LIMITADO
ST/ECLA/CONF.3/L.5.13
1 Octubre 1954

ESPAÑOL
ORIGINAL: INGLES

JUNTA LATINOAMERICANA DE EXPERTOS
EN LA INDUSTRIA DE PAPEL Y CELULOSA

Buenos Aires, Argentina
18 octubre - 2 noviembre, 1954

EL TRATAMIENTO ALCALINO DEL BAGAZO DE CAÑA PARA LA FABRICACION DE PAPELES DE ALTA RESISTENCIA Y DE CELULOSA PARA RAYON

por

William J. Nolan
Laboratorio de Papel y Celulosa, Universidad de Florida
(Estados Unidos)

Tema V: ASPECTOS ECONOMICOS DE LA FABRICACION DE PAPEL Y CELULOSA A BASE DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR

(Nota: Este documento no ha sido revisado por el autor, y está sujeto a modificaciones antes de su impresión definitiva)

EL TRATAMIENTO ALCALINO DEL BAGAZO DE CAÑA PARA LA FABRICACION DE PAPELES DE ALTA RESISTENCIA Y DE CELULOSA PARA RAYON

por William J. Nolan *

INTRODUCCION

La elaboración del bagazo de la caña de azúcar para la fabricación de papel es muy compleja. Además del estudio que se realiza corrientemente acerca de los diversos procedimientos para elaborar pasta con las materias primas celulósicas, el investigador también debe considerar las variaciones que experimentan las materias primas a causa de la situación geográfica, de los diferentes procedimientos de zafra y molienda de la caña antes de ser transformada en materia prima para la fabricación de papel, y de la separación física de los componentes de aquélla antes de la elaboración de la pasta, o sea, la separación de la médula con respecto a las fibras celulósicas.

En la investigación a que se refiere este trabajo se utilizó como materia prima caña proveniente de Florida, que crece en las cercanías de Clewiston. Hace dos años algunos trabajos de investigación realizados con el bagazo de las Filipinas permitieron comprobar que efectuándose la cocción en las condiciones descritas en este trabajo, se obtiene del bagazo procedente de cualquiera de esas dos regiones una pasta con el mismo rendimiento y la misma composición química aproximadamente.

Con el propósito de simplificar su presentación ha sido dividido en tres partes este estudio. La primera se refiere a la separación de la médula de la fibra; la segunda, a las investigaciones realizadas sobre las condiciones necesarias para la preparación de pastas de gran pureza destinadas a la elaboración de celulosa para rayón, y, finalmente, la tercera, a las aplicaciones del bagazo en la industria papelera.

---

* del Laboratorio de Papel y Celulosa, Universidad de Florida, Gainesville, Florida.

/I SEPARACION

I

SEPARACION DE LA MEDULA DE LA FIBRA

En esta investigación se utilizaron dos tipos de bagazo. El primer material se preparó en el laboratorio de la Universidad de Florida con caña recién cortada, de una plantación de propiedad de la United States Sugar Company, situada cerca de Clewiston y llevada al laboratorio durante la noche. Una vez allí fué cortada en pedazos de 5 centímetros de largo e introducida en un triturador rotatorio (rotapulper) Jackson & Church 015, en donde quedó reducida a haces practicamente de la misma longitud que la caña cortada. El material desmenuzado fué introducido en una prensa de tornillo Jackson & Church ZM, que le extrajo el jugo, quedando una torta prensada con 40 por ciento de fibra.

Se mezcló la pasta prensada con jugo de caña diluído y se la pasó una segunda vez por el triturador rotatorio. Esta mezcla se volvió a prensar hasta quedar nuevamente con un contenido de fibra de 40 por ciento. En seguida se mezcló la pasta prensada con agua dulce en un tercer tratamiento en el triturador rotatorio, después del cual se volvió a prensar hasta obtener otra vez 40 por ciento de fibra. El jugo que se obtuvo de esta tercera operación de prensado se usó en la dilución de la segunda mezcla que se efectuó en el triturador rotatorio. De este modo, se desarrolló un sistema de lavado de contracorriente, mediante el cual se extrajo el 98 por ciento del azúcar con un mínimo de dilución en agua.

