

BIBLIOTECA  C. QUIMICAS

UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA

INCORPORADA A LA U. N. A. M.

ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS.

**OBTENCION DE CELULOSA PARA PAPEL
A PARTIR DE BORRA DE ALGODON**

TESIS PROFESIONAL

JUAN ANTONIO BRIBIESCA GONZALEZ FRANCO

México, D. F.

1964

11333



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA

INCORPORADA A LA U. N. A. M.

ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS

OBTENCION DE CELULOSA PARA PAPEL
A PARTIR DE BORRA DE ALGODON

T E S I S

Que para obtener el Titulo de:

INGENIERO QUIMICO

presenta:

JUAN ANTONIO BRIBESCA GONZALEZ FRANCO

MEXICO . D. F.

1964

*A mis padres, como testimonio
de mi amor y gratitud*

A mis hermanos

A Anita, esperanza de mi vida

Al Sr. Ing. R. Alejandro Duran
por su dirección de esta tesis

Al Sr. Juan Bautista y al personal de la
Vegetación Papalera Mexicana S.A.
agradeciendo su ayuda

SUMARIO :

- I.- Antecedentes y objeto
- II.- Análisis de la materia prima.
- III.- Obtención de la celulosa en escala de laboratorio.
- IV.- Obtención de la celulosa en escala piloto industrial.
- V.- Estudio económico.
- VI.- Conclusiones.
- VII.- Bibliografía.

CAPITULO I

ANTECEDENTES Y OBJETO

Las berran, en general según define la Dirección General de Normas de la Secretaría de Industria y Comercio, son "los desperdicios de las fibras textiles, antes del hilado" (Norma DGN-SIC. A-12-1957)

Estos desperdicios textiles son usados en la industria como base para la obtención de celulosa destinada a varios productos, tales como el algodón pólvora o nitrato de celulosa; seda artificial (rayón), paroxilina base del celuloide y de lacas para pintura, y del celofán obtenido por medio de la precipitación de la celulosa. (1)

En los últimos años se ha tratado de obtener pulpas de celulosa a partir de materiales primos diferentes de la madera, ya sea para obtener otros tipos de pulpas o en busca de menores costos.

Es por lo tanto que se consideró de interés estudiar la berran de algodón como materia prima para pulpa, debido en primer lugar a su relativa bajo costo respecto a otros materiales, en segundo lugar a las buenas propiedades del papel obtenido con esta celulosa, y por último al alto porcentaje de celulosa en dicha materia prima.

El objeto de este trabajo fue obtener una pulpa de celulosa para papeles finos de buena calidad, tales como papeles Bond, litográficos y de escritura en general, con costos de producción relativamente económicos y en una cantidad suficiente para cubrir el consumo de pulpas de la fábrica para la cual se llevó el estudio.

Tal estudio se realizó en escala de laboratorio y en escala piloto.

CAPITULO II

ANALISIS DE LA MATERIA PRIMA

Análisis granulométrico.

De la borra de algodón ;previamente sacudida, se tomó una muestra representativa para hacer este análisis, tal muestra se molió en un molino Koerner y se realizó obteniéndose los resultados que se encuentran en la tabla siguiente.

T A B L A I

Fracción N°	Pasó malla N°	Retenida malla N°	%
1	-	20	19.84
2	20	40	26.18
3	40	60	14.01
4	60	80	16.12
5	80	-	21.85

Puntos succion.(2)

Se formaron hojas según indica el método T.A.F.F.I. y se llevó a cabo el resuento de los puntos succion a las condiciones especificadas, encontrándose un valor ;promedio de 144,000 milímetros cuadrados por metro cuadrado de pulpa.

Análisis químico.

Para ;proceder al análisis se escogió la fracción N° 2, tomando en cuenta el bajo contenido de lignina y el peso específico aparente.(3)

El análisis se llevó a cabo siguiendo los métodos Standard T.A. F.F.I.(4), excepto la determinación de holocelulosa que se hizo por el método Fine.(5)

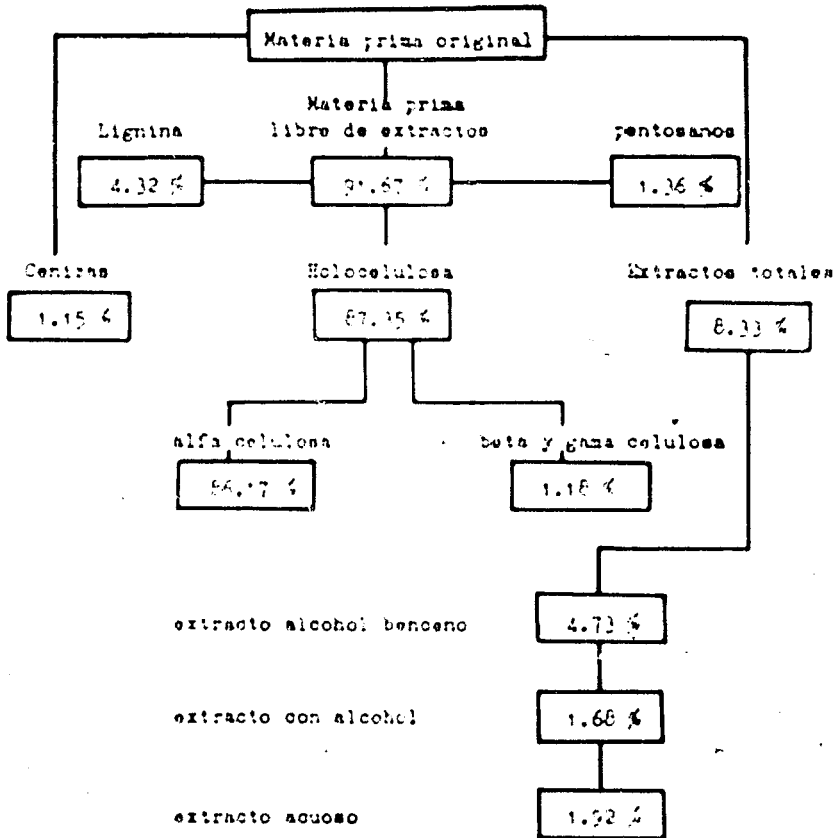
En la tabla N° II, y en la figura 1 se encuentran los resultados obtenidos.

T A B L A II

Extracto alcohol benceno	4.73 %
Extracto alcohólico	1.68 %
Extracto acuoso	1.92 %
Extractos totales	8.33 %
Materia prima libre de extractos	91.67 %
Cenizas	1.15 %
Pentosanos	1.36 %
Holocelulosa	87.35 %
Alfa celulosa	86.17 %
Beta y goma celulosa	1.18 %
Lignina	4.32 %
Materia soluble en agua al 1 %	5.11 %

Todos los datos están calculados sobre materia prima original seca a la estufa, y no han sido corregidos por lignina.

FIGURA 1



Solubilidad en NaOH al 1%... 5.11%

CAPITULO III

OBTENCION DE LA CELULOSA EN
ESCALA DE LABORATORIO

Método seguido:

Para la muestra se tomaron partes representativas y se llevaron a cabo digestiones, blanqueando ,posteriormente las pulpas obtenidas.

a.- Preparación de la muestra.

Antes de tratar la borra de algodón fue necesario sacudirla para quitarle el polvo, algo de cascavilla y otras impurezas que suelen acompañar a la materia prima.

b.- Digestión.

Por medio de esta operación se hace la mayor eliminación de lignina, ceras, proteínas, materias orgánicas y cascavilla que trae adherida la fibra, la cual constituye un problema en el proceso.

Con objeto de realizar un estudio comparativo fue necesario hacer 5 digestiones, las cuales se llevaron a cabo conservando constantes la presión, temperatura, tiempo de cocción y relación de baño (borra a agua). Se varió solamente el porcentaje de álcali activo como hidróxido de sodio (6).

Las condiciones fueron las siguientes:

Temperatura	140°C
Presión	4 Kg/cm ²
Tiempo de elevación a 140°C	30 minutos
Tiempo a 140°C	3 horas
Cantidad de borra	1 Kg seco
Relación de baño	1:10

La proporción de álcali activo como NaOH se varió en 5, 7.5, 10, 12.5 y 15 % en peso sobre borra seca.

Hendimiento.-

Al terminar el cocimiento se disminuyó la presión y se descargó la borra, se lavó con agua fría y se exprimió dejándola secar hasta humedad constante.

A continuación se determinaron rendimientos cuyos resultados se encuentran en la tabla III.

T A B L A I I I
RENDIMIENTO DE LA PULPA DE BORRA DE ALCOHOL

Muestra N°	Alcali activo en % como NaOH	Rendimiento en %
1	5.0	85.6
2	7.5	85.4
3	10.0	85.1
4	12.5	84.6
5	15.0	83.8

Pruebas de las pulpas obtenidas.-

Blancura.-

Las pruebas se hicieron en un fotocolorímetro de reflexión de la Photovolt Corporation modelo 610 y se siguió el método indicado por los Standard T.A.S.P.I.(7)

Los resultados se encuentran en la tabla IV

Juntes sucios.-

El método seguido fue el mismo que se indica en el capítulo II, y los resultados se encuentran en la tabla IV.

Cenizas.-

El método seguido fue el mismo que se indica en el capítulo anterior. Los resultados se encuentran en la tabla IV.

Resistencias.-

Para llevar a cabo las medidas de las resistencias se siguieron los siguientes pasos:

Batido.- Es necesario convertir la pulpa en hojas para lo cual debe refinarse previamente; refinación que debe llevarse a cabo bajo condiciones específicas. En el presente caso se usó el método señalado por los Standard T.A.S.P.I. (T-200 a 45)

Refinado.- (Procesos) es la primera propiedad que se determina, e indica la facilidad de proceso de las pulpas, la cual disminuye según avanza la refinación. Esta prueba se hizo en el Sec. por Regier Process Tester y, según el método T.A.S.P.I. T-402 a 47

Formación de hojas.- Las hojas se formaron de acuerdo con las condiciones que indican los métodos Standard T.A.S.P.I. T-417 a 50.

Determinación del peso.- Acondicionadas las hojas, se determina su peso.

Espejor.- Se midió en un micrómetro A. B. Lorenzen Wetzen. El método seguido fue el T-411 a 44

Determinación de las resistencias.- Por ser estos métodos del dominio de los técnicos papeleseros, no se entra en detalle de la operación, y solo se consignan en las tablas V, VI, VII, VIII, IX y en las figuras 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 los resultados obtenidos.

T A B L A IV

PROPIEDADES FÍSICAS EN PULPAS DE BOMBA DE ALGODÓN

Muestra N°	Blancura en % photovolt	Punto de rotura en mm ² = g	Cenizas en %
1	36.5	40,000	0.620
2	39.0	41,000	0.606
3	41.0	36,000	0.596
4	42.0	36,000	0.536
5	42.5	32,000	0.530

T A B L A V

Muestra N°1

Borra hervida con 5 % de álcali activo

	<u>Grados de refinación S.R.</u>				
	18	32	47	64	
Tiempo de drenado	3.8	5.8	15.0	42.6	seg.
Encogimiento	3.0	5.0	6.75	9.25	%
Peso base al aire	66.12	73.65	70.94	73.38	g/m^2
Peso base a la estufa	63.34	70.31	66.83	68.98	g/m^2
Espesor	0.146	0.118	0.097	0.094	m.m.
Vol. específico aparente	2.3	1.6	1.45	1.36	cm^3/g
Densidad aparente	0.435	0.625	0.690	0.738	g/cm^3
Resistencia a la explosión (Mullen)	8.2	14.5	15.90	26.80	Lb/in^2
Factor de explosión	8.95	14.5	17.0	19.0	
Resistencia a la tensión (Schopper)	1.98	2.7	3.05	4.5	Kg.
Largo de ruptura (Schopper)	2 100	2 550	3 020	4060	metros
Elongación (Schopper)	2.2	3.0	2.7	2.3	%
Resistencia al rasgado (Klennendorf)	41.2	35.0	27.0	24.8	gramos
Factor de rasgado	65	38	41	36	
Resistencia al doblez (Schopper)	5.65	10	19	45	dobles dobleses
Factor de doblez	0.069	0.142	0.265	0.652	

T A B L A VI

Muestra N°2

Borra hervida con 7.5 % de álcali activo

	<u>Grados de refinación S.A.</u>				
	17	28	38	50	
Tiempo de drenado	3.8	5.05	10.0	32.5	seg.
Encogimiento	3.5	4.5	5.5	8.0	%
Peso base al aire	74.12	73.9	74.37	74.21	g/m ²
Peso base a la estufa	69.23	69.06	69.30	69.30	g/m ²
Espesor	0.134	0.121	0.105	0.096	m.m.
Vol. específico aparente	1.90	1.77	1.52	1.36	cm ³ /g
Densidad aparente	0.525	0.570	0.660	0.736	g/cm ³
Resistencia a la explosión (Mullen)	11.0	14.40	16.80	17.0	lb/in ²
Factor de explosión	11.1	14.65	17.05	17.25	
Resistencia a la tensión (Schopper)	2.12	2.65	3.15	3.48	Kg.
Largo de ruptura (Schopper)	2 030	2 550	3 030	3 330	metros
Elongación (Schopper)	2.5	3.4	3.5	2.5	%
Resistencia al rasgado (Elmendorf)	49.40	40.20	34.00	30.60	gramos
Factor de rasgado	75	58	47	43.1	
Resistencia al doblar (Schopper)	8.6	13	23.5	43	dobles doblecios
Factor de doblar	0.124	0.188	0.34	0.63	

T A B L A VII

Muestra N° 3

Borra hervida con 10 % de álcali activo

	Grados de refinación S.R.					
	17	21	25.5	47	57.5	
Tiempo de drenado	4.0	5.0	12.0	30.0	60.0	seg.
Encogimiento	3.0	5.0	5.5	8.0	10.0	%
Peso base al aire	70.43	56.86	68.52	69.81	69.7	g/cm ²
Peso base seco a la estufa	53.50	60.22	61.82	62.80	62.87	g/cm ²
Espesor	0.139	0.104	0.100	0.094	0.105	mm.
Vol. específico aparente	2.180	1.720	1.610	1.380	1.210	cm ³ /g
Densidad aparente	0.455	0.581	0.621	0.725	0.785	g/cm ³
Resistencia a la explosión (Mullen)	10.25	13.80	15.50	17.60	17.10	Lb/in ²
Factor de explosión	11.70	16.14	18.60	20.00	19.10	
Resistencia a la tensión (Schopper)	2.230	2.475	2.775	3.050	3.360	Kg.
Longitud de ruptura (Schopper)	2.310	2.730	3.000	3.218	3.150	metros
Alongación (Schopper)	2.5	3.5	3.8	3.4	2.7	%
Resistencia al rasgado (Elmendorf)	45	45	44	44	33.2	g.
Factor de rasgado	72.1	69	66	63.1	49.2	
Resistencia al doblez (Schopper)	3	19	26	39	47	dobles dobleces
Factor de doblez	0.047	0.310	0.470	0.660	0.780	

T A B L A V

Muestra N°1
Borra hervida con 5 % de álcali activo

	<u>Grados de refinación 3.R.</u>				
	<u>18</u>	<u>32</u>	<u>47</u>	<u>64</u>	
Tiempo de drenado	3.8	5.8	15.0	42.6	seg.
Encogimiento	3.0	5.0	6.75	9.25	%
Peso base al aire	66.12	73.65	70.94	73.38	g/m ²
Peso base a la estufa	63.34	70.31	66.83	68.98	g/m ²
Espesor	0.146	0.118	0.097	0.094	m.m.
Vol. específico aparente	2.3	1.6	1.45	1.36	cm ³ /g
Densidad aparente	0.435	0.625	0.690	0.738	g/cm ³
Resistencia a la explosión (Mullen)	8.2	14.5	15.90	28.60	Lb/in ²
Factor de explosión	8.95	14.5	17.0	19.0	
Resistencia a la tensión (Schopper)	1.98	2.7	3.05	4.5	Kg.
Largo de ruptura (Schopper)	2 100	2 550	3 020	4060	metros
Elongación (Schopper)	2.2	3.0	2.7	2.3	%
Resistencia al rasgado (Klensdorf)	41.2	35.0	27.0	24.8	gramos
Factor de rasgado	65	38	41	36	
Resistencia al doblez (Schopper)	5.65	10	19	45	dobles dobleses
Factor de doblez	0.089	0.142	0.285	0.652	

T A B L A VI

Muestra N°2
 Borra hervida con 7.5 % de Alkali activo

	<u>Grados de refinación C.S.</u>				
	7	28	35	50	
Tiempo de drenado	3.8	5.05	10.0	32.5	seg.
Encogimiento	3.5	4.5	5.5	8.0	%
Peso base al aire	74.12	73.9	74.37	74.21	g/m ²
Peso base a la estufa	69.23	69.06	69.30	69.30	g/m ²
Espesor	0.134	0.121	0.105	0.096	m.m.
Vol. específico aparente	1.90	1.77	1.52	1.36	cm ³ /g
Densidad aparente	0.525	0.570	0.660	0.736	g/cm ³
Resistencia a la explosión (Mullen)	11.0	14.40	16.80	17.0	lb/in ²
Factor de explosión	11.1	14.65	17.05	17.25	
Resistencia a la tensión (Schopper)	2.12	2.65	3.15	3.48	kg.
Largo de ruptura (Schopper)	2 030	2 550	3 030	3 330	metros
Elongación (Schopper)	2.5	3.4	3.5	2.5	%
Resistencia al rasgado (Klensdorf)	49.40	40.20	34.00	30.60	gramos
Factor de rasgado	75	58	47	43.1	
Resistencia al doblar (Schopper)	8.6	13	23.5	43	dobles doblesces
Factor de doblar	0.124	0.168	0.34	0.63	

T A B L A VII

Muestra N° 3

Borra hervida con 10 % de álcali activo

Grados de refinación S.R.

