</u>
Concentración	3 %	0.75 gr/lt.
relación de baño	1/20	1/20
tiempo	1 hr.	menos de 1 hr.
temperatura	más de 100°C.	menos de 100°C.

Características del producto final obtenido de la investigación:

QUIMICAS

Alfa celulosa.	-99.00 %
ceras	0.24 %
cenizas	0.07 %

FISICAS

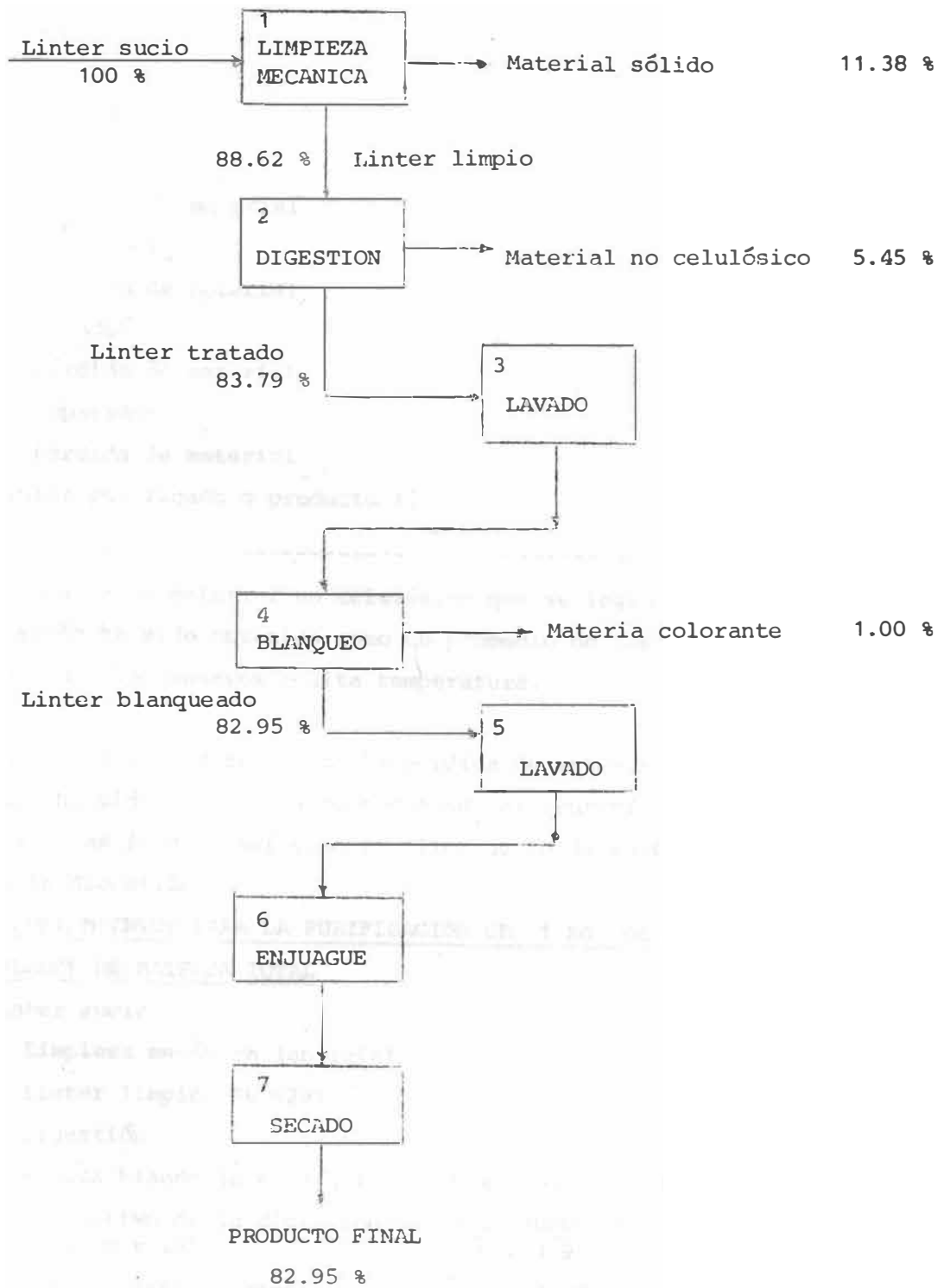
Grado de blancura	94 %
resistencia a la tensión	6.49 lb/mg.
densidad aparente	0.03 gr/dm ³
densidad verdadera	0.60 gr/dm ³