Desde el punto de vista de la utilización del bagazo, este sistema de extracción mediante el lavado de contracorriente se acerca al procedimiento ideal para la preparación de la fibra. El tratamiento triple en el triturador rotatorio separó, prácticamente, toda la médula que estaba adherida a las fibras celulósicas, debido a la intensa fricción. Los haces resultaron muy largos, de casi 5 centímetros de longitud, y muy pocos se rompieron. Sin embargo, el principal inconveniente en la extracción de la médula consistía en que, a pesar de haberse roto la ligazón entre ella y las fibras, los dos componentes permanecían estrechamente mezclados.

El segundo tipo de bagazo con que se experimentó fué un material seco y enfardado, proveniente también del ingenio de Clewiston, de la United States Sugar Company. Había sido secado en un secador a fuego y

/se vendía

se vendía como camilla para gallineros. El material era de color muy oscuro y contenía una gran cantidad de impurezas, carbón y algo semejante a vestigios de azúcar acaramelada.

Con el propósito de devolver a las fibras su flexibilidad original, este bagazo seco se remojó durante toda una noche en agua caliente. En seguida se le extrajo el exceso de humedad y se le hizo pasar dos y tres veces por el triturador rotatorio. Se comprobó que con este tratamiento se lograba romper las ligazones entre la médula y las fibras, exactamente como en el caso de la caña fresca. Sin embargo, los haces resultantes eran mucho más cortos que los obtenidos de la caña fresca, ya que su longitud variaba de 5 centímetros a menos de 1 1/4 centímetros. Asimismo, las fibras eran de color mucho más oscuro que las obtenidas de la caña fresca.

La cantidad de energía eléctrica necesaria para tratar el bagazo en esta forma es de 0,75 kilowatt-días por tonelada, en cada pasada por el molino, o sea que equipando la máquina con un motor de 100 HP, pueden tratarse de 75 a 100 toneladas diarias.

El primer ensayo para separarla médula de la fibra se hizo en un depurador plano similar al que se usa en la industria papelera. En las placas del depurador se hicieron ranuras de 0,018 pulgada. La mezcla de médula y fibra con que se alimentó el depurador tenía consistencia de 0,5 a 1,0 por ciento. Aproximadamente el 60 por ciento del materialse retuvo en el depurador, pasando por las perforaciones el 40 restante.

El material retenido en el depurador era sobre todo fibra acompañada por una fracción de la médula con un diámetro mayor de 0,018 pulgadas. La separación de la médula de la fibra no fué del todo satisfactoria en este caso.

La fracción que pasó a través del depurador - denominada fracción de médula - contenía un porcentaje elevado de fibras cortas y quebradas. Según estimaciones hechas, más del 50 por ciento del peso de esta fracción de médula correspondía a la fibra.

Con el objeto de obtener una fracción de fibra suficientemente libre de médula que sirviera de garantía en las investigaciones sobre la elaboración de pastas, se secó aquélla hasta dejarla con un contenido de humedad de 5 a 10 por ciento y se la hizo pasar en seguida por un depurador plano vibrátil "Day Ro-ball" provisto de una tela de alambre de malla 14. Como

/las fibras

las fibras estaban lo bastante entrelazadas, sólo se perdió en el depurador una pequeña fracción de las más largas. El movimiento vibratorio hizo que prácticamente toda la médula suelta pasara a través del depurador, pero, por desgracia, también dejó escapar las fibras muy cortas. El peso del material que pasó equivalía al 10 ó 15 por ciento del que fué colocado en el depurador. Este procedimiento, que no es práctico desde el punto de vista comercial, suministró en cambio una fibra muy limpia que era adecuada para los experimentos sobre elaboración de pastas.