	17	27	35.5	47	57.5	
Tiempo de drenado	4.0	6.0	12.0	30.0	60.0	negu.
Encogimiento	3.0	5.0	5.5	8.0	10.0	%
Peso base al aire	70.43	66.66	68.62	69.61	69.7	g/m ²
Peso base seco a la estufa	63.60	60.22	61.62	62.80	62.87	g/m ²
Espesor	0.139	0.104	0.100	0.094	0.097	mm.
Vol. específico aparente	2.160	1.720	1.610	1.380	1.210	cm ³ /g
Densidad aparente	0.455	0.581	0.621	0.725	0.785	g/cm ³
Resistencia a la explosión (Mullen)	10.25	13.60	16.50	17.60	17.10	Lb/in ²
Factor de explosión	11.70	16.14	18.60	20.00	19.10	
Resistencia a la tensión (Schopper)	2.230	2.475	2.775	3.050	3.360	Kg.
Large de ruptura (Schopper)	2.310	2.730	3.000	3.218	3.350	metros
Elongación (Schopper)	2.5	3.5	3.8	3.4	2.7	%
Resistencia al rasgado (Elmendorf)	45	45	44	44	33.2	g.
Factor de rasgado	72.1	69	66	63.1	49.2	
Resistencia al dobles (Schopper)	3	19	26	39	47	dobles dobleces
Factor de dobles	0.047	0.310	0.470	0.660	0.760	

T A B L A VIII

Muestra N°4

Borra hervida con 12.5 % de Alkali activo

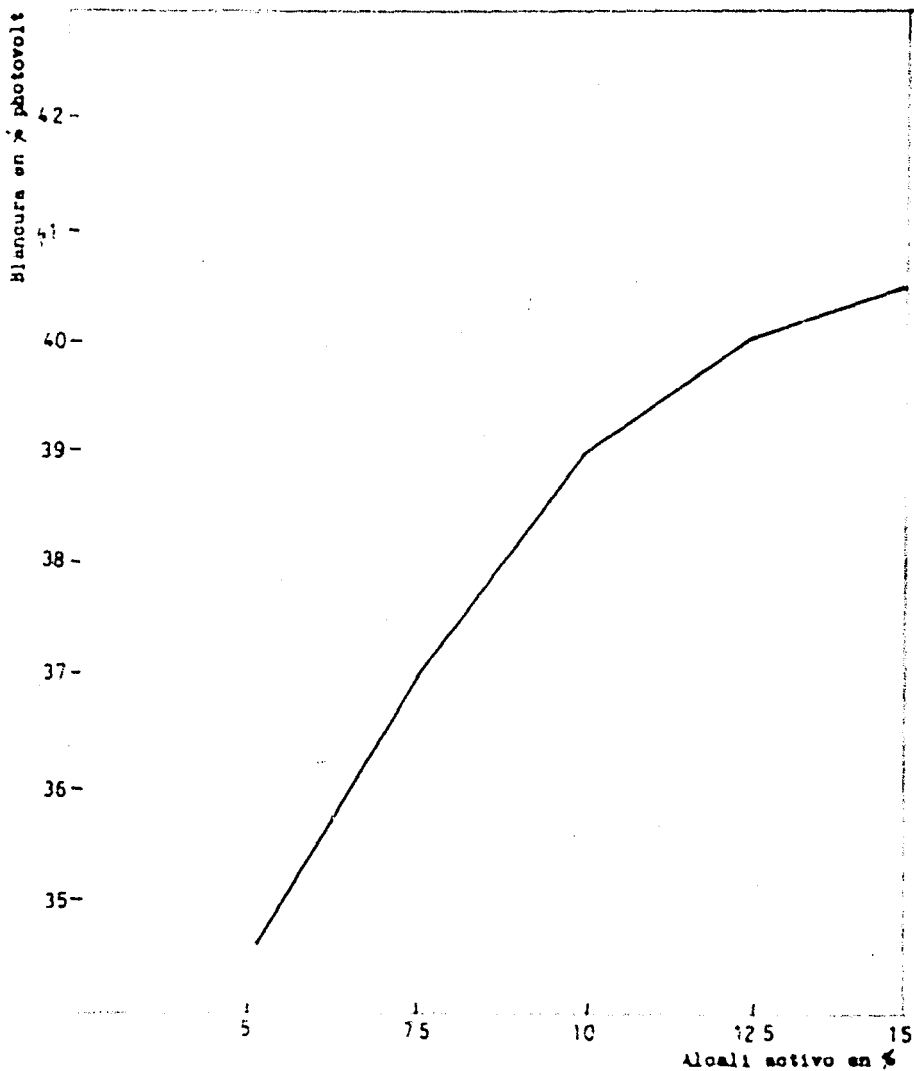
	<u>Grados de refinación S.B.</u>					
	18	25	35	46	53.5	
Tiempo de drenado	4.0	6.0	11.5	34.0	57.5	seg.
Encogimiento	3.25	4.5	6.5	8.5	10	%
Peso base al aire	71.37	72.55	74.77	78.77	78.1	g/m ²
Peso base a la estufa	66.70	67.80	69.75	72.60	72.9	g/m ²
Espesor	0.132	0.119	0.114	0.105	0.10	mm.
Vol. específico aparente	2.0	1.750	1.630	1.490	1.36	cm ³ /g
Densidad aparente	0.508	0.570	0.614	0.670	0.74	g/cm ³
Resistencia a la explosión (Mullen)	11.70	15.10	21.70	23.70	25	lb/in ²
Factor de explosión	12.35	15.70	21.90	22	24.1	
Resistencia a la tensión (Schopper)	2.55	2.8	3.3	3.96	4.62	Kg.
Largo de Ruptura (Schopper)	2 550	2 750	3 150	3 650	4 210	m.
Elongación	3.1	3.5	3.8	4.0	3.4	%
Resistencia al rasgado (Klendorf)	66.50	47.80	45.60	47.20	37.10	
Factor de rasgado	95	72	64.50	60	52.20	
Resistencia al doblez (Cooper)	10	23	43	70	74	dobles dobleses
Factor de doblez	0.120	0.330	0.500	0.85	0.98	

T A B L A IX

Muestra N°5

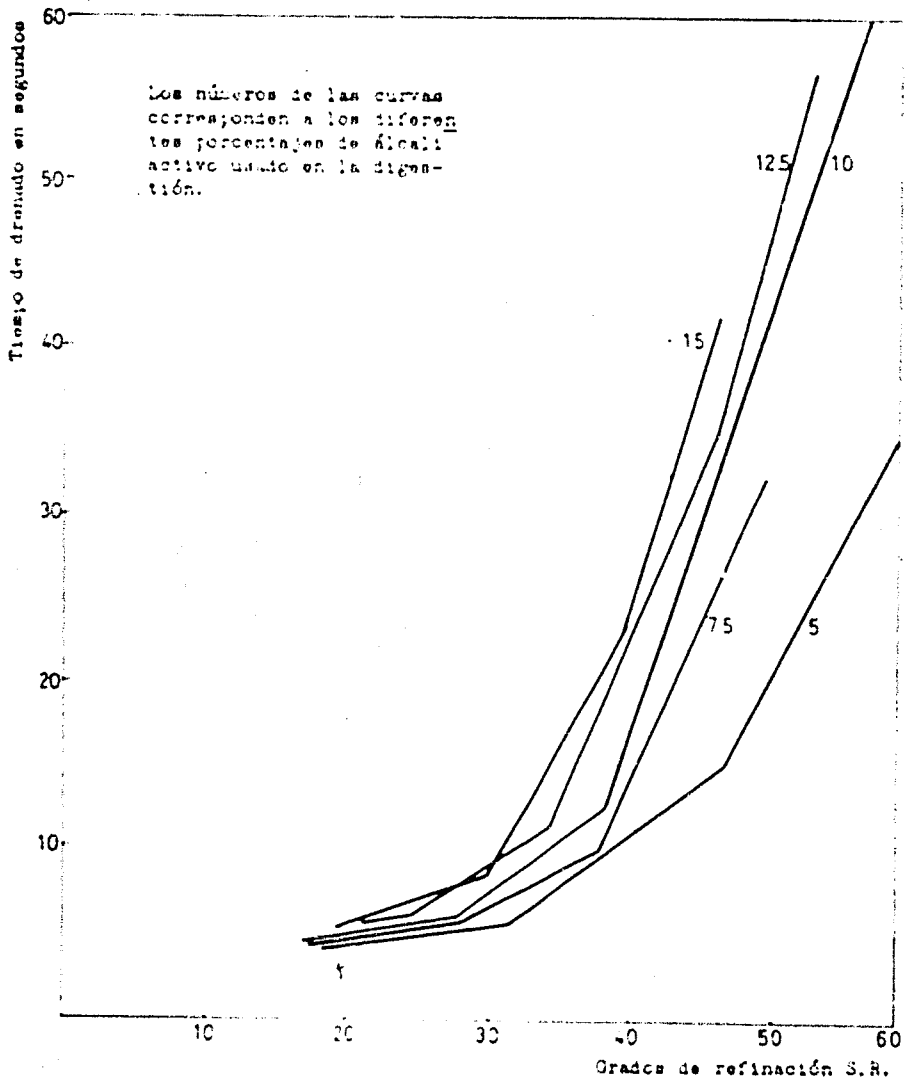
Borra hervida con 15 % de álcali activo

	<u>Grados de refinación S.H.</u>				
	<u>20</u>	<u>30</u>	<u>40</u>	<u>46.5</u>	
Tiempo de drenado	5.0	6.0	23	42.5	seg.
Moogimiento	5.0	5.0	8.5	10	%
Peso base al aire	75.90	91.75	87.70	79.65	g/m ²
Peso base seco a la estufa	70.46	86.34	82.61	75.11	g/m ²
Espesor	0.138	0.115	0.110	0.106	m.m.
Vol. específico aparente	1.830	1.650	1.430	1.380	cm ³ /g
Densidad aparente	0.546	0.605	0.700	0.750	g/cm ³
Resistencia a la explosión (Mullen)	15.20	27.20	20.80	24.60	lb/in ²
Factor de explosión	15.20	22.10	25	26	
Resistencia a la tensión (Schopper)	2.950	4.230	4.660	4.800	kg.
Largo de ruptura (Schopper)	2.700	3.260	3.760	4.250	metros
Elongación (Schopper)	3.6	4	3.9	3.8	%
Resistencia al rasgado (Elmendorf)	61.0	67.5	60.0	50.50	g.
Factor de rasgado	86.0	78.2	72.0	67	
Resistencia al doblar (Schopper)	14.2	45	83	90	g/188g
Factor de doblar	0.202	0.438	0.960	1.080	



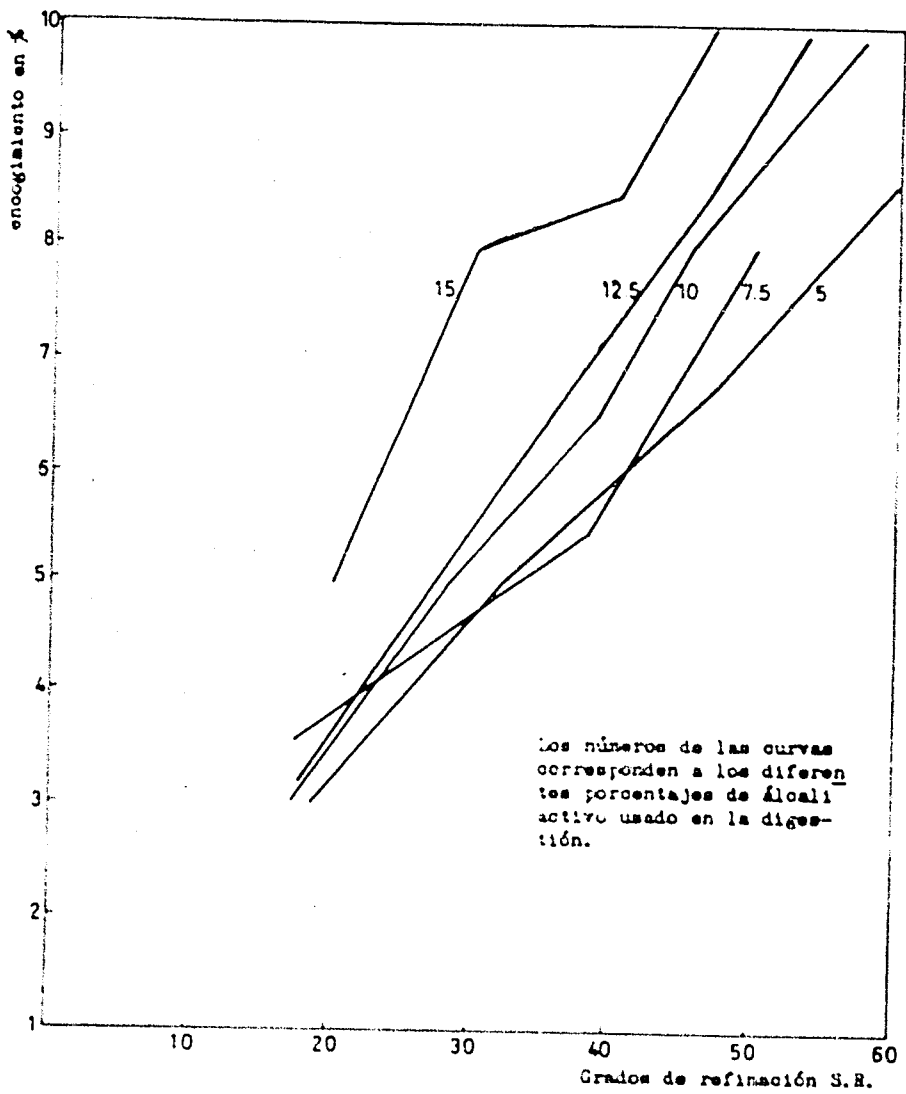
Efecto del porcentaje de álcali usado en la digestión en la blancura de las pulpas.

FIGURA 2



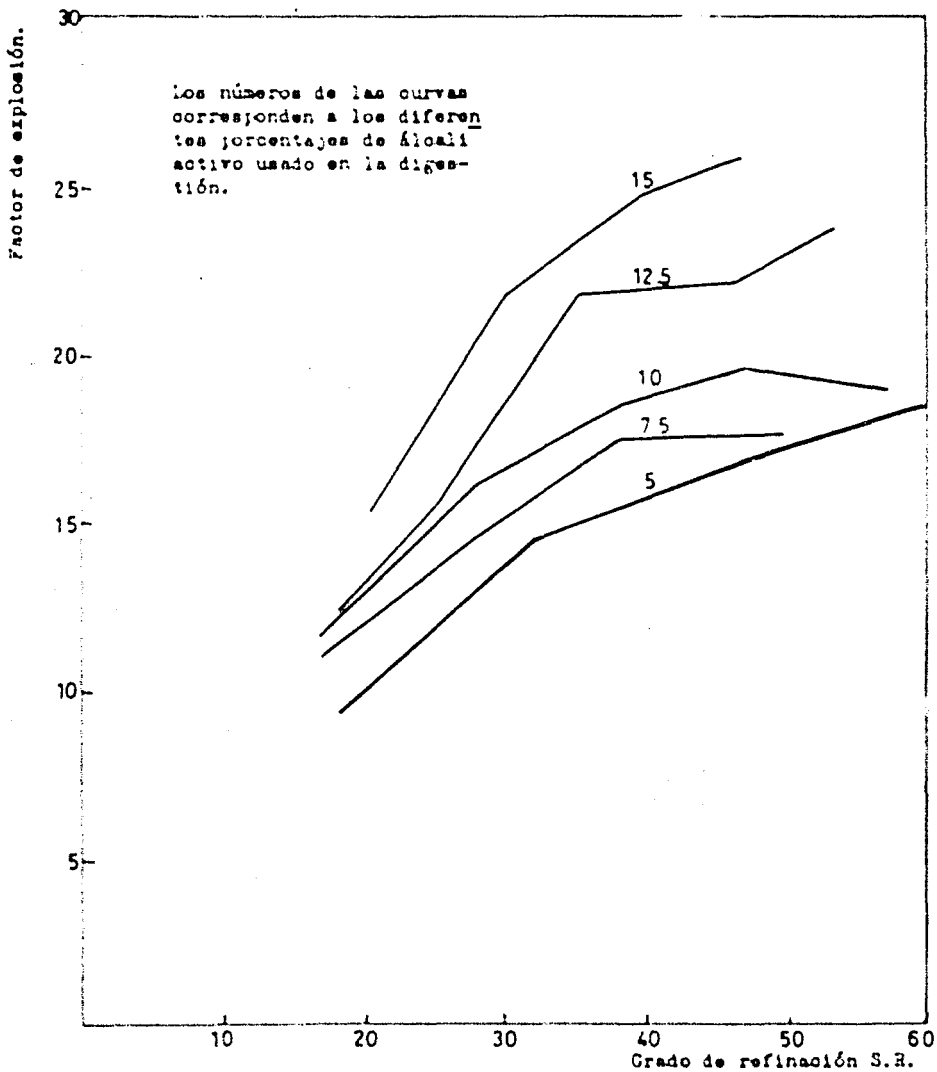
Efecto del grado de refinación en el tiempo de drenado.

FIGURA 3



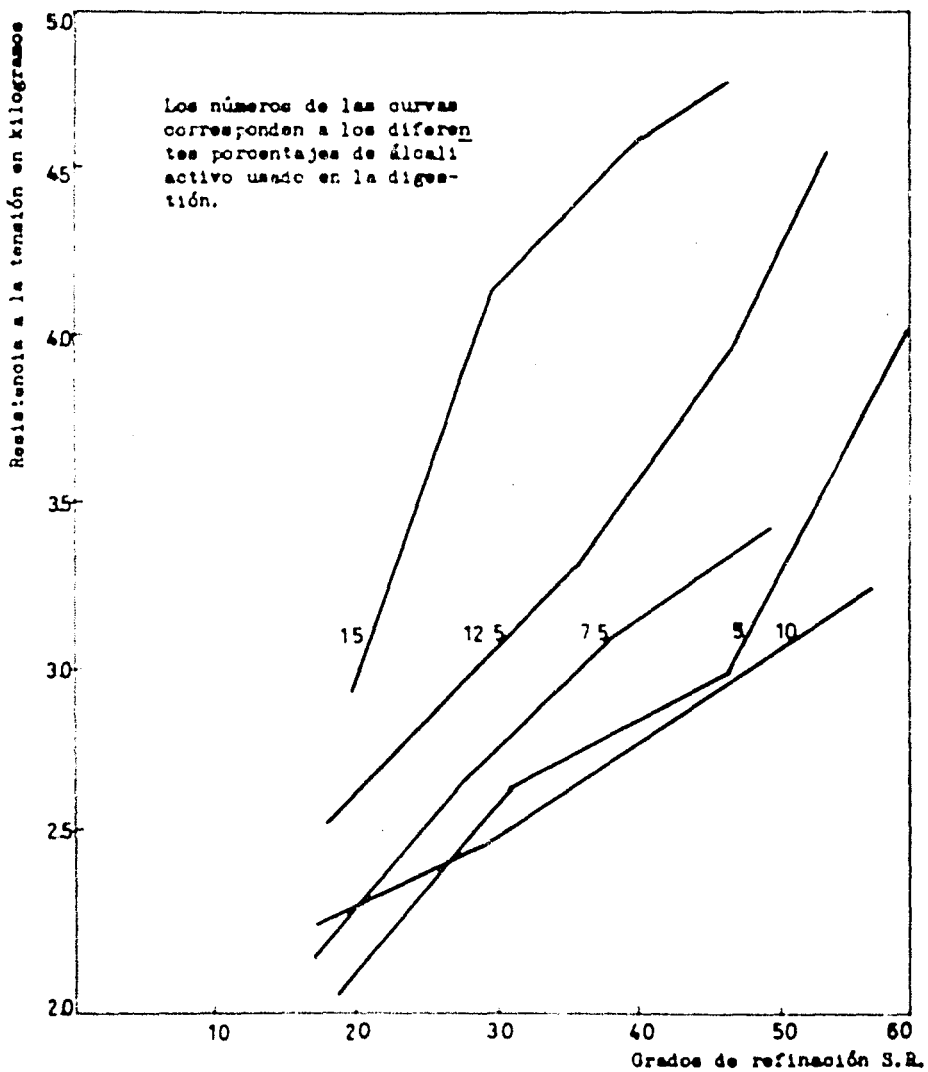
Efecto del grado de refinamiento en el encogimiento.