4.7. RENDIMIENTO DEL PROCESO

BALANCE DE MATERIA PRIMA: LINTER

Linter sucio.		100.00
1) Limpieza mecánica		
impurezas sólidas	11.38 %	
Linter limpio		88.62
2) Digestión:		
material no celulósico (parte respecto al linter limpio).	5.45 %	

ESQUEMA DE LOS ENSAYOS A NIVEL DE PLANTA PILOTO
(BALANCE DE MATERIA PARA EL LINTER)



ESQUEMA 4.2.

NOTA: Los porcentajes escritos a la derecha son con respecto al material que ingresa a la etapa respectiva.

Linter tratado		83.79
3) Lavado:		
Pérdida de material	0.00 %	
4) Blanqueo		
material colorante principalmente	1.00 %	
(respecto al linter tratado)		
Linter blanqueado		82.95
5) Lavado:		
Pérdida de material	0.00 %	
6) Enjuague:		
Pérdida de material	0.00 %	
7) Secado:		
Pérdida de material	0.00 %	
8) Empacado:		
Pérdida de material	0.00 %	
Linter purificado o producto final		82.95

El 5.45 % de material no celulósico que se logra eliminar durante la digestión ha sido obtenido como un promedio de los resultados encontrados en todos los ensayos a alta temperatura.

El 1.00 % considerado como la pérdida de material en la etapa de blanqueo ha sido encontrada considerando el contenido de impurezas iniciales y las finales así como la eliminación de sustancias no celulósicas en la digestión.

4.8. REQUERIMIENTOS PARA LA PURIFICACIÓN DE 1 KG. DE LINTER

BALANCE DE MATERIA TOTAL

Linter sucio			1	Kg.
1) Limpieza mecánica (energía).				
Linter limpio (88.62%).			0.89	"
2) Digestión:				
- agua blanda (R.B. 1/2C)	20 x 0.89	17.80 lt.		
- reactivo de la digestión:1 (comercial)	$\frac{3 \times 17800}{100 \times 0.9}$	0.60 Kg.		
- humectante :digestión	0.5 x 17.80	8.90 gr.		
- detergente	x 17.80	17.80 gr.		
- secuestrante de iones:	0.2 x 17.80	3.56 gr.		
- vapor (100 lb/pulg ²)		15.40 Kg.		

Linter tratado: (94.55% del anterior) 0.84 Kg.

3) Lavado y Neutralizado

3 enjuagues de:

- agua blanda: 20 x 0.84 16.80 lt.

- ácido

(neutralizado) 1.5cc.x16.80 25.20 cc.

totales de:

- agua blanda 50.40 lt.

- ácido (neutralizado) 75.60 cc.

4) Blanqueo

- agua blanda (R.B. 1/20 20 x 0.84 16.80 lt.

- reactivo de blanqueo 0.75 x16.80 12.60 gr.

- humectante para blanqueo 0.3 x16.80 5.04 gr.

- sustancias tampon 0.4 x16.80 6.72 gr.

- antioxidante 0.5 x16.80 8.40 gr.

- ácido (pH) 2.4ccx16.80 40.32 cc

- vapor (100lb/pulg²) 11.25 Kg.

Linter Blanqueado (99% del anterior)

0.83 Kg.

5) Lavado: 2 enjuagues de

- agua blanda 20 x 0.83 16.60 lt.

total de

- agua blanda 33.20 lt.

6) Enjuague

- agua blanda 20 x 0.83 16.60 lt

- secuestrante de iones 0.2 x 16.60 3.32 kg.