Se analizó el problema de la extracción de la médula tomando en cuenta todas las propiedades de la mezcla de médula y fibra, y se procedió a diseñar una máquina para aprovechar al máximo estas propiedades. Primero, una gran proporción de la médula es siempre de diámetro más grande que la sección transversal que la mayor parte de la fibra. Segundo, al flotar libremente en el agua, una parte de la médula se mantendrá en la superficie en vez de pasar a través de un depurador, debido a que algunas de sus células retienen aire en su interior. En consecuencia, si fuera posible diseñar un mecanismo en el cual las fibras se mantuvieran extendidas sobre el depurador, las perforaciones de éste podrían hacerse tan grandes como para permitir el paso de las partículas más voluminosas de médula y retener las fibras. Debe pasar bastante agua a través del material para contrarrestar esa tendencia tan característica de la médula de adherirse a la fibra. La velocidad del agua debe ser tal que arrastre consigo a la médula flotante. El nivel del agua debería mantenerse lo suficientemente bajo para evitar que las fibras se orienten y puedan pasar por las grandes perforaciones del depurador.

De conformidad con estos principios se diseñó una máquina esperimental. La figura 1 muestra una fotografía del modelo usado en el laboratorio. Una correa de tela de alambre de malla 14 y de 12 pulgadas de ancho se extiende entre dos rodillos de 8 pulgadas de diámetro, colocados aproximadamente a 5 pies de distancia entre ejes. La velocidad lineal de esta correa puede variar entre 3 y 15 pies por minuto, por medio del motor, del reducto de velocidad y de los piñones, que aparecen en el extremo inferior derecho. En la parte superior del depurador hay dos correas de caucho de 1 pulgada x 1 pulgada en su sección transversal, montadas sobre dos rodillos guías de 8 pulgadas de diámetro y 4 pies de distancia entre ejes. Convenientemente situado debajo de la correa de tela, hay un depósito galvanizado

/para recibir

para recibir el material que pasa a través de aquella. En el fondo de este depósito está soldada una cañería de 1 1/2 pulgada que en la fotografía puede verse descargando en el recipiente galvanizado situado al frente de la máquina. Chorros planos de agua, provenientes de ocho toberas Sprayco de 1/4 de pulgada caen sobre la superficie del depurador. Una vez en operación, se coloca encima de la correa metálica, y justamente delante de los chorros, la mezcla de médula y fibra empapada en agua que ya ha pasado dos o tres veces por el triturador rotatorio.

La válvula de descarga se regula para dejar en la superficie del depurador un nivel de 1/2 pulgada en el agua contenida por las correas de caucho. La mezcla de médula y fibra se esparce uniformemente sobre la tela metálica a través de los chorros que hacen pasar la médula por ésta, quedando las fibras en la superficie del depurador. La fibra lavada se recoge en el extremo de la tela, donde está el operario. La médula se recoje en el recipiente galvanizado colocado al frente de la máquina.

La superficie efectiva de lavado de esta máquina es muy reducida. La distancia entre las orillas interiores de las correas de caucho es de 9 3/8 pulgadas y el largo del depurador sobre el cual operan los chorros de 16 pulgadas. Se hicieron operaciones pasando una, dos y tres veces el material por el depurador. Una sola pasada no proporciona un buen lavado; en cambio, dos dan por resultado una separación perfecta, que no mejora con una tercera pasada por la máquina. En el cuadro 1 se consignan las características de funcionamiento de esta máquina. En los tratamientos de dos y tres pasadas se emplearon velocidades de la correa de 4,2 y 12,6 pies por minuto respectivamente.

La figura 2 muestra una fotografía de la fibra tal como queda después del segundo lavado. Los haces más largos tienen aproximadamente dos pulgadas y medio de largo. Como puede observarse, es insignificante la cantidad de médula libre en la fracción fibrosa. Si se examinan las fibras cuidadosamente se podrá apreciar con qué eficacia se ha extraído la médula mediante el doble tratamiento en el triturador rotatorio. Todo lo que queda de la conexión original entre la médula y la fibra es una que otra pequeña protuberancia, apenas perceptible en los bordes de las fibras.

La figura 3 es una fotografía de la fracción medular. La única fibra

/larga y recta,

larga y recta, que puede apreciarse cerca del centro de la fotografía tiene una longitud de aproximadamente 1/8 de pulgada y da una idea del verdadero tamaño de las partículas. El porcentaje de fibra en la fracción medular es, pues, muy pequeño.