FIGURA 4



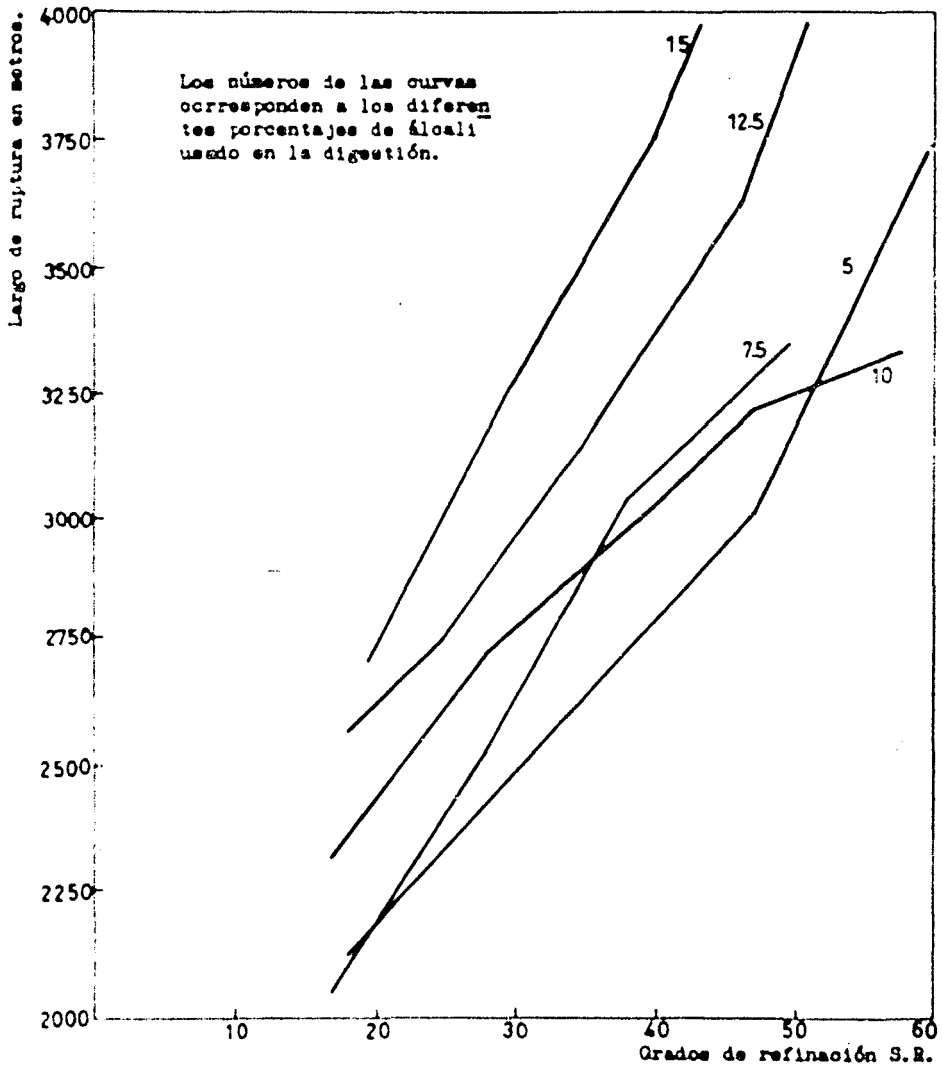
Efecto del grado de refinación en el factor de explosión.

FIGURA 5

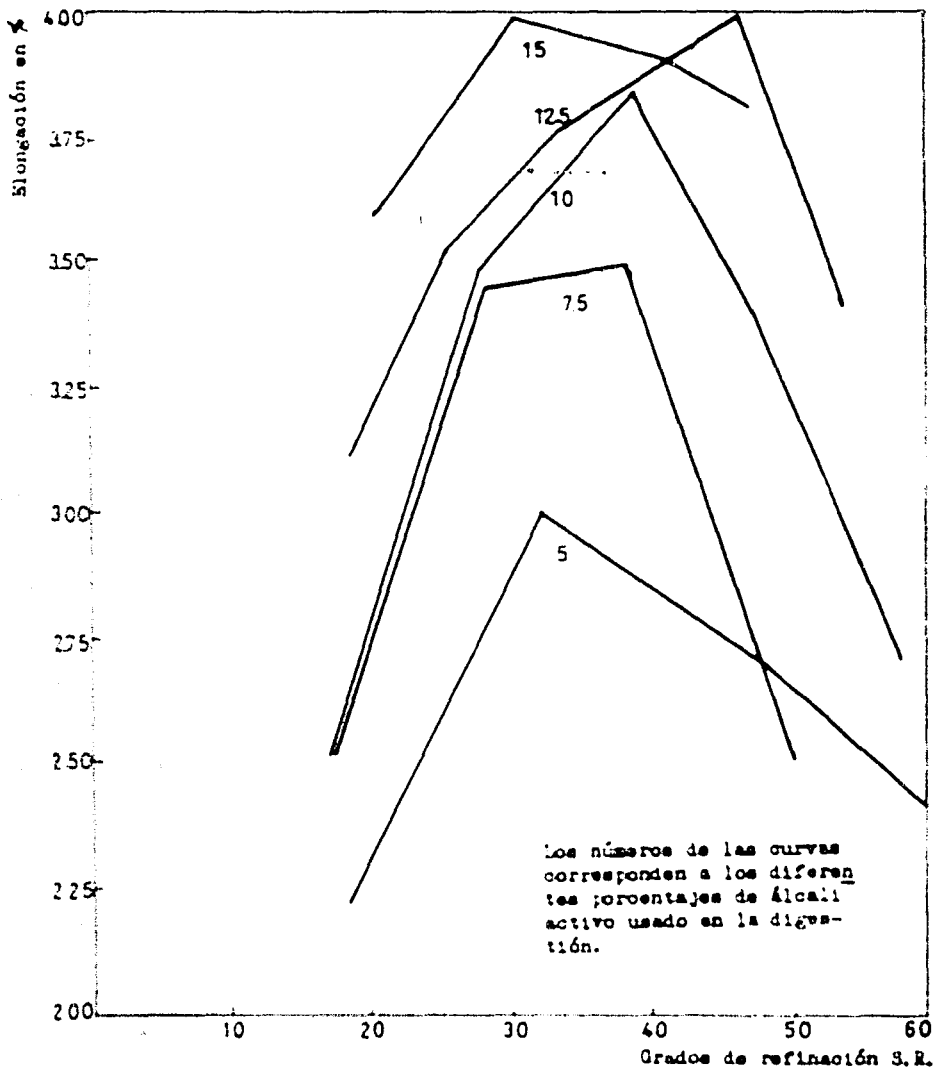


Efecto del grado de refinación en la resistencia a la tensión.

FIGURA 6

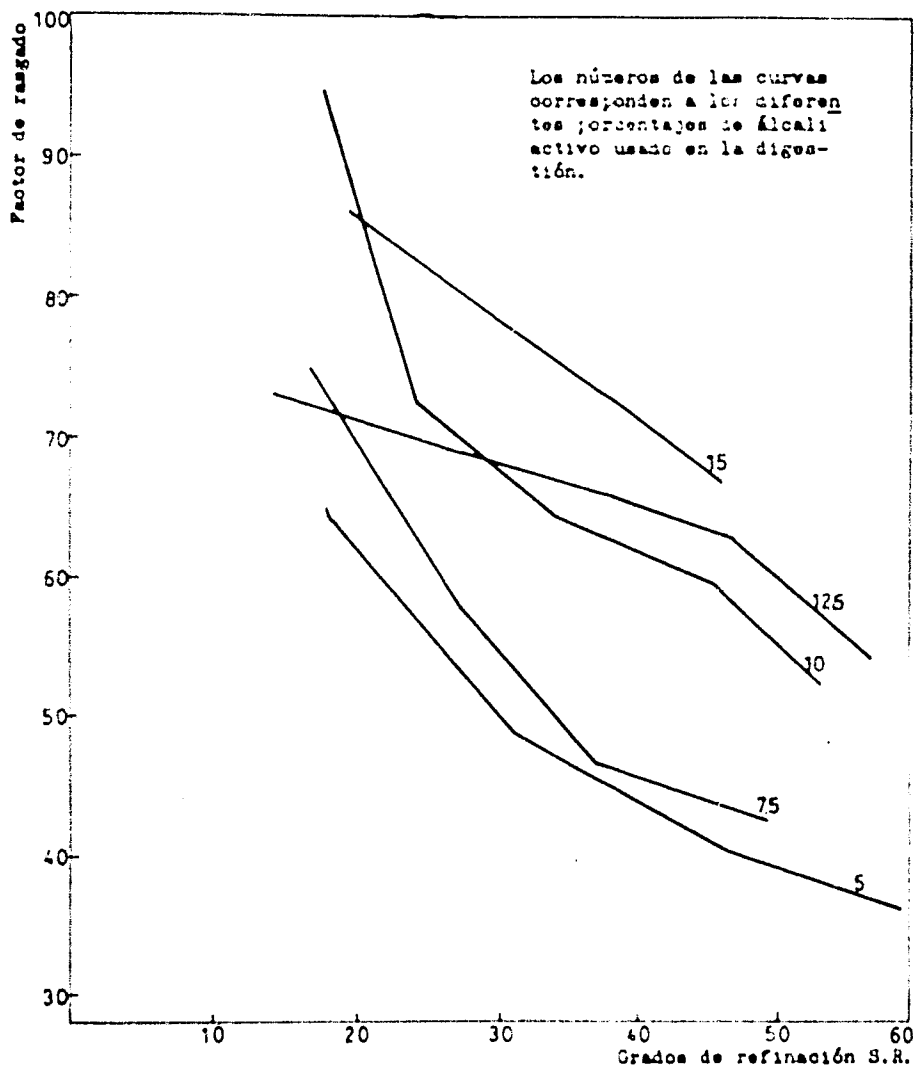


Efecto del grado de refinación en el largo de ruptura.



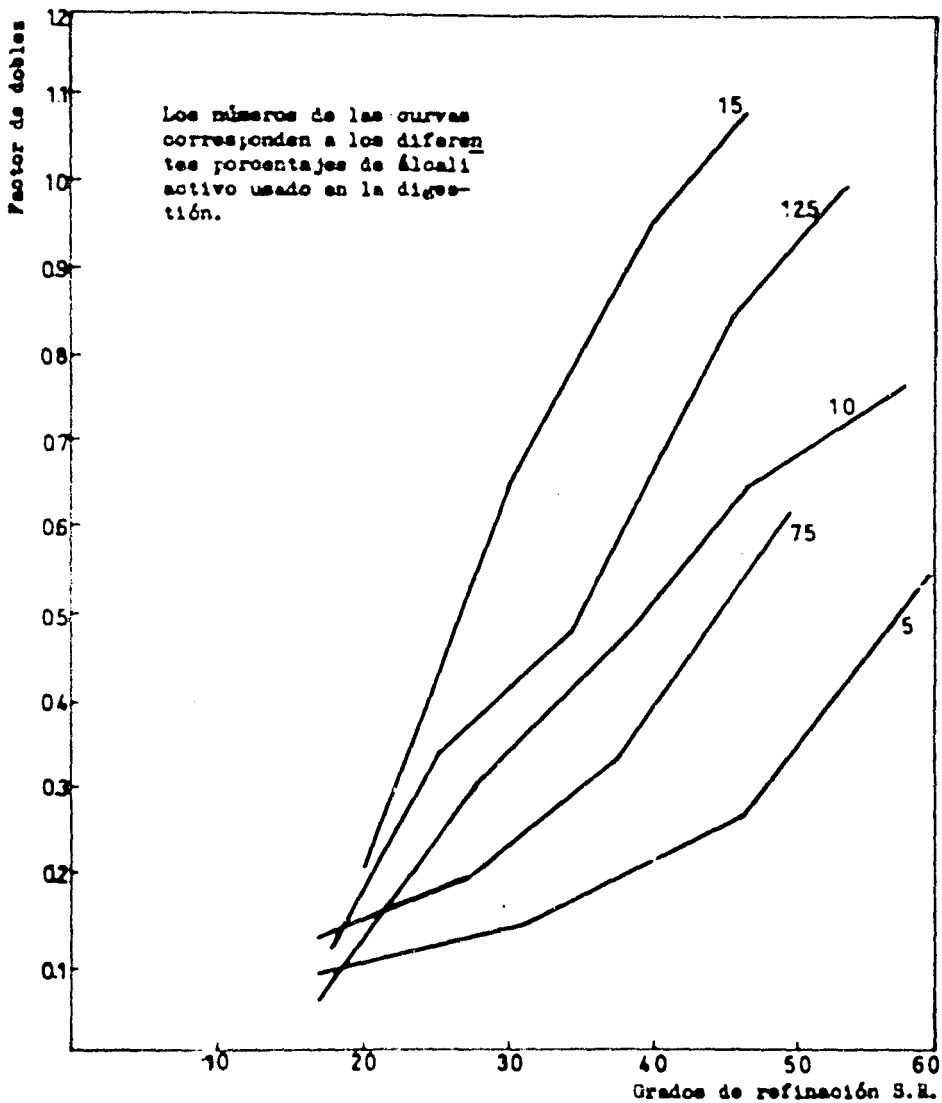
Efecto del grado de refinación en la elongación.

FIGURA 8



Efecto del grado de refinación en el rasgado.

FIGURA 9



Efecto del grado de refinación en el dobles.

FIGURA 10

c.- blanqueo.

Con el objeto de preveer el consumo de cloro se determinó el "Índice de permanganato"

Este índice proporciona una idea de la facilidad que tienen las aguas al blanqueo, y se define como el número de mililitros de permanganato de potasio tétrazonormal absorbidos por un gramo de agua en ca a la oscuridad, bajo condiciones específicas de temperatura, tiempo y acidez. (5)

El método empleado fue el utilizado por los métodos de la Standard T.A.S.P.I. (9), y los resultados se encuentran en la tabla I.

El consumo de cloro se calculó con la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{N}^\circ \text{ de permanganato} \times 2.354}{\text{Factor de } \text{H}_2\text{O}_2}$$

T A B L A I

Muestra N°	N° de permanganato	% de cloro como cloro activo.
1	2.525	1.119
2	2.410	1.101
3	2.350	1.034
4	2.310	1.012
5	2.243	0.965

Teniendo los datos anteriores se hicieron pruebas de blanqueo con cloro.

Proceso 1.- Se pesó una cantidad de muestra determinada de la muestra N° 1 y se colocó en un matraz, llenándose con agua hasta una capacidad de 50 cc.

En otro recipiente se produjo gas cloro a partir de hipoclorito de calcio y en una cantidad igual al 2 % sobre el agua pesada.

Se colocó el hipoclorito exactamente pesado en un matraz con un tapón mordado, un embudo y un tubo de desprendimiento conectado al recipiente de la pasta. Se fue añadiendo ácido sulfúrico poco a poco evitando el mínimo escape de gas. Al sentir la reacción se calentó el matraz para acelerar todo el proceso de la solución. El pH de la muestra se mantuvo a un valor de 2 con ácido sulfúrico, la temperatura en 35°C, y el tiempo de desprendimiento del gas fue de 10 minutos.

En seguida se le añadió ácido de calcio al vapor de la pasta hasta un pH de 10.5 y se dejó reposar 1 hora. Se lavó al final con agua fría.

Aun con todas las precauciones del método, hubo escapes por lo que la blancura resultó baja. Los resultados se encuentran en la tabla XI y en la figura 11.

T A B L A XI

RESULTADOS DEL BLANQUEO POR EL PROCESO 1

Muestra N°	Blancura en % photovolt.
1	70.5
2	76.5
3	60.5
4	61.5
5	62.0

Debido a que el proceso anterior era el deseado, pero ya que no se pudieron evitar escapes de gas, la operación no llevó a cabo por un segundo método, el cual se dá a continuación:

Proceso 1.- Se hicieron a las 5 muestras, variando solamente la concentración de cloro en 1, 2, 3 y 4 % sobre pulpa seca.

Se disolvió el hipoclorito de calcio en agua y se tituló el cloro libre, al mismo tiempo pulpa de pino se preparó para tener la concentración anteriormente citada el pH varió entre 5 y 10.5, y en todos los casos fue necesario el ácido ascórbico hasta 11.5 al empezar la reacción.

Se dejó reposar 1 hora en todas las muestras y la temperatura se mantuvo a 20°C. Al final se midió el ácido sulfúrico bajando el pH hasta 2, dejándose en estas condiciones otros 10 minutos.

Al final del proceso se tituló el cloro residual, encontrándose que en todos los casos para las pulpas blanqueadas con 3 % de cloro, dieron un valor de cloro residual de aproximadamente un 15 % del cloro añadido. (10)

Los resultados de estas pruebas se encuentran en la tabla XII y en las figuras 12 y 13.

T A B L A XII

RENDIMIENTO DEL BLANQUEO PARA EL PROCESO 1
Blanqueo en hipoclorito.

<u>Muestra N°</u>	<u>cloro activo</u>			
	1 %	2 %	3 %	4 %
1	71.0	61.0	66.0	67.0
2	70.75	64.5	66.5	67.2
3	69.0	65.0	67.0	67.5
4	62.0	64.25	67.25	67.75
5	62.5	65.5	67.5	67.75

Rendimiento en el blanqueo.-

Se lavó la pulpa y se secó. Los rendimientos obtenidos se encuentran en la siguiente tabla .

T A B L A X I I I

RENDIMIENTO EN EL BLANQUEO DE LAS PULPAS

Muestra	1 %	cloro activo		4 %
		2 %	3 %	
1	98.1	97.8	97.2	96.4
2	98.0	97.6	97.1	96.3
3	97.9	97.3	97.0	96.3
4	97.9	97.1	96.9	96.1
5	97.8	97.0	96.9	96.0

d.- Pruebas de la pulpa blanqueada.

Teniendo en cuenta los resultados encontrados en el presente capítulo se tomaron las muestras 2, 3 y 4 blanqueadas con 3 % de cloro activo, y se procedió a hacerles pruebas de resistencias.

El método seguido fue el mismo que se indica para pulpas sin — blanquear.

Los resultados se encuentran en las tablas XIV, XV y XVI.

Se hicieron gráficas de comparación entre la pulpa blanqueada y sin blanquear; resultados que se encuentran en las figuras 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 y 21.

La prueba de puntos sucios no fue necesario hacerla ya que solo se encontró algo en la muestra N° 1.