- vapor (90lb/pulg²) 4.60 kg.

7) Secado (energía)

8) Empacado

Energía total requerida para procesar 1 kg. de linter

0.14 Kwh.

Los cálculos de los requerimientos de vapor y energía en las etapas correspondientes se presentan al final del presente trabajo en los Anexos 11 y 12.

Finalmente, presentamos el resumen de los requerimientos para la producción de celulosa tomando como base de cálculo el procesamiento de 1 Kg. de materia prima: Linter.

REQUERIMIENTOS PARA LA PURIFICACION DE: 1 KILOGRAMO DE LINTER

REQUERIMIENTO	ETAPA	UNIDAD	LIMPIEZ MECANI.	DIGESTION	LAVADO NEUTRALI	BLANQUEO	LAVADO ENJUAG.	SECADO	EMPACADO
Linter que entra a la etap. respect		Kg.	1	0.89	0.24	0.84	0.83	0.83	0.83
Temperatura		°C	amb.	130	amb.	80	amb.	60	amb.
Tiemp.de operc.carga y descarga		hr	0.015	1.5	0.25	1.0	0.25	0.015	0.2
Energía		Kwh	Consumo para el proceso total 0.18						
Vapor		Kg.	-	15.40	-	11.25	-	4.60	-
Agua blanda		lt.	-	17.80	50.40	16.80	33.20	15.80	-
Reactivo digestión		Kg.	-	0.60	-	-	-	-	-
Reactivo blanqueo		gr.	-	-	-	12.75	-	-	-
Humectante digestión		gr.	-	8.90	-	-	-	-	-
Detergente digestión		gr.	-	17.80	-	-	-	-	-
Humectante blanqueo		gr.	-	-	-	5.10	-	-	-
Secuestrante de iones		gr.	-	3.56	-	-	-	3.42	-
Acido (pH)		gr	-	-	-	40.32	-	-	-
Acido (neutralización)		gr.	-	-	75.60	-	-	-	-
Sustancia tampón		gr	-	-	-	6.72	-	-	-
Antioxidante.		gr.	-	-	-	8.40	-	-	-

CAPITULO V

DISEÑO DE UNA PLANTA PARA LA OBTENCION DE CELULOSA INDUSTRIAL A PARTIR DEL LINTER DE ALGODON.

El presente capítulo es la aplicación a nivel industrial de los estudios realizados en relación al problema planteado en el primer capítulo, es decir, la purificación del linter para la obtención de celulosa industrial.

Considerando que como se desprende de los resultados de la investigación, es factible el aprovechamiento de la materia prima mencionada (linter) para la recuperación de la celulosa, a continuación presentamos el diseño y recomendaciones para la instalación de la mencionada planta que se desarrolla en los siguientes puntos:

- 1.- Tamaño de planta capacidad instalada, producción diaria.
- 2.- Diseño del proceso
 - Descripción del proceso
 - Diseño y descripción del equipo
 - Diagrama de flujo.
- 3.- Inversión: costo del equipo.
- 4.- Costo de manufactura del producto.

5.1. TAMAÑO DE PLANTA:

Teniendo en cuenta el estudio de mercado presentado en el Cap. II, Sección , tenemos:

Producción Anual estimada de Linter. 1200 TM

Captación Anual estimada de linter para producción de
A celulosa industrial (25%) 300 TM.

JUSTIFICACION

Tal como se dijo en el Capítulo II, toda la producción de linter se destina a los usos actuales que se le dan en los siguientes porcentajes:

Algodón quirúrgico	50 - 60 %
Mechas y pabilos	5 - 10 %
Material de relleno	el resto.

Si consideramos que nuestra captación de linter se realiza en el destinado a material de relleno (considerando que las otras aplicaciones son más importantes) tendríamos.

Algodón quirúrgico	50 %
Mechas y pabulo	5 %

material de relleno 20 %

Por consiguiente:

Linter para producción de celulosa industrial 25 %

Lo que equivale a decir:

CAPACIDAD INSTALADA: 1 TM / DIA = 1000 Kg/día.

5.2. DISEÑO

5.2.1. DESCRIPCION DEL PROCESO:

La planta purificadora de linter para la producción de celulosa industrial también conocida como celulosa química, deberá procesar 1000 Kg. de linter diarios trabajando en dos turnos de 8 horas cada uno para satisfacer lo previsto.

Teniendo en cuenta la densidad aparente de nuestra materia prima (30 Kg/m^3) las cargas no serán mayores de 50 Kg. de linter limpio en cada etapa.

LIMPIEZA MECANICA

El proceso comienza con la separación de material sólido como son las pepas, cáscaras, polvo y demás, como se dijo anteriormente.

DIGESTION.

El linter libre de estas impurezas sólidas es llevado a la etapa de digestión donde se le tratará con solución alcalina para la solubilización y eliminación de las impurezas químicas parcialmente. Esta etapa requiere de un equipo para trabajo a alta temperatura (autoclave), así como vapor.

Para favorecer y facilitar la solubilización mencionada se utilizarán cantidades determinadas de sustancias humectante y detergente así como el empleo de un secuestrante de iones para la eliminación de sustancias minerales cuya formación es característica en esta etapa.

LAVADO-NEUTRALIZADO

A continuación se realizará un lavado que removerá las sustancias solubilizadas de las fibras de celulosa; es necesario simultáneamente neutralizar el efecto de la solución alcalina.

Con tal motivo se realizarán tres enjuagues con agua acidulada y se recomienda que cada enjuague se haga utilizando la solución acidulada en una relación de baño 1/20. Se emplearán un tanque específicamente para este lavado para que el proceso sea continuo.

BLANQUEO.

Posteriormente, como se estudió, el linter tratado en la digestión se somete a la etapa de blanqueo donde se le tratará con el

aporte respectivo (proceso de oxidación)

Para esto se utilizará un tanque revestido con pintura epóxica ya que el cloro que se desprende de la reacción es altamente corrosivo.

En esta etapa también se requiere vapor y por tanto el tanque tendrá una chaqueta de vapor.

Como se señaló en el capítulo anterior, es recomendable el uso de un humectante; como se requiere un medio de pH aproximadamente 3.6, es necesario utilizar un ácido y para mantener este pH una sustancia tampón.

Si el material del equipo lo requiere se utilizará un antioxidante.

LAVADO.

Para remover las sustancias separadas de las fibras se realizará otro lavado esta vez con dos enjuagues de agua blanda en relación de baño de 1/20 cada uno.

Este lavado se hará en un tanque similar al del lavado neutralizado.

ENJUAGUE FINAL.

Con el propósito de eliminar todo resto de impurezas (principalmente las cenizas que son tan perjudiciales) se realizará un enjuague final a una temperatura aproximada de 35-40°C con una sustancia secuestrante de iones metálicos durante corto tiempo. Para esto se utilizará un tanque recubierto interiormente con pintura epóxica y para que no resulte muy caro se obtendrá la temperatura deseada con inyección de vapor directo.

SECADO.

Después del último enjuague se efectuará la eliminación de agua para lo cual, el sistema más simple y por consiguiente el más barato será el de rodillos. Después de pasar por estos rodillos el agua tiene aproximadamente un 30% de humedad, por tanto se requiere de un secado final. Para esto se recomienda un túnel de secado por el cual el producto pase a cierta velocidad y con la ayuda de aire caliente su humedad sea reducida aproximadamente a un 45-5 %

EMPACADO

Finalmente es necesario compactar la celulosa industrial obtenida pues su densidad aparente es muy baja. Con tal motivo se recomienda el uso de una prensa hidráulica.

En el esquema que sigue se presentan los tiempos totales de cada etapa para un lote.

5.2.2. DISEÑO Y DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO.

LIMPIEZA MECÁNICA

Producción diaria. = 1,000 Kg.
Horas de trabajo al día (8 x 2) = 16 hr.
Velocidad de trabajo estimada $\frac{(1,000)}{16}$ = 62.5 Kg/hr.