T A B L A XIV

Muestra N°2 blanqueada con 3% de cloro

	<u>Grados de refinación S.R.</u>				
	<u>18.5</u>	<u>28.5</u>	<u>42.5</u>	<u>52.5</u>	
Tiempo de drenado	3.8	5.4	9.1	16.0	seg.
Encoigimiento	2.5	4.0	7.0	8.0	%
Peso base al aire	75.70	67.58	65.70	64.30	g/m ²
Peso base seco a la entufa	69.42	61.70	59.86	58.40	g/m ²
Espesor	0.160	0.114	0.086	0.088	g/m ²
Vol. específico aparente	2.3	1.85	1.44	1.51	cm ³ /g
Densidad aparente	0.435	0.540	0.695	0.662	g/cm ³
Resistencia a la explosión (Mullen)	10	16	17.2	17.8	lb/in ²
Factor de explosión	10.1	18.2	20.2	19.5	
Resistencia a la tensión (Schopper)	1.575	2.560	2,975	3,000	Kg.
Largo de ruptura (Schopper)	1 285	2 750	3 325	3 425	metros
Elongación (Schopper)	3.2	3.6	2.6	2.5	%
Resistencia al rasgado (Klaendorf)	64	45.5	40	35.2	g.
Factor de rasgado	92	80.3	67	60.8	
Resistencia al dobles (Schopper)	4.5	19	39	33.5	dobles dobles
Factor de dobles	0.065	0.306	0.655	0.59	

T A B L A XV

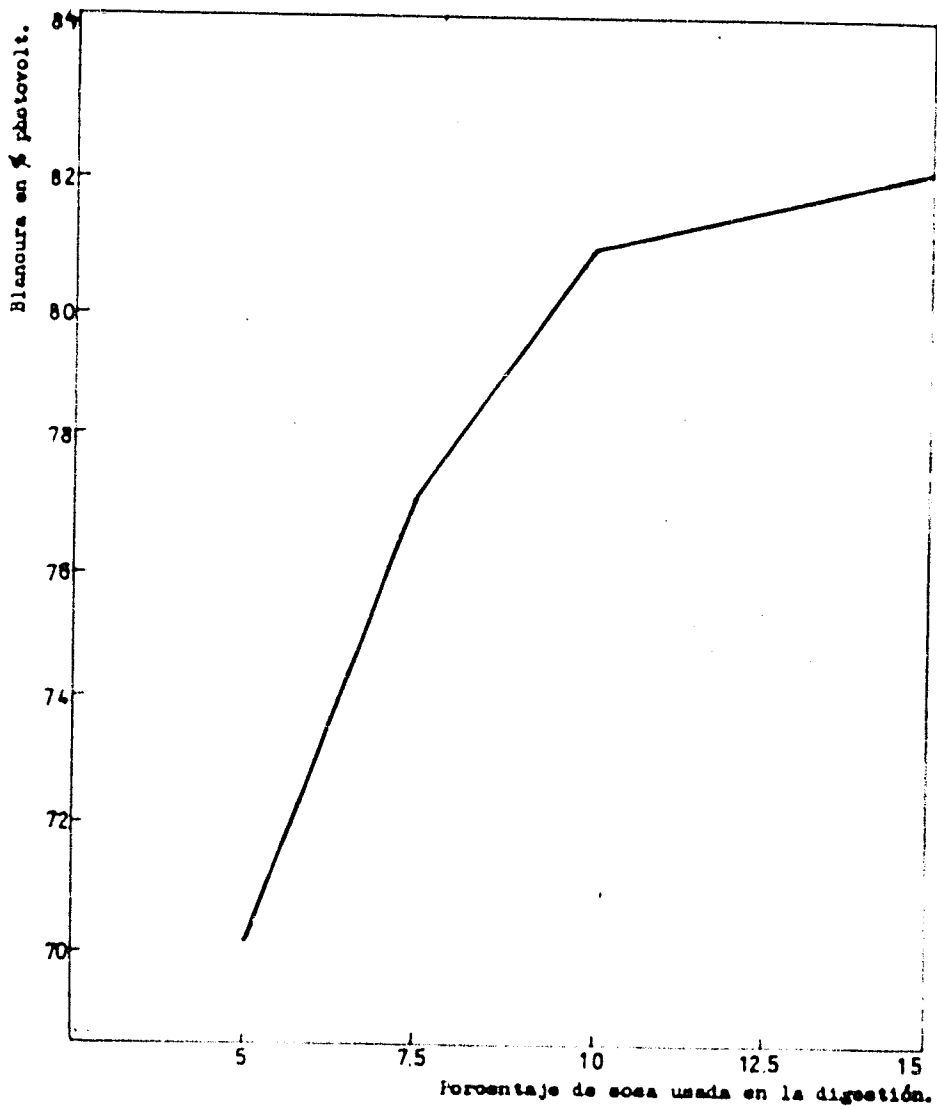
Muestra N° 3 blanqueada con 3% de cloro

	Grados de refinación S.R.					
	17	24	33	41	53	
Tiempo de drenado	3.8	4.2	5.9	7.5	14	seg.
Encogimiento	3.0	4.0	4.5	5.5	7.5	%
Peso base al aire	61.17	61.44	64.94	67.34	63.05	g/m ²
Peso base seco a la entufa	56.40	56.40	59.52	61.42	57.95	g/m ²
Espesor	0.149	0.131	0.106	0.103	0.086	mm.
Vol. específico aparente	2.64	2.29	1.80	1.68	1.48	cm ³ /g
Densidad aparente	0.378	0.430	0.555	0.595	0.675	g/cm ³
Resistencia a la explosión (Mullen)	7.25	13.1	14.2	16.2	18.2	lb/in ²
Factor de explosión	8.96	16.4	16.7	18.6	22.2	
Resistencia a la tensión (Schopper)	0.900	1.975	2.475	2.950	3.000	Kg.
Largo de ruptura (Schopper)	1.060	2.340	2.770	3.200	3.450	metros
Elongación (Schopper)	2.2	2.7	3.2	3.4	2.45	%
Resistencia al rasgado (Klensdorf)	51.8	48	47.4	46.4	35.8	g.
Factor de rasgado	92	85	79.5	74	61.5	
Resistencia al doblar (Schopper)	2.5	13	18	25	33.5	dobles dobleses
Factor de doblar	0.044	0.234	0.302	0.406	0.58	

T A B L A XVI

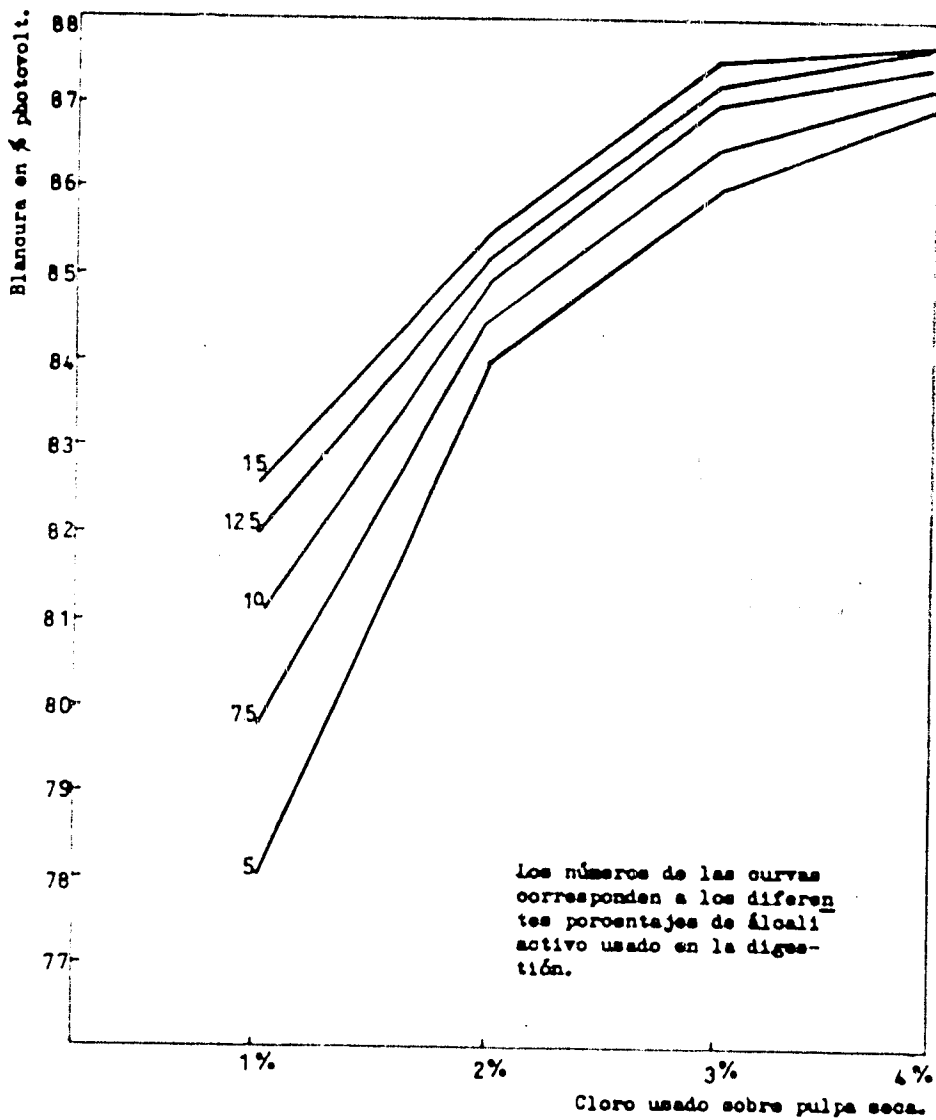
Muestra N° 4 blanqueada con 3% de cloro

	Grados de refinación S.R.				
	18	31.5	39	57	
Tiempo de drenado	3.9	5.0	6.2	10.5	seg.
Encogimiento	2.5	4.5	5.0	6.5	%
Peso base al aire	63.2'	62.73	60.00	60.86	g/m ²
Peso base seco a la estufa	58.50	57.60	55.30	56.00	g/m ²
Espesor	0.137	0.107	0.098	0.086	mm.
Vol. específico aparente	2.350	1.860	1.760	1.540	cm ³ /g
Densidad aparente	0.425	0.538	0.569	0.650	g/cm ³
Resistencia a la explosión (Mullen)	7.2	13.1	14	14.6	lb/in ²
Factor de explosión	6.65	16.0	18	18.5	
Resistencia a la tensión (Schopper)	1.300	1.420	2.450	2.740	kg.
Largo de ruptura (Schopper)	1.450	1.630	2.950	3.010	m.
Elongación (Schopper)	2.1	2.45	2.6	2.7	%
Resistencia al rasgado (Elmendorf)	51.1	37.80	30.4	25.6	Gramos
Factor de rasgado	88	65.80	55	45.6	
Resistencia al doblar (Schopper)	3.5	11.60	14.6	19.7	dobles dobles
Factor de doblar	0.060	2.202	0.265	0.350	



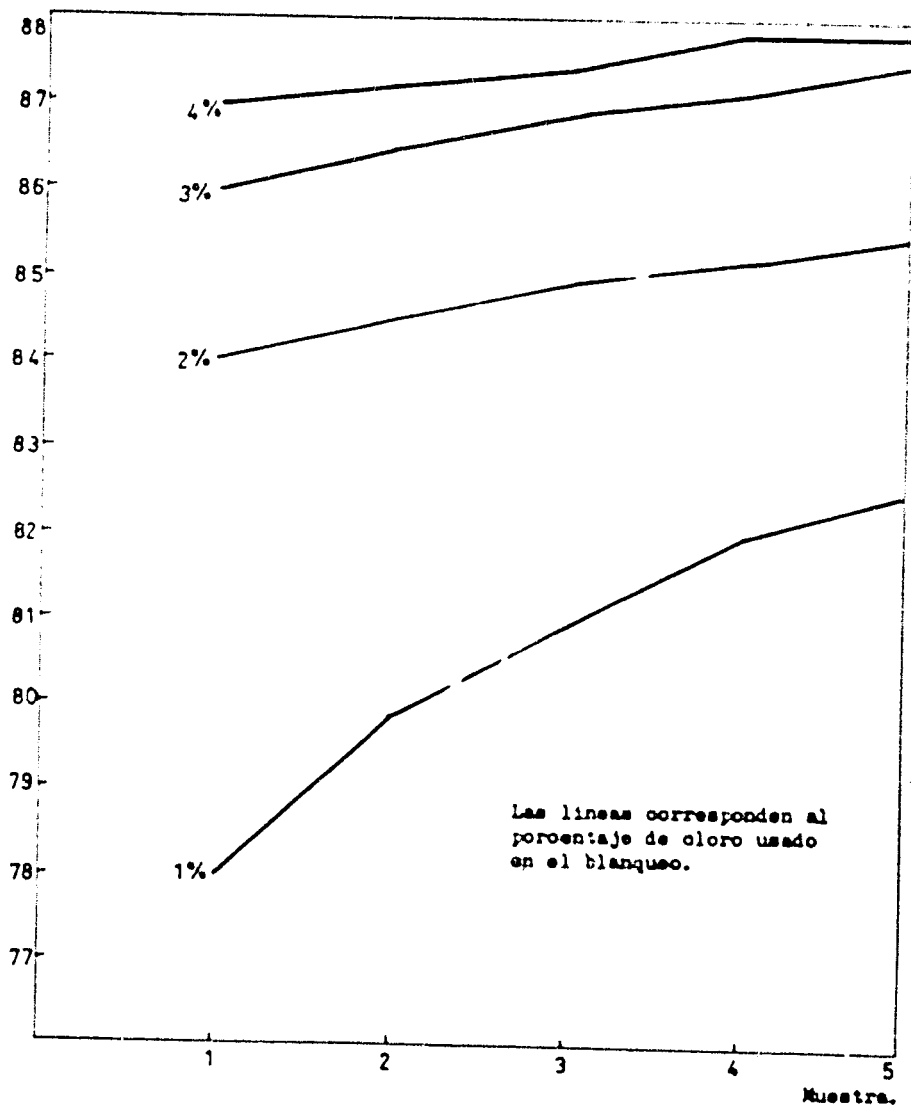
Efecto del blanqueo con cloro al 2 % en la blancura de las pulpas siguiendo el proceso 1.

FIGURA 11



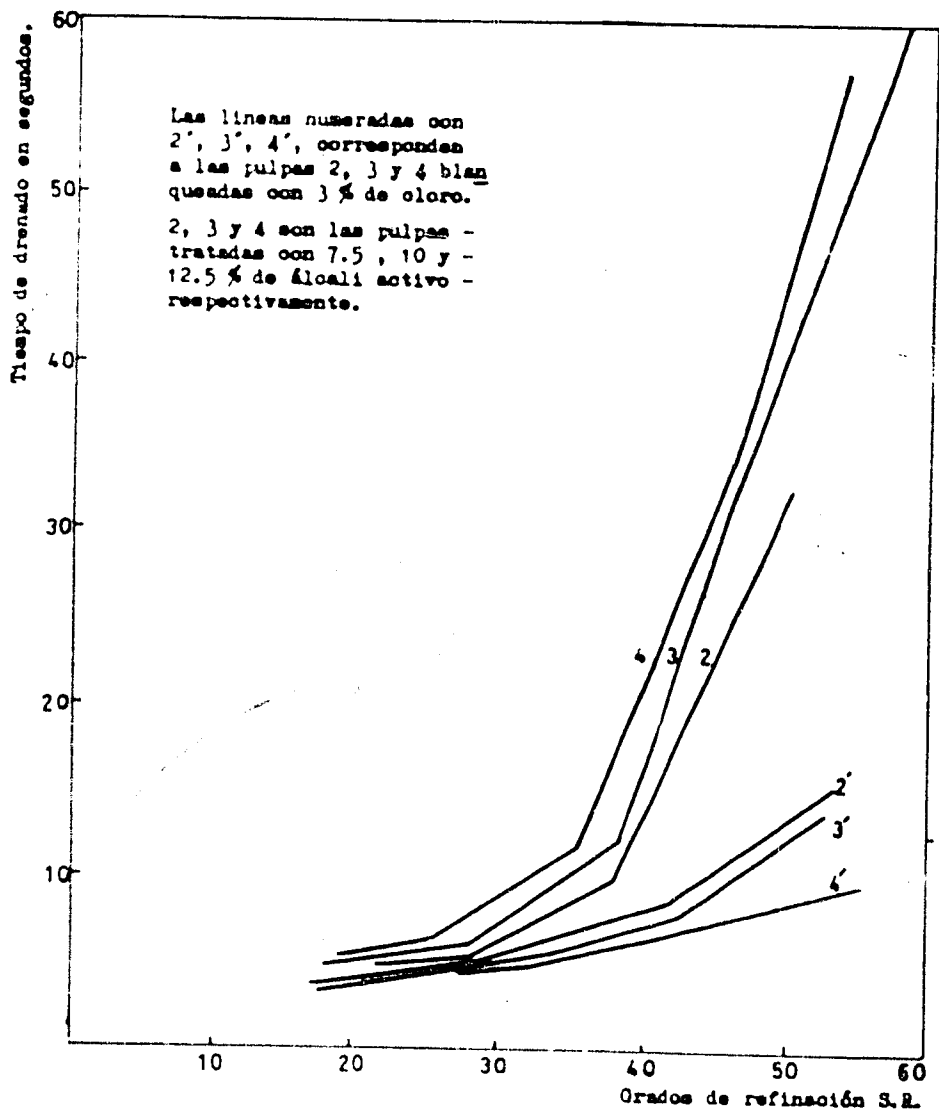
Efecto del porcentaje de cloro de blanqueo en la blancura de la pulpa, siguiendo el proceso 2.

FIGURA 12



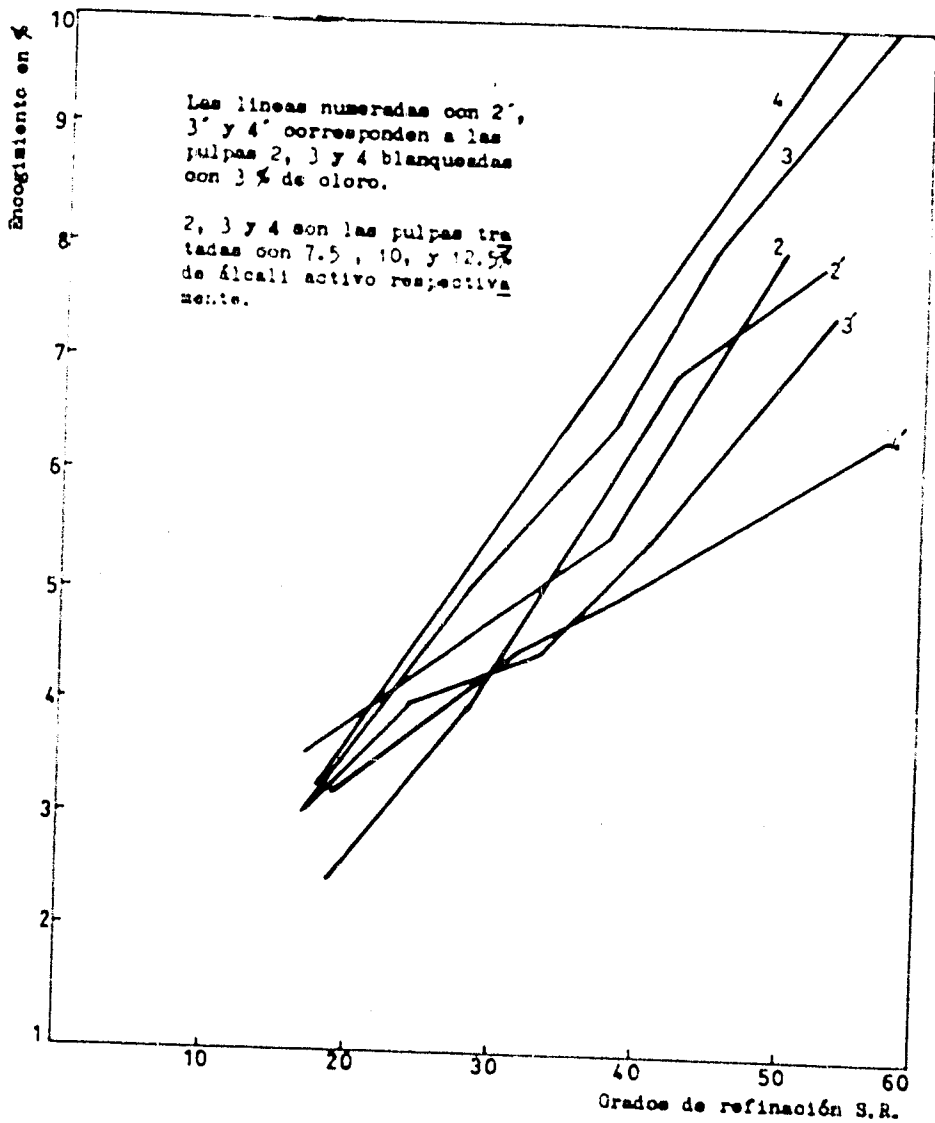
Efecto del porcentaje de cloro de blanqueo en la blancura de la pulpa, siguiendo el proceso 2.