Velocidad de trabajo real = 70 Kg.

Producción adicional por día $(70-62.5) \times 16$ = 117 Kg.

Este linter limpio adicional por día servirá para las primeras cargas del día siguiente.

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

Nombre Máquina limpiadora neumática.

Producción de la máquina 70 Kg/hr.

Potencia del motor. = 5 HP.

Esta maquinaria posee un gran ventilador. La materia ingresa a la cámara en donde, por el aire impulsado por el ventilador, las fibras que son muy livianas se elevan y pasan a otro compartimiento a través de un tambor que gira a gran velocidad; los materiales sólidos caen por gravedad, por ser más pesados que la fibra.

DIGESTION.

- Kilos de materia prima procesada por batch = 50 Kg.

Tiempo de un batch. = 1.5 Hr.

Número de batch al día con un solo reactor $(16/1.5)$ = 10

Por consiguiente:

Producción diaria con un sólo reactor (10×50) = 500 Kg.

Para satisfacer lo previsto se requerirá por tanto de dos autoclaves iguales.

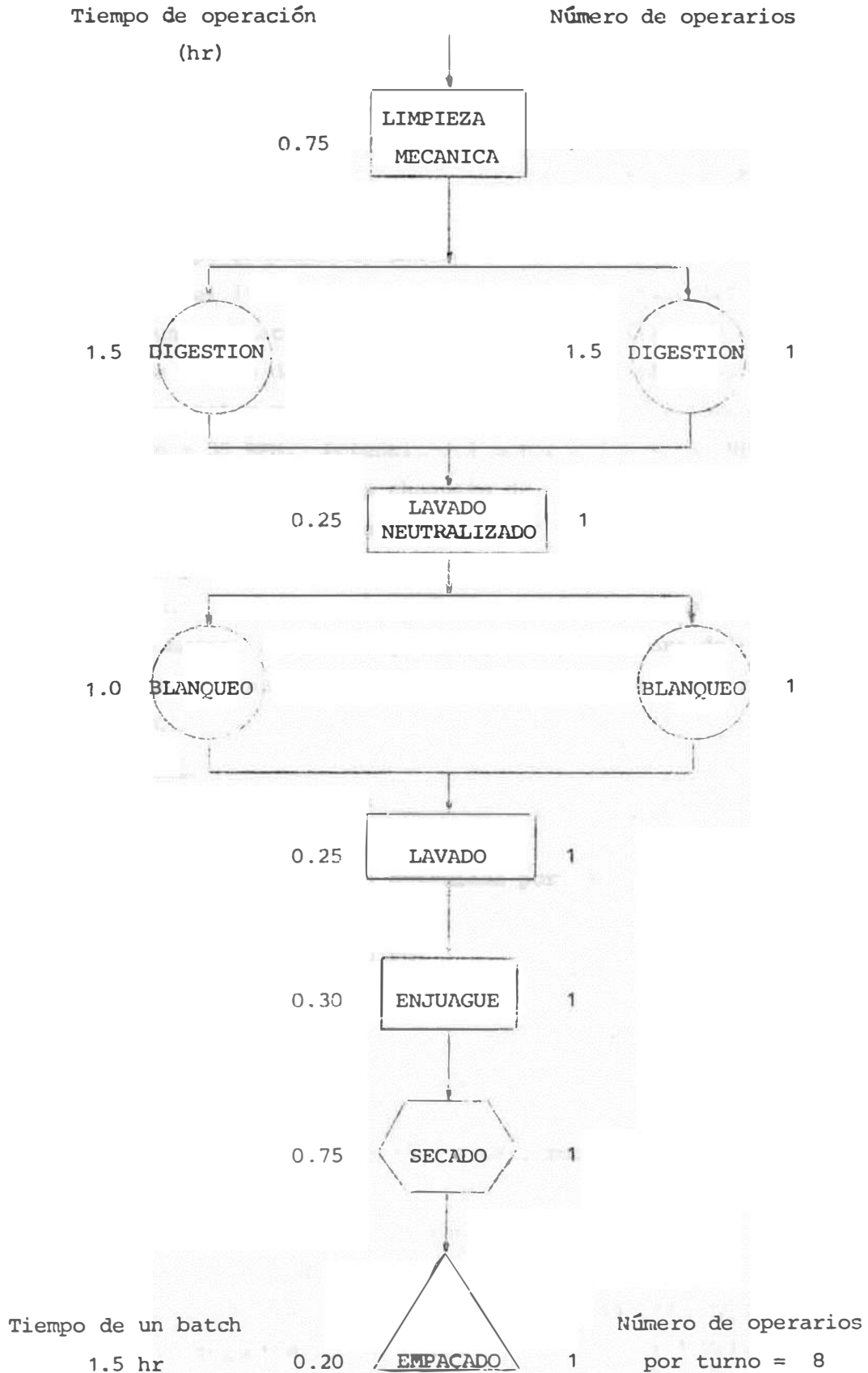
Diariamente, se cargará primero sólo una de ellas y la segunda 0.25 hr. después de iniciado el proceso de la primera.