FIGURA 13



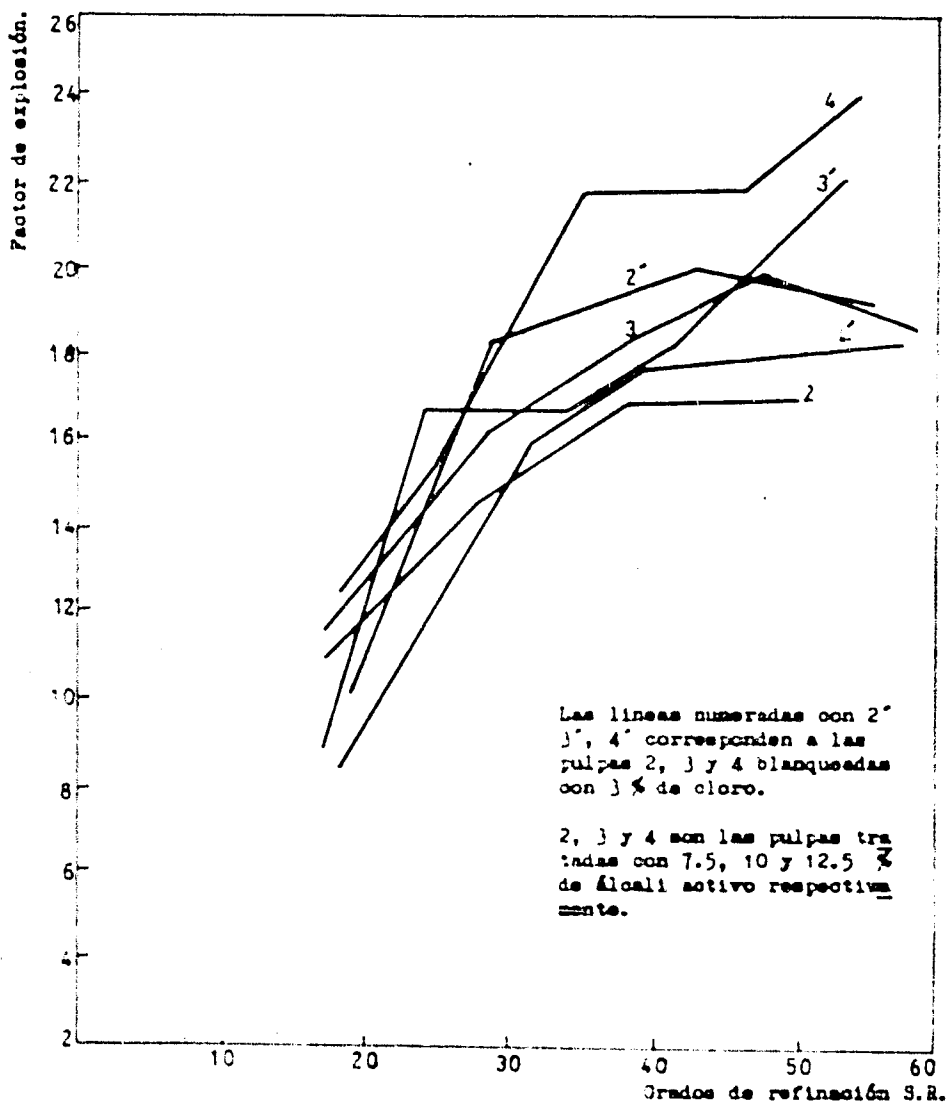
Efecto del grado de refinación en el tiempo de drenado para pulpas de borra de algodón blanqueadas y sin blanquear.

FIGURA 14



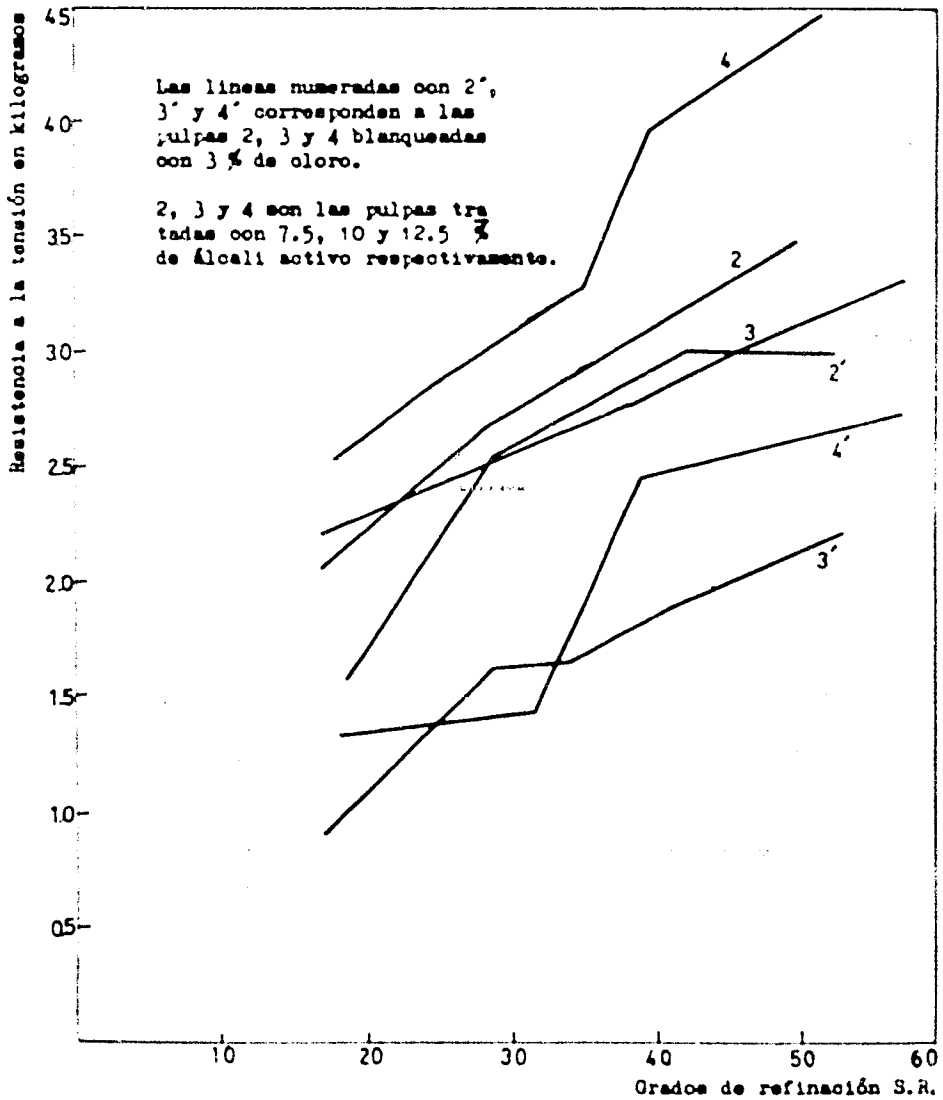
Efecto del grado de refinación en el encogimiento para pulpas de borra de algodón blanqueadas y sin blanquear.

FIGURA 15



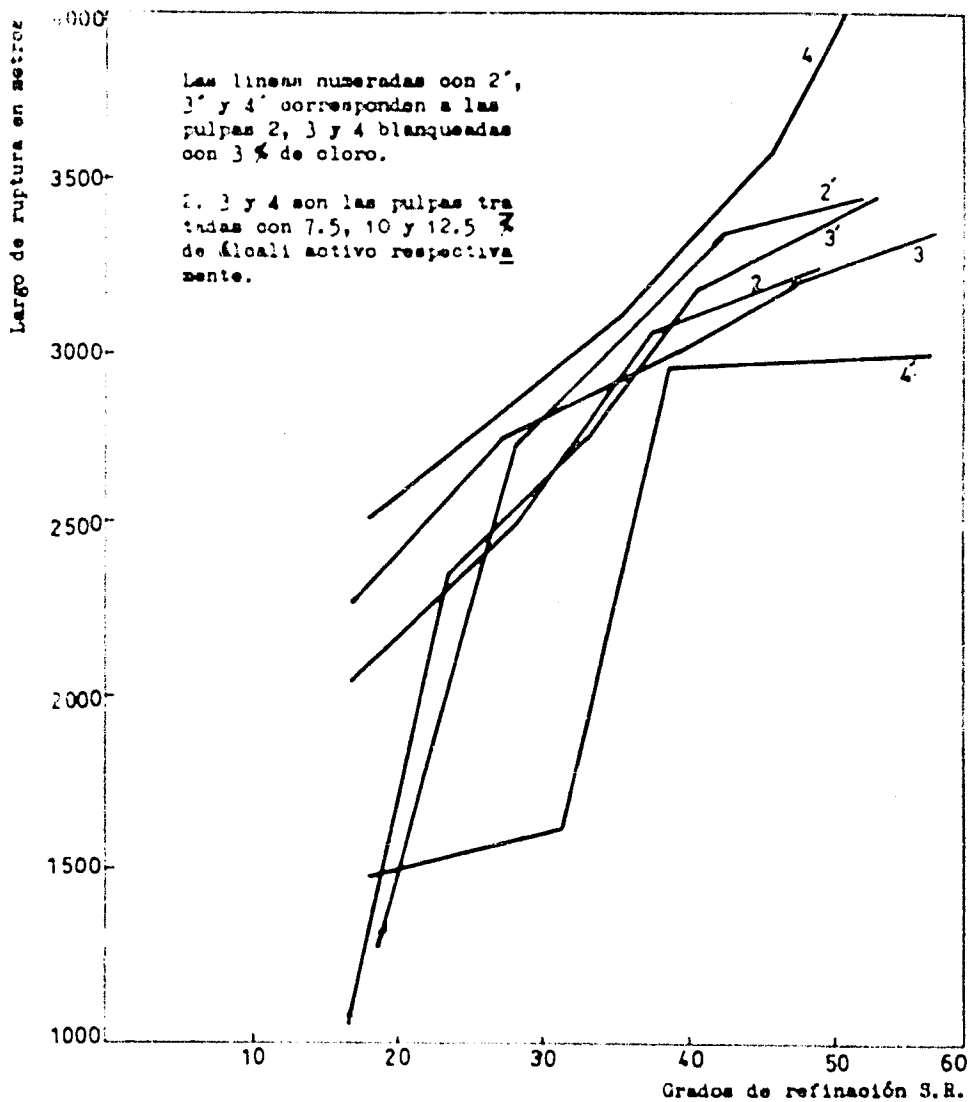
Efecto del grado de refinación en el factor de explosión para pulpas de borra de algodón blanqueadas y sin blanquear.

FIGURA 16



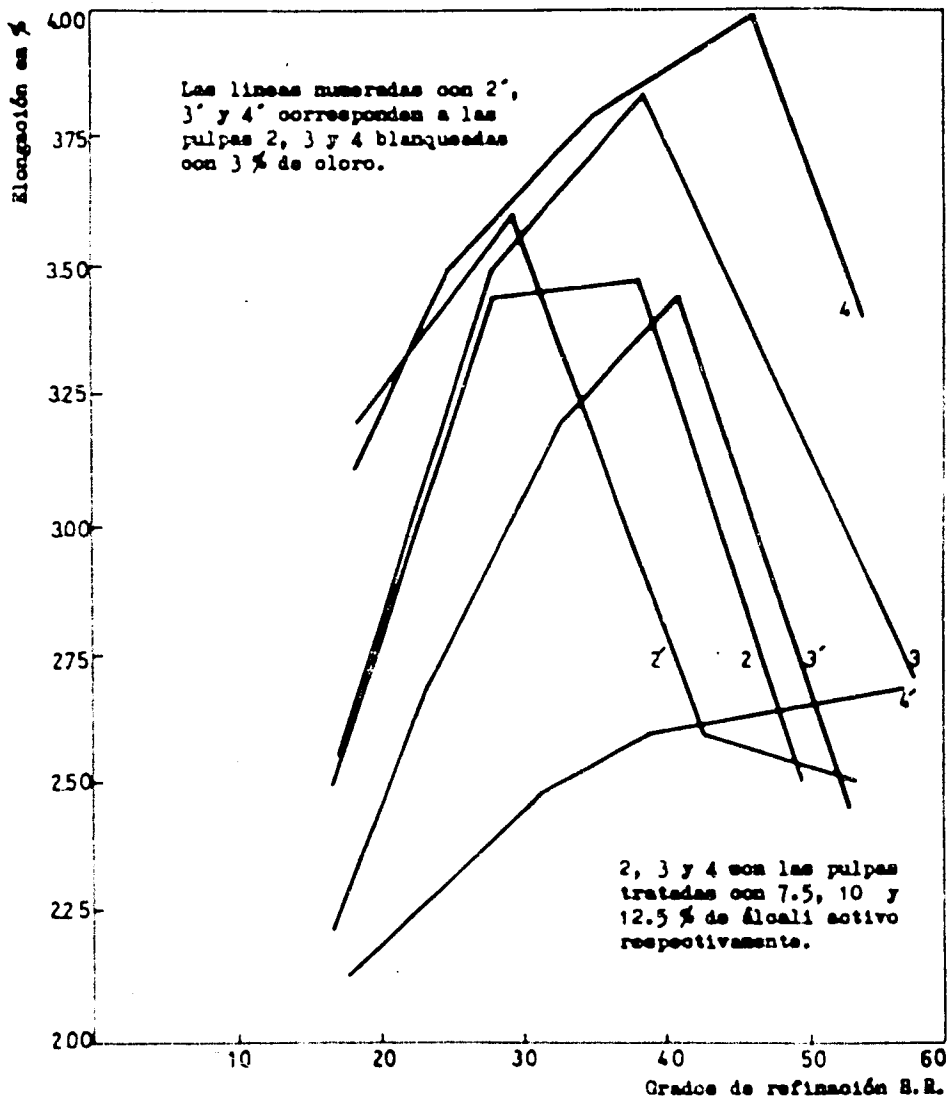
Efecto del grado de refinamiento en la resistencia a la tensión para pulpas de borra de algodón blanqueadas y sin blanquear.

FIGURA 17



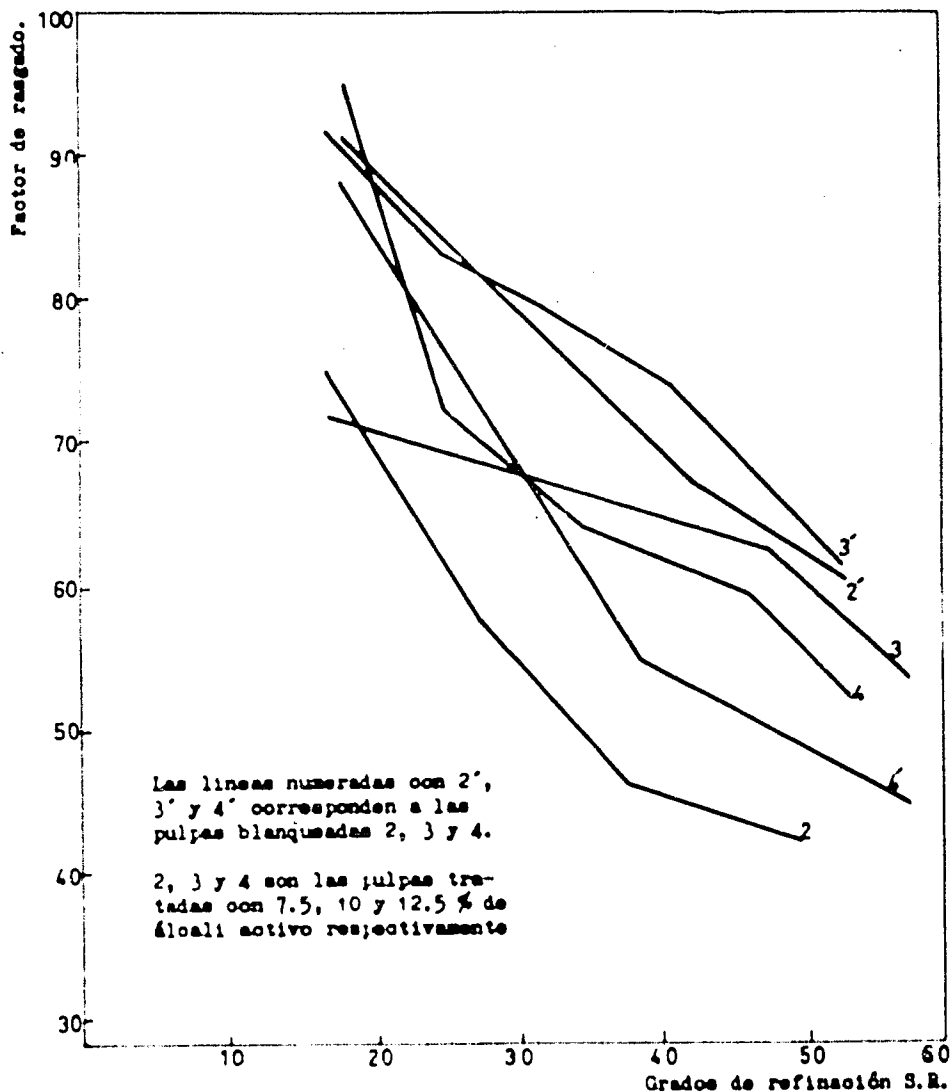
Efecto del grado de refinación en el largo de ruptura para pulpas de borra de algodón blanqueadas y sin blanquear.

FIGURA 18



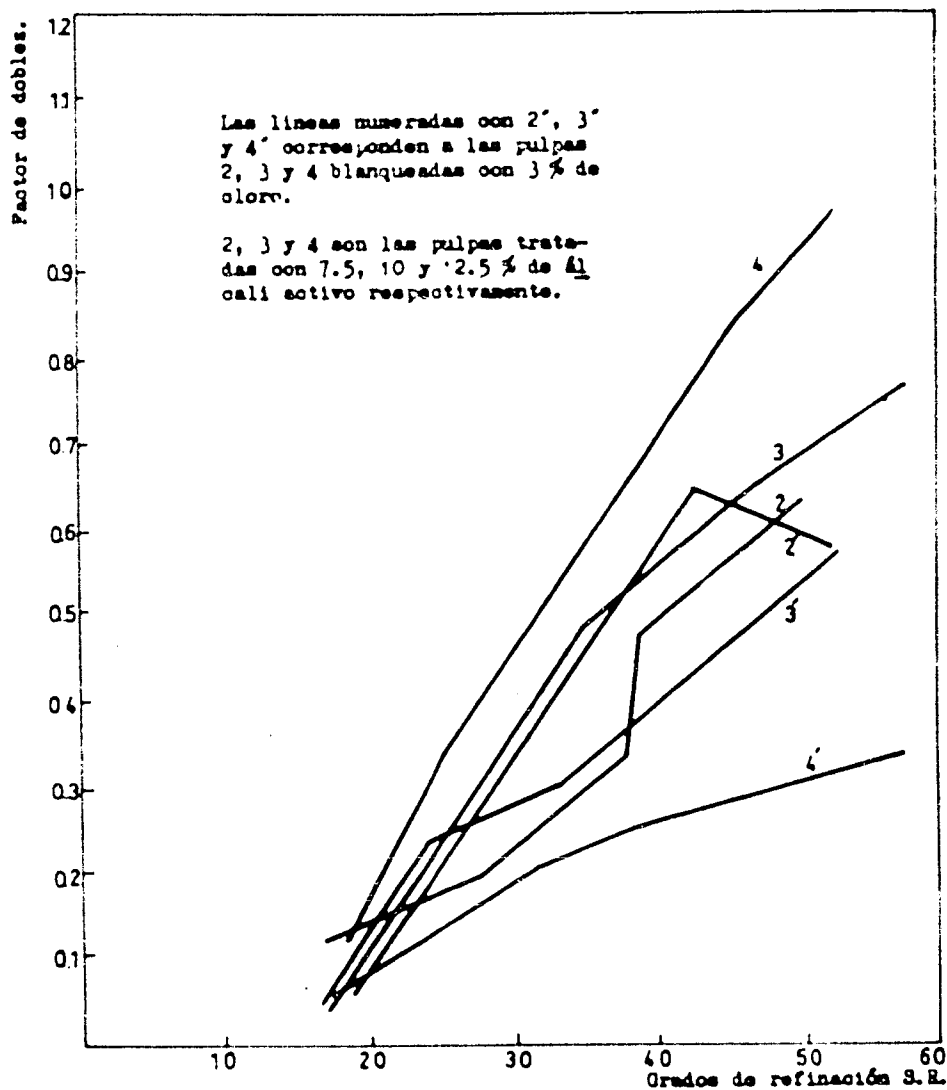
Efecto del grado de refinación en la elongación para pulpas de borra de algodón blanqueadas y sin blanquear.

FIGURA 19



Efecto del grado de refinación en el rasgado para pulpas de borra de algodón blanqueadas y sin blanquear.

FIGURA 20



Efecto del grado de refinamiento en el dobles para pulpas de borra de algodón blanqueadas y sin blanquear.

FIGURA 21

CAPITULO IV

OBTENCION DE LA CELULOSA
EN ESCALA PILOTO INDUSTRIAL

figura
planta piloto para la

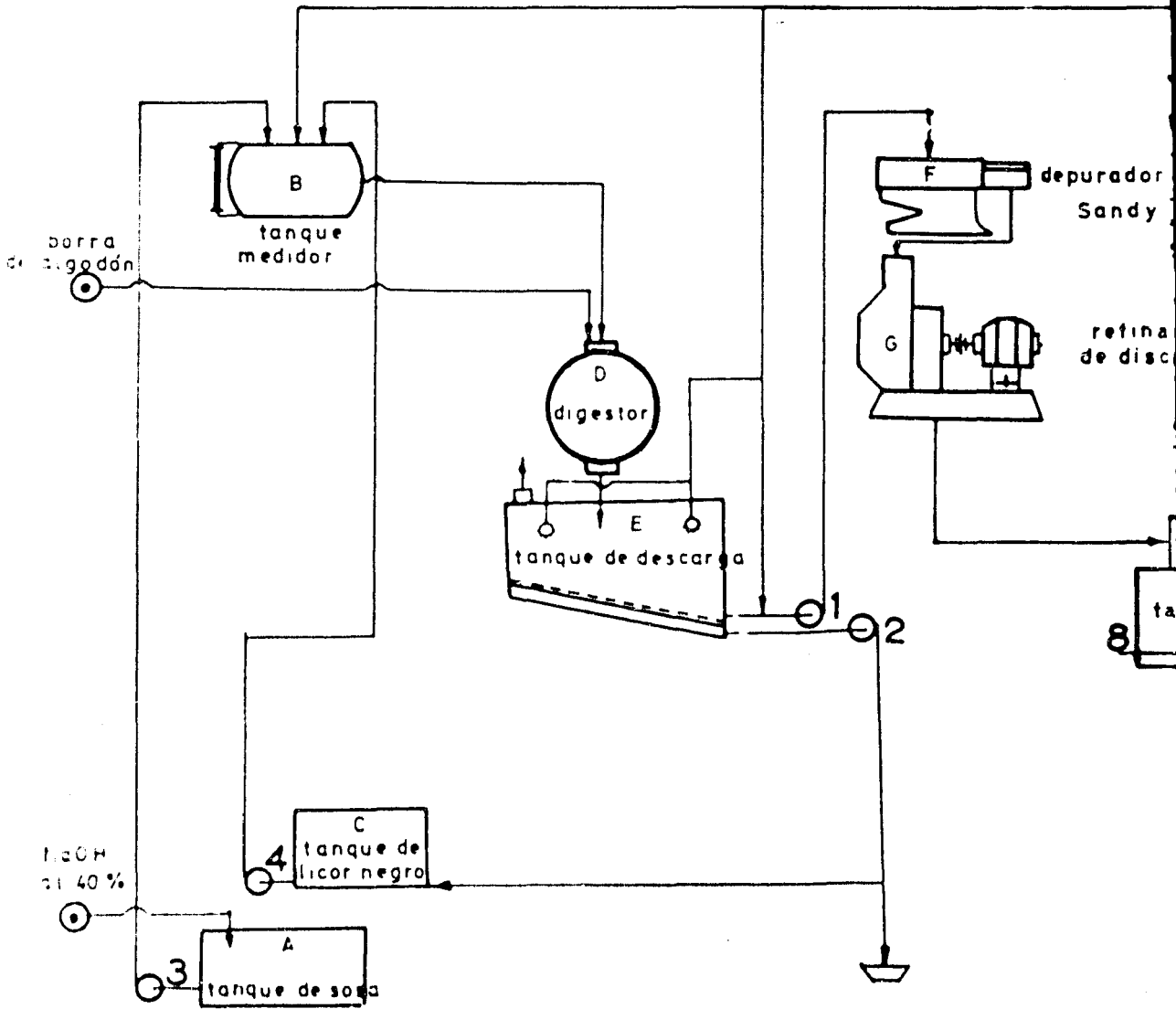
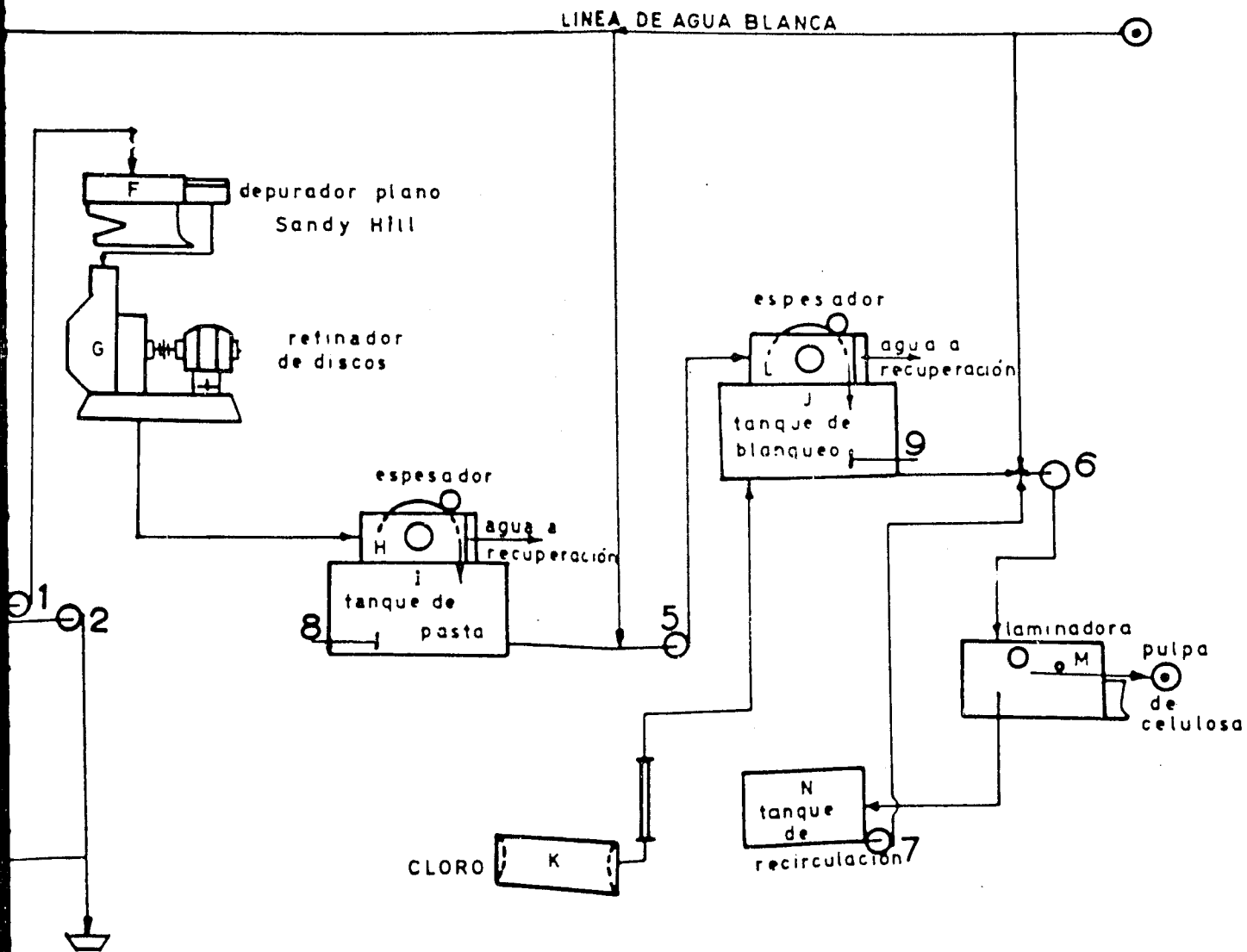


figura 22

piloto para la obtención de celulosa



A.-Planta de celulosa.

El estudio de obtención de pulpa de celulosa de la borra de algodón, efectuado en escala piloto se llevó a cabo en una planta especialmente adaptada para estos fines. El equipo de proceso y sus características físicas se muestran en el diagrama de flujo, figura N° 22 y especificaciones siguientes:

- A.-Tanque de agua de 10 metros cúbicos.
- B.-Tanque reductor de lícor de 2.5 metros cúbicos de capacidad.
- C.-Tanque de lícor normal de 5 metros cúbicos.
- D.-Inyectador manual de 100 litros de capacidad, y con alimentación directa de vapor.
- E.-Tanque de lavado con falso fondo y regaderas de lavado.
- F.-Desagrador plano marca Land Mill de 92 x 300 centímetros.
- G.-Receptor de lámina marca Laminar de 100 H. I.
- H.-Depositor de pasta marca tipo Bird, de 60 centímetros de diámetro por dos metros de altura.
- I.-Tanque para pasta cruda con capacidad para 1500 kilos trabajando a una consistencia de 6 %, y con agitación continua.
- J.-Tanque para el blanqueo con las mismas es. edificaciones que el anterior.
- K.-Inyectador de Cloro.
- L.-Depositor tipo Bird, de acero inoxidable y de las mismas dimensiones que el H.
- M.-Laminadora de pasta en hilado de 1.0 metros útiles; trabaja a una consistencia de 0.7 %, y la celulosa que se obtiene lleva un promedio de humedad de 70 %. Se lava en forma de rollos.
- N.-Tanque de recirculación del agua de la laminadora.

- 1.-Bomba VILM de 8" x 6" y 10 H.P. Trabaja a 1450 r.p.m.
- 2.-Bomba VILM de 4" x 4" y 5 H. P. Trabaja a 1450 r.p.m.
- 3.-Bomba VILM de 4" x 4" y 1 H. P. Trabaja a 1800 r.p.m.
- 4.-Bomba VILM de 4" x 4" y 3 H.P. Trabaja a 1450 r.p.m.
- 5.-Bomba VILM de 4" x 4" y 10 H.P. Trabaja a 960 r.p.m.
- 6.-Bomba VILM de 4" x 6" y 20 H.P. esta bomba es totalmente de bronce y materiales inoxidables. Trabaja a 960 r.p.m.
- 7.-Bomba FLOREANO M. S. de 4" x 3" y 15 H.P. Trabaja a 1450 r.p.m.
- 8.-agitador VILM de hélice y 15 H.P. Trabaja a 160 r.p.m.
- 9.-agitador VILM de hélice y 10 H.P. Trabaja a 130 r.p.m.

5.-Digestión.

Para llevar a cabo las digestiones en el equipo de la planta - descrita se seleccionaron las condiciones obtenidas en el laboratorio siguientes:

Temperatura de 140°C

Presión dentro del reactor igual a 4 Kg/cm² manométricas.

Si ; porcentaje de álcali activos: 7.5 % sobre tierra seca

El tiempo total por digestión fue de 5 horas repartidas de la siguiente manera:

tiempo para cargar	30 minutos
tiempo para subir la presión a 4 Kg/cm ²	45 minutos
tiempo para purgar el aire	15 minutos
tiempo de digestión a 4 Kg/cm ²	3 horas
tiempo para purgar el vapor	15 minutos
tiempo para descargar	- 15 minutos

La capacidad en promedio del servidor fue de 700 kilos húmedos.

A la borra tratada se le hicieron las pruebas de cenizas, blancura y puntos sucios; datos que se encuentran en la tabla XVII comparados con los resultados obtenidos en laboratorio para las mismas condiciones.

T A B L A XVII

COMPARACION DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

	Planta piloto	Laboratorio
Cenizas	0.52% %	0.506 %
Blancura	41 % photovolt	38 % photovolt
Puntos sucios	35 000 mm ² , m ²	41 000 mm ² , m ²

c.-Blanqueo.

La pulpa tratada anteriormente se pasó por el refinador de discos(2) a una 22°S.R. y a continuación se blanqueó tomando en cuenta condiciones encontradas en laboratorio.

Se usó cloro gaseoso para el blanqueo, inyectándolo por la parte inferior de la máquina.

Las condiciones de operación fueron las siguientes:

Temperatura: 10°C

Porcentaje de cloro activo: 1 % sobre pasta seca

Antes de comenzar el blanqueo se bajó el pH de la pasta a 2 y ántese para este objeto ácido sulfúrico en una cantidad igual al 1 % sobre pasta seca.

Al finalizar la adición del cloro se elevó el pH a 10 con 1 % de NaOH sobre pasta seca.

El tiempo de blanqueo fue de 2 horas.

d.-Pruebas sobre la pulpa obtenida.

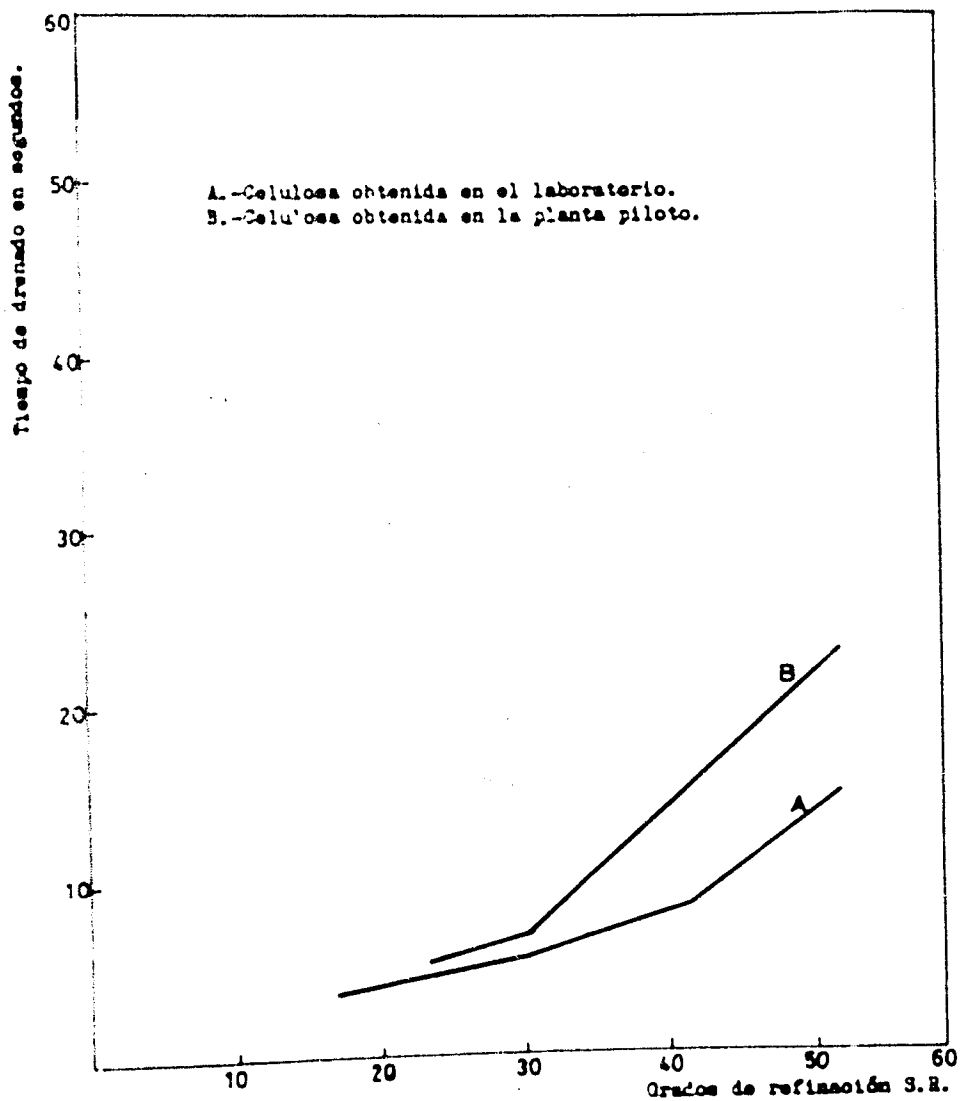
Se le hicieron las mismas pruebas que a la pulpa obtenida en el laboratorio.

Los resultados obtenidos se encuentran en la tabla XVIII y graficados junto con las resistencias obtenidas en laboratorio en las figuras 24, 24, 25, 25, 27, 28, 29 y 30. Del laboratorio se grafica igualmente la relación obtenida en las mismas condiciones de la planta.

T A B L A XVIII

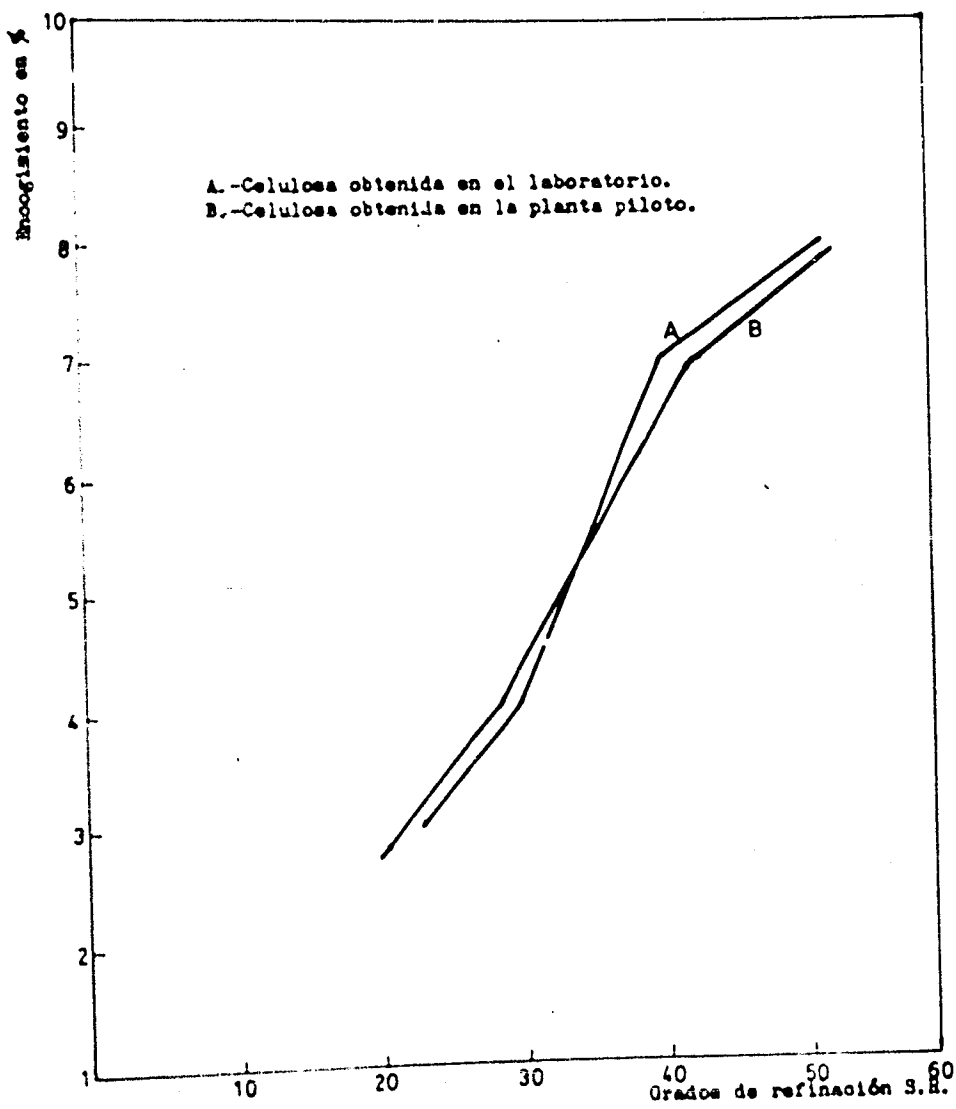
Borra tratada en la planta piloto de celulosa