- Volumen de la autoclave:

Carga de material por lote = 50 Kg.

volumen de la solución (20×50) = 1000 lt.

ESQUEMA DEL PROCESO PRESENTANDO EL NUMERO DE OPERARIOS POR TURNO QUE SE REQUIERE PARA LA MANIPULACION DE MATERIALES ASI COMO EL TIEMPO DE OPERACION POR LOTE (50 KILOS) EN CADA ETAPA INCLUYENDO CARGAS Y DESCARGAS RESPECTIVAS



DESCRIPCION DEL EQUIPO

Nombre Autoclave.

Capacidad nominal	=	1,000	lt.
Diámetro	=	950	mm
Altura	=	1,500	mm.
Temperatura de trabajo	=	130°	C.
Temperatura de diseño	=	135°	C.
Presión de trabajo	=	43	PSI
Presión de diseño	=	64	PSI.

Material de construcción del equipo: acero inoxidable.

El equipo constará de una canastilla de plancha perforada en donde irá el linter; la finalidad de esta canastilla es la de permitir una agitación, donde la fase sólida (linter) es la que se mueve dentro de la solución. Esta canastilla estará accionada por un motor mediante transmisión de piñón y cadena aproximadamente a 30 RPM. Potencia del motor = HP.

El reactor tendrá una chaqueta de vapor que permitirá una presión de trabajo de hasta 5 Kg/cm^2 ; válvulas de descarga para el licor y el condensado. La tapa de cierre hermético será abisagrada. Para el control de temperatura y presión se tendrá un termómetro, manómetro y una válvula reductora de presión la que se acciona automáticamente cuando la temperatura pase de los 130°C .

LAVADO

- Volumen del tanque:

Carga del material 50 Kg.

Volumen de solución acidulada por cada enjuague (20 x 50) = 1000 Lt.

- DESCRIPCION DEL EQUIPO:

Nombre: Tanque de lavado.

Capacidad nominal = 1000 lt.

Diámetro = 950 mm.

Altura = 1500 mm.

Material de construcción. Fierro recubierto con pintura epóxica interiormente.

El tanque incluirá una canastilla similar a la de la autoclave, así como un equipo de izaje conformado por una pluma tubular accionado por poleas para facilitar la carga y descarga del material (potencia del motor = 1 HP).

En la parte inferior estará incluida una válvula de compuerta para evacuar el agua de lavado.

La operación se ha calculado que demore 0.25 hr. por tanto será suficiente un solo tanque para el lavado de las cargas de las dos autoclaves.

BLANQUEO

- También se requerirá 2 tanques de blanqueo.

-- Volumen del equipo

Carga de material = 50 Kg.

Volumen de la solución (20 x 50) = 1000 lt.

- Descripción del equipo.

Nombre: tanque de blanqueo.

Capacidad nominal = 1000 lt.

Diámetro = 950 mm.

Altura = 1500 mm.

Temperatura de trabajo = 80/85°C.

Material de construcción: De fierro recubierto interiormente con pintura epóxica.