	Division de refinación S.R.				
	22.5	30	40	52	
Tiempo de drenado	5.1	6.4	14	23	seg.
Encogimiento	3.0	4.0	7.0	8.0	%
Peso base al aire	67.10	70.60	66.60	67.50	g/m ²
Peso base seco a la estufa	63.20	66.12	62.12	63.65	g/m ²
Espesor	0.142	0.091	0.088	0.067	mm.
Vol. específico aparente.	2.259	1.480	1.420	1.360	cm ³ /g
Densidad aparente	0.445	0.678	0.705	0.738	g/cm ³
Resistencia a la explosión (Mullen)	16.10	21.20	22.20	18.20	lb/in ²
Factor de explosión	17.90	22.50	25.00	20.20	
Resistencia a la tensión (Schopper)	1.825	2.323	2.720	2.800	Kg.
Largo de ruptura (Schopper)	1.920	2.340	2.924	2.935	m.
Alargación (Schopper)	2.8	3.1	2.2	2.2	%
Resistencia al rasgado (Wimendorff)	68	63.20	44	32	g.
Factor de rasgado	108	96	71.50	50.20	
Resistencia al doblez (Schopper)	12	30	48	28	dobles dobleses.
Factor de doblez	0.190	0.450	0.775	0.440	



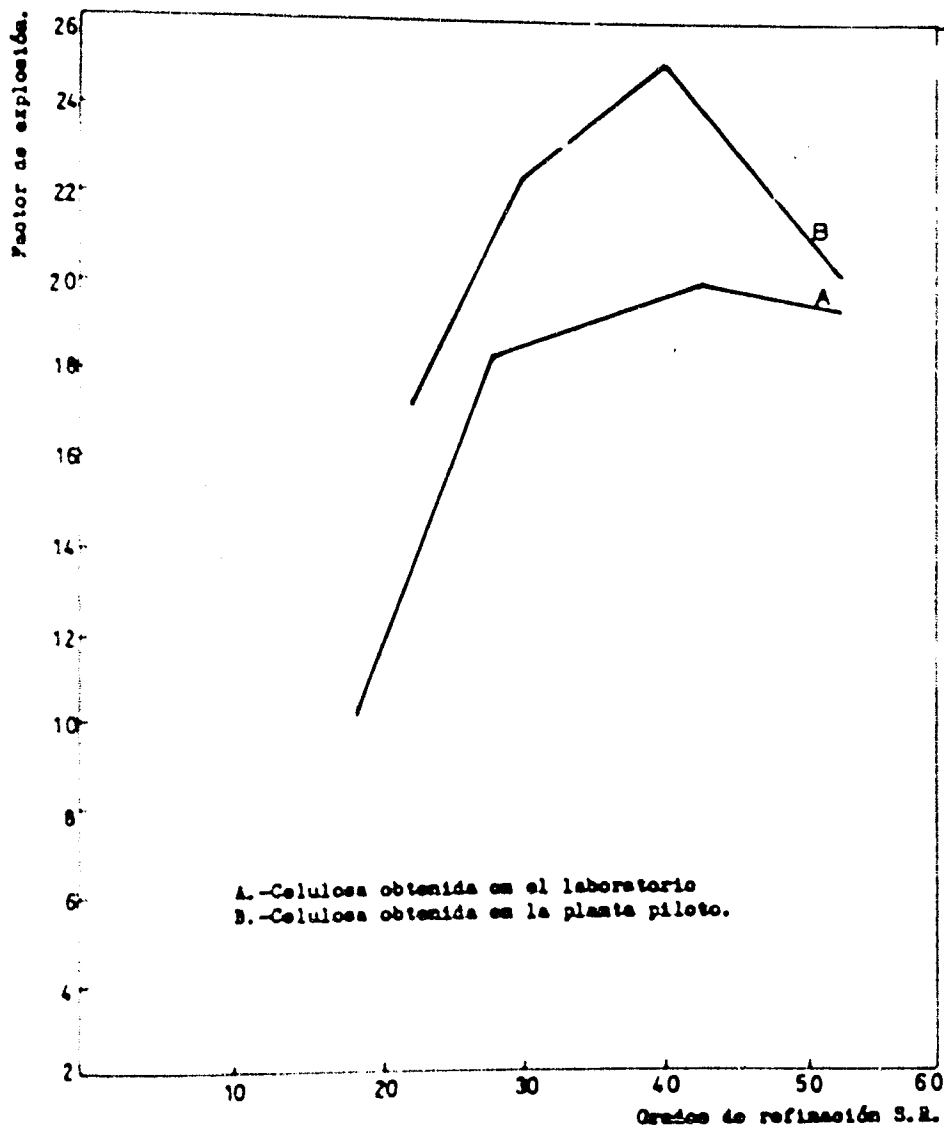
Comparación de los valores de tiempo de drenado en pulpas obtenidas en el laboratorio y en la planta piloto.

FIGURA 23



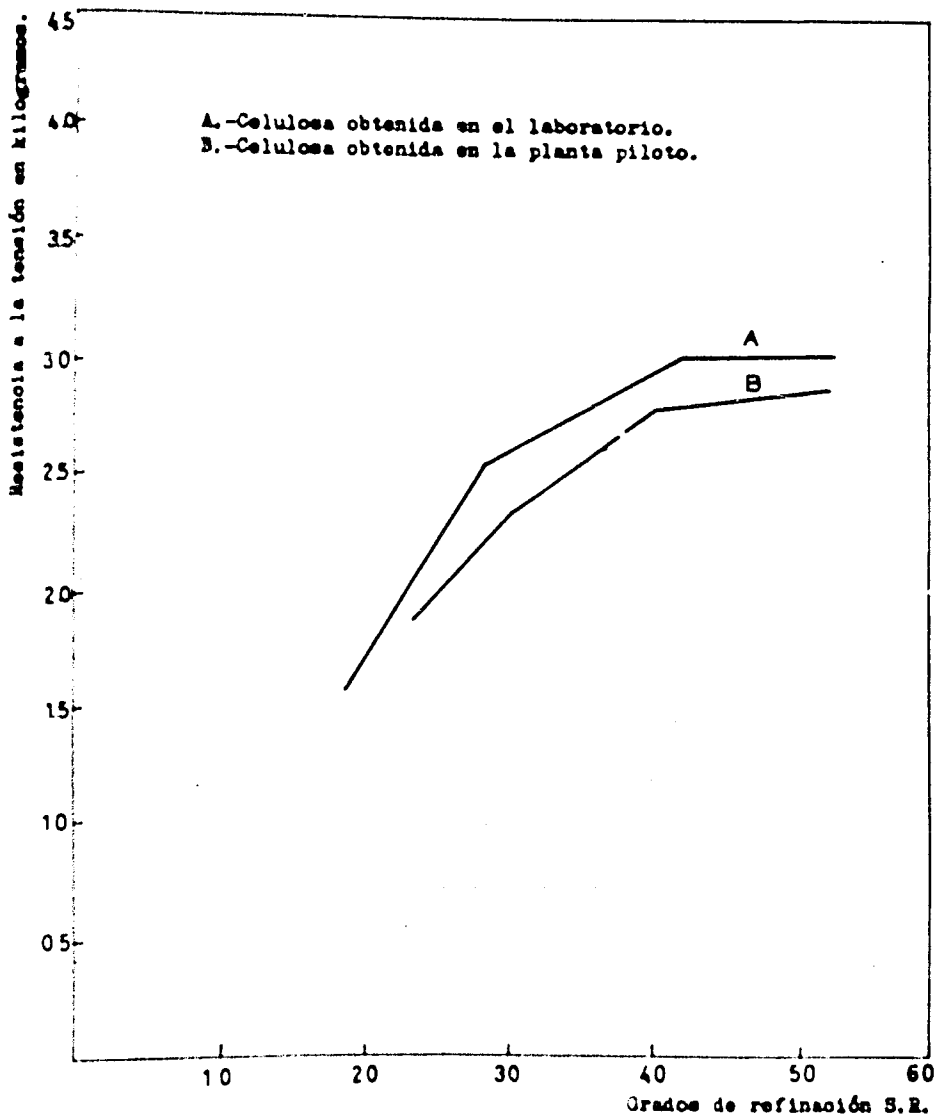
Comparación de los valores de encogimiento en pulpas obtenidas en el laboratorio y en la planta piloto.

FIGURA 24



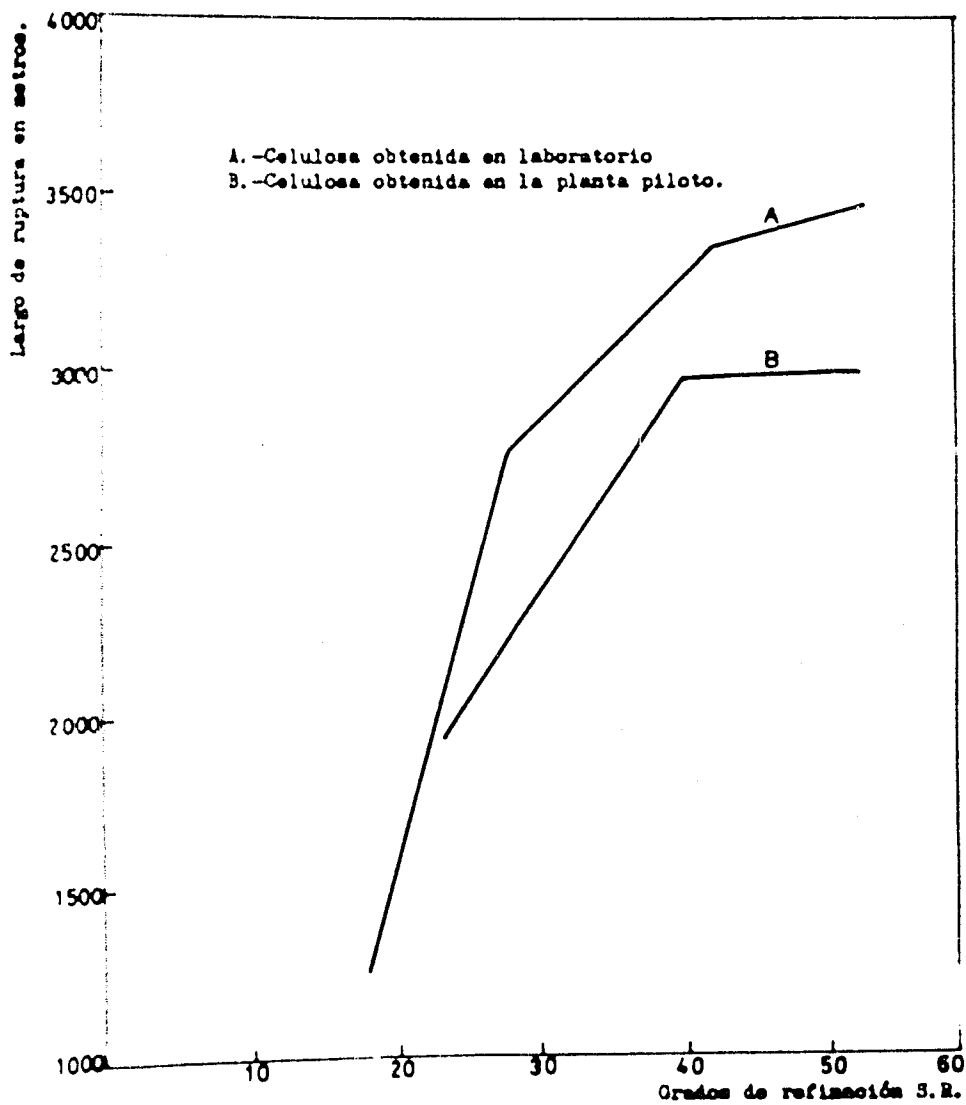
Comparación de los valores de explosión en pulpas obtenidas en el laboratorio y en la planta piloto.

FIGURA 25



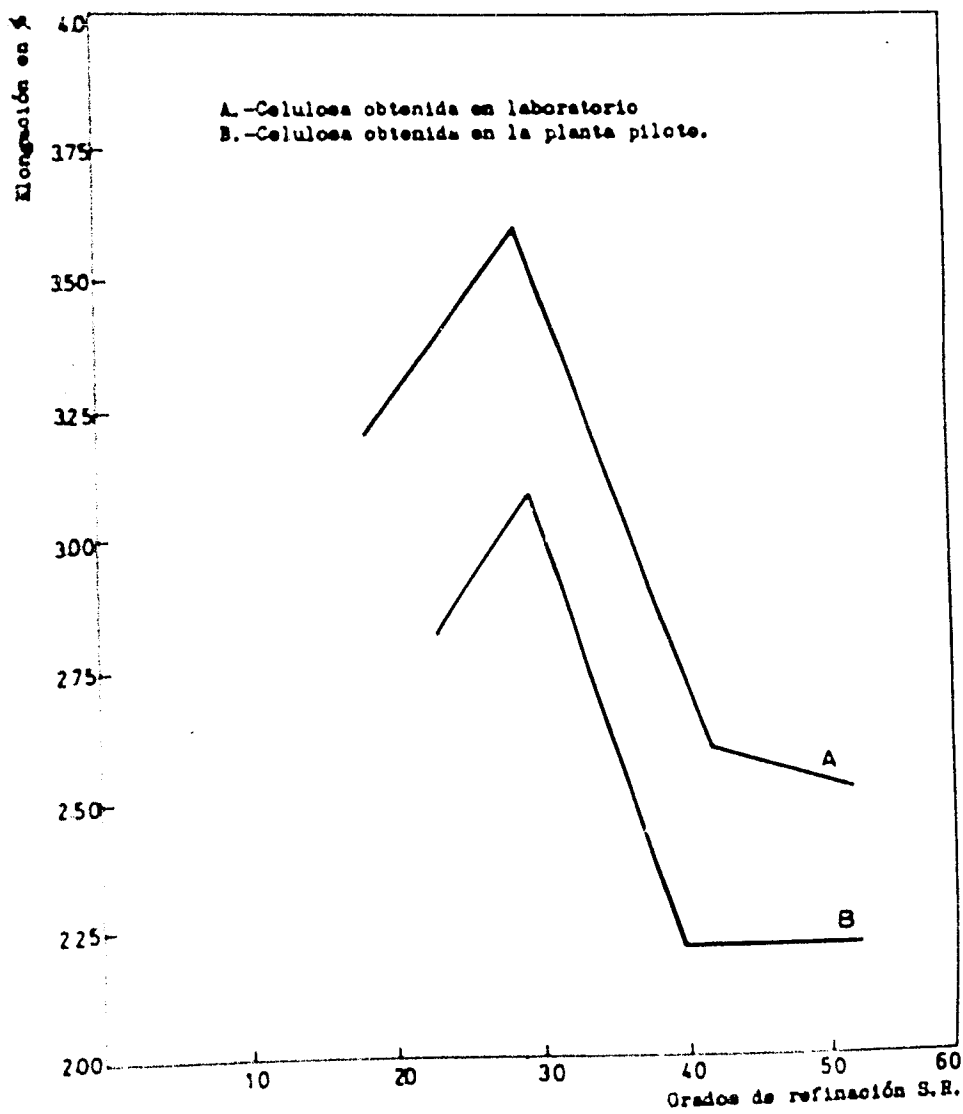
Comparación de los valores de resistencia a la tensión en pulpas obtenidas en el laboratorio y en la planta piloto.

FIGURA 26



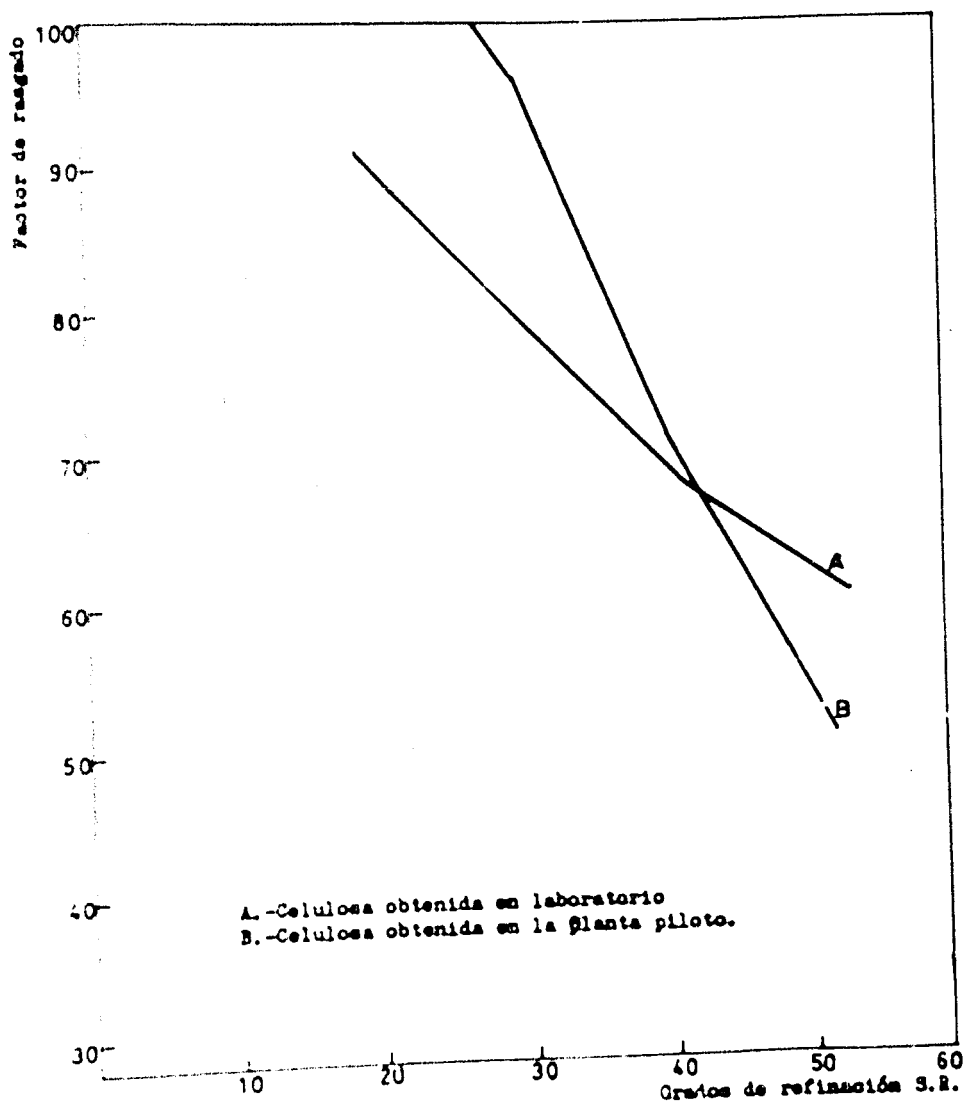
Comparación de los valores de largo de ruptura en pulpas obtenidas en el laboratorio y en la planta piloto.