El tanque incluye una canastilla de plancha de fierro recubierta con pintura epóxica así como también un equipo de izaje similar al ya descrito. Potencia de motor = 1 HP.

El tanque dispondrá de una chaqueta de vapor cuya presión de trabajo será de 1 Kg/cm². Dispondrá además de una válvula reductora de presión en la línea de vapor, manómetro, termómetro, válvula de seguridad.

En la parte inferior tendrá una válvula de purga y una de compuerta para descarga de líquidos.

LAVADO

El equipo es exactamente igual al descrito para el tanque de neutralizado.

ENJUAGUE

El tanque para el enjuague será similar a los tanques de lavado pero además de esto deberá contar con una línea de vapor para la inyección directa del mismo.

En el anexo 11, se indica la cantidad de vapor directo por kilo de carga que se requiere para obtener una temperatura de 35 a 40°C.

SECADO

El secado comprenderá dos partes:

- 1) Rodillos desaguadores.- La finalidad de estos rodillos es la de exprimir el agua del producto. Este es el medio más económico y es suficiente para lograr lo que deseamos.
- 2) Cámara de secado.- Al salir de los rodillos el producto tendrá - aproximadamente 30% de humedad por tanto se requiere eliminar este exceso de agua presente. Aproximadamente la humedad al salir de la cámara será de 3 a 4 %.

Cálculo de la velocidad de trabajo para la operación de secado:

Producción total (83%)	=	830 Kg.
Número de horas laborables diarias	=	16 hr.
flujo de material	$\frac{(836)}{16}$	= 52 Kg/hr. ó 1.2 Kg/min.

Descripción del equipo:

a) Rodillos desaguadores:

número de rodillos	=	2
ancho	=	500 mm
alto	hasta =	300 mm.

Estos rodillos giratorios exprimirán el agua contenida en el producto por presión. Ambos girarán, uno por arrastre (superior) y el otro por transmisión de piñón y cadena proveniente de un motor de 3/4 HP.

Estos rodillos dispondrán de unos resortes para la regulación de la presión sobre el producto.

b) Cámara de secado:

ancho interior	=	500 mm.
altura	=	300 mm.
longitud	=	4000 mm.

El túnel de secado dispondrá de 3 ventiladores con resistencia con controles de velocidad y potencia.

El túnel estará formado por paneles de aglomerado de madera enchapado interiormente con plancha de galvanizada en módulos desarmables.

El transportador de banda está hecho con lona y dispone de tambores de fierro con revestimiento de jebe y polea tensora de la banda.

El conjunto de transmisión está formado por motor, reductor piñón, y cadena de transmisión.

La potencia consumida para la cámara de secado será:

Potencia del motor = 0.75 HP.

Potencia de cámara = 3.60 Kw.

EMPACADO

Para esta etapa se recomienda el uso de una prensa hidráulica tal como se efectúa en el empacado de algodón.

- Cálculo de las dimensiones de la caja de empacado.

Kilos de producto a empacar = 830 Kg.

densidad verdadera del producto = 600 Kg/m³

volumen que ocupará $\frac{(830)}{600}$ = 1.38 m

número de empaques al día = 10

volumen de un empacado $\frac{(1.38)}{10}$ = 0.138 m

Por consiguiente:

Dimensiones de la caja:

Ancho = 500 mm

Altura = 500 mm

Largo = 550 mm.

Volumen aproximado = 0.138 m³.

Descripción del equipo:

La prensa empacadora tendrá un equipo hidráulico compuesto de pistón y bomba manual con capacidad de 15 TN

El equipo hidráulico acciona una compuerta de desplazamiento horizontal la cual va comprimiendo al material hasta obtener la calidad de prensado/empacado final requerida-

Adicionalmente se recomienda el uso de equipo auxiliar simple como tinajas de plástico para la disolución de los reactivos a emplear. Desde el punto de vista de ingeniería sería mejor adquirir equipo más apropiado para tales efectos; en este caso recomendaríamos el uso de tanques de fierro recubiertos interiormente con pintura epóxica tanto para la disolución de los reactivos como para la preparación y adición continua de agua acidulada para la etapa de neutralización. Sin embargo, en vista que esto aumenta considerablemente nuestra inversión, la sugerencia sólo queda como tal y no es incluida como parte de la inversión en equipo para la planta.

5.3. INVERSION

EQUIPO	NUM. DE UNIDADES	COSTO DE UNA UNIDAD \$.	COSTO TOTAL \$.
Máquina limpiadora de linter	1	2'188,000	6'160,000
Autoclave	2	6'120,000	12'240,000
Tanque para lavado y enjuagues	3	722,000	2'166,000
Tanque para blanqueo	2	1'174,000	2'348,000
Equipo de secado	1	3'074,000	3'074,000
Prensa empacadora	1	680,000	680,000
COSTO TOTAL DEL EQUIPO: INVERSION			26'650,000

COSTO DE MANUFACTURA PARA UN DIA DE PRODUCCION:

1,000 KG. DE MATERIA PRIMA

	CANTIDAD PARA M.P.		COSTO UNIT. \$/Kg.	COSTO TOTAL \$.
	1 Kilo	1,000 KILOS		
<u>COSTO VARIABLES</u>				
Materia Prima		1,000 Kg	65.00	65,000.00
Insumos.				
Reactivo Digestión	0.60 Kg.	600 Kg	265.00	159,000.00
reactivo blanquec	12.75 gr	12.75Kg	500.00	6,375.00
Humectante digestión	3.90 gr.	3.90Kg	700.00	6,230.00
Detergente	17.80 gr.	17.80Kg.	825.00	14,685.00
Humectante blanqueo	5.10 gr.	5.10Kg.	1,210.00	6,171.00
Secuestrante de iones	6.98 gr.	6.98Kg	3,400.00	23,732.00
ácido (pH)	0.04 lt.	40.32lt	495.00/lt	19,958.40
ácido (neutralización)	0.08 lt	75.60lt	101.00/lt.	7,635.60
sustancia tampón	6.72 gr	6.72Kg	265.00	1,780.80
antioxidante	3.40 gr.	3.40Kg	371.00	3,116.40
agua blanda	134.80 lt.	134,800.00lt	0.45/lt	60,660.00
vapor (100lb/pulg ²)	31.25 Kg.	31,250.00Kg	3.64	113,750.00
energía.	0.18kwh.	184.00kwh	7.00/kwh	1,288.00
<u>COSTOS FIJOS</u>				
Manc de obra (2 turnos)	16 operarios		1,200.00/op	19,200.00
Depreciación (anexo 13)				8,889.00
Mantenimiento (anexo 14)				4,444.00
Seguros (anexo 15)				1,778.00
				34,311.00
				439,302.20
				19,200.00
				8,889.00
				4,444.00
				1,778.00
				34,311.00
				439,302.20
				19,200.00
				8,889.00
				4,444.00
				1,778.00
				34,311.00
				439,302.20
				19,200.00
				8,889.00
				4,444.00
				1,778.00
				34,311.00
				439,302.20

COSTO DE MANUFACTURA.

523,693.20

A) procesar 1,000 Kg. de materia prima se obtienen teóricamente (ver Cap. IV).

= 829.50 Kg. producto.

Considerando que aproximadamente 0.2% del material inicial se pierde por manipulación

= 2.00 Kg.

Entonces se obtendrá realmente

= 827.50 Kg. producto.

COSTO DE MANUFACTURA

- | | |
|--|---------------|
| 1) Para 827.50 Kg. de producto (1 día) | \$ 523,693.20 |
| 2) Para 1 Kg. de producto | \$ 632.86. |

Finalmente, el costo de manufactura estimado para 1 Kg. de celulosa industrial obtenido a partir de linter de algodón es:

	\$.	632.86.
equivalente a:	\$	2.25

NOTA: COSTO VARIABLE ASIGNADO A 1 KG. DE PRODUCTO:

	\$	591.40
equivalente a:	\$	2.10