FIGURA 27



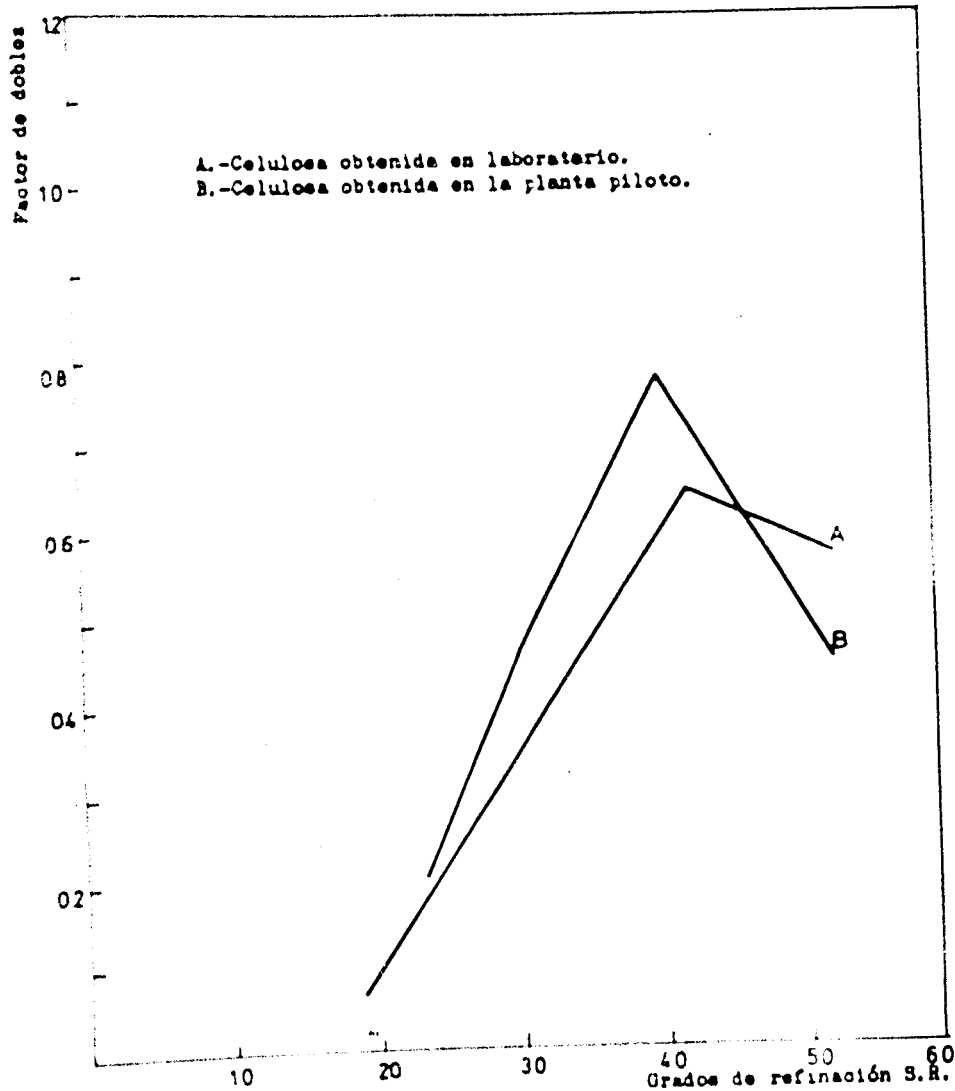
Comparación de los valores de elongación en pulpas obtenidas en el laboratorio y en la planta piloto.

FIGURA 28



Comparación de los valores de rasgado de pulpas obtenidas en el laboratorio y en la planta piloto.

FIGURA 29



Comparación de los valores de dobles de pulpas obtenidas en el laboratorio y en la planta piloto.

FIGURA 30

CAPITULO V

ESTUDIO ECONOMICO

A continuación se presenta el costo de producción que se obtiene en la fabricación de celulosa a partir de torra de algodón en la planta anteriormente descrita.

Ya que no se puede obtener, como resultado de un estudio económico un costo invariable, puesto que en este proceso un elemento como es la torra, tiene variaciones desde 0.80 hasta 1.30 \$/Kg. según la época del año y el medio por el cual se hace efectiva su compra, se tomará en cuenta, por lo tanto, el precio de dicho elemento como costo variable.

Sin embargo, como la mayor parte de los costos requeridos en el proceso son fijos, se dividirá el capítulo en dos partes: costos fijos y costos variables relacionados con los fijos.

Todos los costos están tomados con un margen de seguridad, de tal modo que se dará el costo máximo, pudiéndose, por otra parte, conseguirse a precio aun bajo.

El cálculo se hará tomando el costo por día.

COSTOS FIJOS DIRECTOS

Depreciación del equipo.-

Costo de tuberías existentes y equipo	\$ 310 000.00
Costo de instalación y mano de obra	<u>\$ 15 000.00</u>
Costo total	\$ 325 000.00

La depreciación del equipo se hará en 10 años. (11)

$$\frac{325\ 000}{360 \times 10} = \$ 90.00 \text{ diarios}$$

Gastos de producción.-

- a.- Agua
- b.- Vapor
- c.- Energía.

II.- Cálculo del agua.

La cantidad de pasta en promedio que se trata diariamente es de 2 700 kilos base seca.

Este cálculo se hará en diferentes pasos:

1°-El lavado de la torta después de hervirla se hace por medio de 2 regaderas con un flujo cada una de 250 litros por minuto y durante 1 hora.

Por lo tanto: $250 \times 60 \times 2 = 30\ 000$ litros

Se llevan a cabo 2.ª hervidas diarias (se multiplican por la cantidad de agua por hervida por día): 144 000 litros

2°-Después del lavado, la torta tiene una consistencia promedio de 21 %. La cual se bajará hasta 3 % para pasarla al separador y al refinador.

A una consistencia de 21 % corresponden 12 600 litros de agua, y a una consistencia de 3 % corresponden 14 400 litros de agua. Su diferencia nos da la cantidad de agua añadida:

$12\ 600 - 14\ 400 = 16\ 800$ litros

3°-La torta pasa al tanque I, eliminándose el agua con el esparidor hasta una consistencia de 6 %.

De esta pasta pasa al tanque de blanqueo siendo necesario para su bombeo bajar su consistencia a 3 %.

A una consistencia de 3 % corresponden 14 400 litros, y a una consistencia de 6 % 44 400.

Por lo tanto se añaden: $14\ 400 - 44\ 400 = 30\ 000$ litros

4°-El blanqueo se hace a una consistencia de 3 %, y para sacar la celulosa a laminar es necesario bajar su consistencia a 0.2 %. En este caso la cantidad de agua necesaria sería de 1 000 000 litros al día. Para este fin fue puesto un tanque de recirculación "X" en el -

se solo se pierde la cantidad que lleva la celulosa al laminarse.

La celulosa sale con 70 % de agua, siendo por lo tanto la cantidad que sale con la celulosa igual a 6 300 litros diarios.

5°-Agua total perdida diaria.

$$144 000 + 26 000 + 24 000 + 6 300 = 271 900 \text{ litros diarios}$$

El agua empleada en este proceso no es limpia sino de recuperación en todas las etapas, y su precio en la fábrica es de $0.44 \text{ \$/m}^3$.

$$\text{Por lo que } 271 900 \times 0.44 = 8 120.00 \text{ diarios.}$$

b.-Eficiencia de la energía.

La suma total de la potencia requerida por la planta es de 100 H.P., que multiplicados por 24 nos dá los H.P.-horas; los que a su vez por el factor de aprovechamiento de los motores 0.6 nos dá los H.P.-horas usados por día.

$$100 \times 24 \times 0.6 = 2 992 \text{ H.P.-hora}$$

$$= 2 992 \text{ kilowatts.}$$

El costo del kilowatt en este caso es de 0.24

$$2 992 \times 0.24 = 464.08 \text{ \$ día.}$$

c.-Eficiencia del valor.

Por consiguiente debido a pérdidas por radiación (13). Se calculan por medio de la ecuación de la temperatura a la cuarta potencia de Stefan Boltzmann.

$$i = E \times v \times A \times \left(\frac{T_r}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_a}{100} \right)^4 \times t$$

E = emisividad del fierro

= 0.6 (dimensional)

v = constante de Stefan Boltzmann

$$= 4.72 \times 10^{-8} \frac{\text{kilo calorías}}{\text{s}^2 \times \text{hr.} \times \text{m}^2}$$

A = Área del digestor (externa).

= 28 metros cuadrados.

T_p = Temperatura de la digestión

= 140°C

T_a = Temperatura del medio ambiente

= 22°C

t = tiempo de digestión.

= 4 horas.

Substituyendo en la fórmula: $q = 100,000$ kilocalorías

El calor latente de vaporización a esta temperatura es de 540.7 kilocalorías por kilo de vapor.

Por lo tanto multiplicando q entre el calor latente de vaporización y multiplicando por el número de servidas diarias (4.6) nos da la cantidad de vapor permito por producción en un día.

1,000 kilos día

Vapor requerido para la digestión. Se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$q = W \cdot C_p \cdot (H_1 - H_2)$$

en la que:

W = cantidad de material que entra al hervidor

= 100 kilos de tierra + 3,500 kilos de agua y arena.

= 3,600 kilos de carga

C_p = calor específico de la carga.

= no condensa agua en l

H_1 = entalpia del vapor a 140°C.

= 120,000 kilocalorías/kg de vapor

Q_1 = entálpia del agua a 22°C
= 20 kilocalorías/kg de vapor

Constituyendo en la fórmula:

$$Q = 146 \text{ 500 kilocalorías.}$$

Y dividiendo este valor entre el valor latente de vaporización multiplicándolo a su vez por el número de hervidas nos dará la cantidad de vapor necesaria para subir la temperatura a 140°C durante un día.

$$\frac{146 \text{ 500} \times 4.6}{20} = 2 \text{ 505 kg día de vapor.}$$

Valor total vapor = 146 500 hervidas por extracción de vapor -
dividiendo por el calor de la carga

$$= 1 \text{ 005} = 2 \text{ 505}$$

$$= 1 \text{ 511 kilos gastados/día.}$$

El costo del vapor es de \$ 11.00 la tonelada para este caso, -
por lo tanto:

$$1 \text{ 511} \times 11.00 = 17.00 \text{ \$ día}$$

Los gastos de producción serán:

$$\text{Agua} = \$ 170.00$$

$$\text{Energía} = \$ 464.00$$

$$\text{Vapor} = \$ 17.00$$

$$\$ 651.00/\text{día}$$

Mano de obra. -

Con herreros y obreros por turno.

$$3 obreros a \$ 90.00/día = 270.00 \$/día.$$

Materiales primas.-

Se calcularán sobre 1.000 kilos de tierra diarias, y utilizando el % de rendimiento después de servir.

NaOH usada en la digestión de 1.000 kilos de tierra seca; con un costo de \$ 1.76 el kilo. \$ 422.00

Cloro usado en el blanqueo de 1.000 kilos de pulpa seca; a un costo de \$ 1.45 el kilo. \$ 115.00

Acido sulfúrico en el blanqueo de 1.000 kilos de pulpa seca, a un costo de \$ 0.44 el kilo. \$ 26.00

NaOH usada en el blanqueo de 1.000 kilos de pulpa seca, a \$ 1.76 el kilo. \$ 104.00

El costo total de materias primas es de \$ 671.00 equivalente al costo de la tierra.

Total de costos fijos directos.

Amortización del edificio	\$ 90.00
Costos de producción	\$ 631.00
Mano de obra	\$ 270.00
Materiales primas	<u>\$ 667.00</u>
	\$ 1.658.00

Costos fijos indirectos

Se fijan como un porcentaje de los costos fijos directos:	
Supervisión de la operación	0.5 %
Mantenimiento y reparaciones	1.0 %
Administración y ventas	<u>0.5 %</u>
	2.0 %

Total: \$ 1.658.00 + 0.07 = \$ 178.00

COSTOS VARIABLES

Como se ha dicho anteriormente el elemento que sufre fluctuaciones en el costo es la tierra, que varía desde \$ 0.80 hasta un precio de 1.20 \$/Kg el kilo. La carga por hervida es de 700 kilos húmedos en 4 a 5 horas siendo por lo tanto 1 400 kilos hervidos diariamente.

El cálculo se hará suponiendo los costos fijos al costo de la tierra por lo tanto, por ejemplo, si la tierra cuesta inicialmente 0.60 \$/kilo, su costo diario será:

Costos fijos directos	\$ 558.00
Costos fijos indirectos	\$ 33.00
1 400 kilos de tierra a \$0.60 \$/kilo	<u>\$ 2 648.00</u>
	\$ 4 371.00

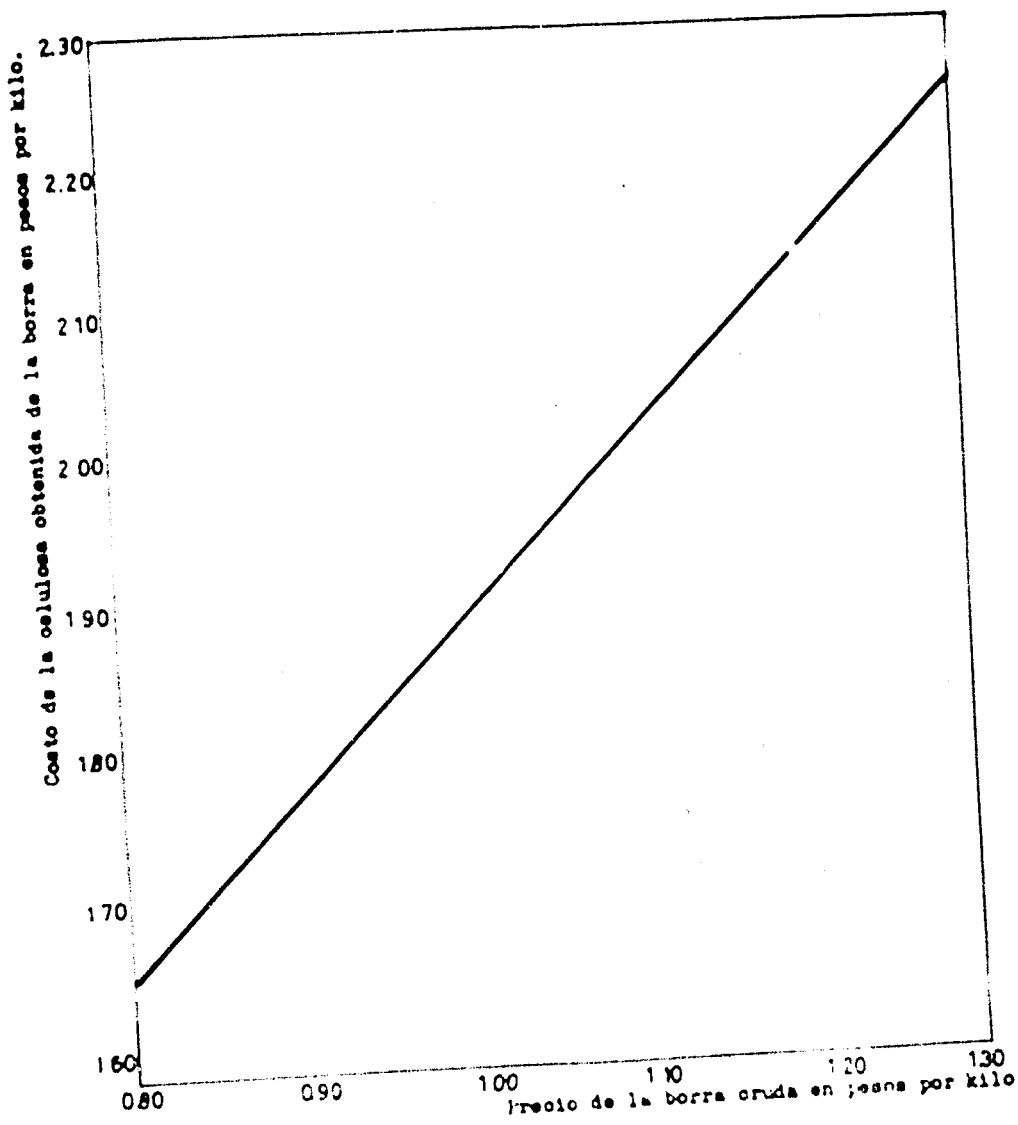
Y como el rendimiento total de la operación es de 60 %, el costo por kilo será:

$$\frac{4371.00}{1700 \text{ kilos}} = \$ 2.57 \text{ por kilo de celulosa obtenida.}$$

Calculando los costos para los otros precios de la tierra cruda en la misma manera que se llevó a cabo el anterior, se obtienen los resultados presentados en la tabla III y en la figura 31.

T A B L A III

Costo de la tierra en el mercado.	Costo de la celulosa obtenida de esa tierra en la planta piloto.
\$ 0.80	\$ 2.63
\$ 0.90	\$ 2.71
\$ 1.00	\$ 2.79
\$ 1.10	\$ 2.87
\$ 1.20	\$ 2.95
\$ 1.30	\$ 3.03



Costo de la celulosa en relación con el precio de la borra cruda.

FIGURA 31

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

1º.- De las diversas digestiones y pruebas de blanqueo efectuadas en escala de laboratorio para obtener pulpa a partir de borra de algodón, se obtuvo que para presiones de trabajo de 4 Kg/cm^2 y tiempos de digestión de 1 hora, la cantidad de Alkali activo que mostró mejores resultados correspondió al valor de 7.5 como NaOH en porción sobre borra. Para el blanqueo las mejores propiedades de las pulpas correspondió a un valor de 1.5 de cloro en base pulpa. Estos resultados sirvieron como base para seleccionar las cantidades de reactivos por usar en las pruebas en escala piloto.

2º.- La pulpa obtenida en la planta piloto mostró en general un alto volumen específico, propiedad que le proporciona al papel un gran poder de absorción, siendo posible su empleo en papeles absorbentes, tales como papel para vasos, papel para impregnar y papeles filtro.

Respecto a las propiedades de color, brillantes y blancura de la pulpa, los resultados fueron excelentes.

El tiempo de drenaje y la capacidad de una buena formación que mostró la pulpa a cualquier grado de refinamiento, permite un aumento respecto a otras pulpas, en la velocidad de la máquina de papel.

Las resistencias en sí resultaron bajas si se comparan con las pulpas de algodón y papel por lo que si no sería útil en la fabricación de papeles resistentes. Estas resistencias comparadas con las obtenidas a partir de trapo resultaron del mismo orden de magnitud, por lo que se podría considerar su sustitución en tal condición.

Finalmente cabe aclarar que esta pulpa es muy estable, o sea, que no tiene propensión de blancura, debido a que su forma de celulosa es muy pura.

19.- El costo de la celulosa que se obtiene en la planta es mucho mas bajo que el que existe en el mercado.

El costo de la borra de algodón, obtenido en éste estudio, solo se considerará aplicable para el caso estudiado, y puede variar para otros tipos de planta, otras cantidades y otros precios de vapor, agua, electricidad, etc.

En el caso de disponerse de un tirador de tamaño adecuado para almacenar la borra, a fin de que ésta se pueda conseguir en la época del año en que su precio es menor, el costo de producción resultaría uniforme durante el año y menor al promedio de los costos obtenidos en este estudio.

CAPITULO VII

BIBLIOGRAFIA

- (1).-Fieser & Fieser.
Química Orgánica.
Editorial Grigalbo S.A., 7ª edición, México D.F. 1960
Página 104 y siguientes.
- (2).-T.A.F.F.I.
Standard Testings Methods.
T-17 = 45
- (3).-F.A.O.
Raw Materials For News Paper
Food and Agriculture Organization of the United Nations.
Rome, Italia. 1953
Página 100
- (4).-T.A.F.F.I.
Standard Testings Methods.
T-17 = 45, T-18 = 54, T-19 = 54, T-19 = 50, T-203 = 61, T-13 = 45, T-217 = 45.
- (5).-Waco.
Wood Chemistry.
Reinhold Publishing Corporation. 7ª edición. New York 1952
Página 104 y siguientes. Vol. II
- (6).-Cassoy L.F.
Pulp and Paper.
Interscience Publishers, Inc. New York, 1952
Página 100 y siguientes. Vol II
- (7).-T.A.F.F.I.
Standard Testings Methods.
T-17 = 45, T-217 = 45.
- (8).-Cassoy L.F.
Pulp and Paper.
Interscience Publishers, Inc. New York. 1952
Página 46 y siguientes. Vol I
- (9).-T.A.F.F.I.
Standard Testings Methods.
T-17 = 45
- (10).-Rae John L.
Pulp Chemistry.
Hoeber electrochemical Company. Boletín 200. Tacoma Washington
- (11).-Ariss A Newton.
Chemical Engineering Cost Estimation.
Mc. Graw Hill Book Company, Inc. New York, 1955
Página 100.

- (12).-Mc. Cabe & Smith
Unit Operations of Chemical Engineering.
Mc. Graw-Hill Book Company, Inc. U.S.A. 1956
Página 127 y siguientes.
- (13).-Loyal Clarke
Manual for Process Engineering Calculations.
Mc. Graw-Hill Book Company, Inc. U.S.A. 1950
Página 127 y sigs.