De los datos contenidos en el cuadro 1, se calcula que, después de pasar dos veces por el triturador rotatorio, la médula y la fibra de bagazo se separan, quedando esta última fracción tan limpia como la que aparece en la figura 2. La recuperación de la fibra alcanza el 70 a 80 por ciento del bagazo original. Empleando una correa metálica de 25 pies de ancho efectivo y 53 pies de longitud de lavado, se podría obtener 100 toneladas diarias de fibra limpia. La velocidad tendría que ser aproximadamente de 126 pies por minuto.

Se estima que por cada libra de fibra lavada se consumirán de 30 a 50 galones de agua, cifra que puede ser grandemente reducida. El agua puede usarse varias veces, después de hacerla pasar por un desgotador para remover la médula. El mayor gasto de operación es el de la energía empleada en la bomba.

II

ELABORACION DE PASTAS DE GRAN PUREZA CON FIBRA DE BAGAZO

Se utilizaron tres tipos de fibra. La fibra denominada A, obtenida directamente en el laboratorio de caña fresca, se sometió en seguida a una depuración húmeda en un depurador de placa con cortes de 0,018 pulgadas y a una depuración en seco en una rejilla metálica de malla 14. la fibra B se obtuvo después de sumergirse bagazo seco y enfardado en agua caliente, pasándolo dos veces por el triturador rotatorio y someterlo, luego, a las depuraciones húmedas y secas, como se hizo con la fibra A. La fibra C se obtuvo de bagazo seco, empapado en agua y refinado como en el caso de la fibra B, pero sometiéndolo dos veces al lavado en un depurador.

Se procedió a analizar los diversos materiales cuyos contenidos de lignina y pentosanos eran los siguientes:

/Material analizado

Material analizado	Lignina (por ciento)	Pentosanos (por ciento)
Bagazo seco y enfardado	20,7	23,4
Bagazo seco y enfardado, después de tratado con agua caliente 1/	22,6	27,3
Fibra sin médula proveniente de la prensa de tornillo en donde se extrajo el azúcar		26,4
Fibra proveniente del bagazo enfardado, cuya médula fué extraída mediante las depuraciones húmeda y seca (B)		25,8
Fibra proveniente del bagazo enfardado, cuya médula fué extraída mediante el lavado con un depurador (C)	24,0	24,8
Médula, separada de las fibras cortas mediante flotación	21,9	30,5

1/ Los solubles en agua caliente constituían 13,8 por ciento del bagazo seco, enfardado.

Como se vé, la médula tiene un contenido de pentosanos ligeramente superior al de la fibra; en cambio, su contenido de lignina es un poco menor que el de aquélla. Sin embargo, no existe en los análisis divergencia suficiente que justifique recurrir al análisis químico para determinar el porcentaje de médula en la fibra. La principal diferencia entre los dos componentes reside en su estado físico, pues la médula es una substancia celular de paredes muy delgadas, y la fibra, una colección compacta de fibras celulósicas estrechamente unidas entre sí por la lignina.

Elaboración de pasta con fibra de bagazo. Las pastas se cocieron manteniendo constante la concentración de los reactivos y tratando de simular la acción de un procedimiento continuo. El equipo para elaborar pasta se describió detalladamente en una publicación anterior (Harvin, Hills, Rothrock and Nolan, Tappi 33, No. 7: 338-343, julio, 1950). La concentración se mantuvo constante gracias a que se utilizó una relación muy alta entre las cantidades de lejía y bagazo. No se pretende que esta relación pueda utilizarse con fines comerciales. Las concentraciones pueden mantenerse constantes empleando la relación normal de lejía, e inyectando continuamente los productos químicos para reponerlos a medida que se vayan consumiendo.

/Las cocciones

Las cocciones se efectuaron a altas concentraciones, de 80 a 125 gramos de Na_2O por litro. Como resultado de los experimentos realizados en este laboratorio, se comprobó que las pastas con un contenido bajo de pentosanos necesario para las pastas tipo rayón, pueden obtenerse de las lejías a la soda o kraft, manteniendo la concentración a 80 gramos por litro. En general, las lejías de cocción se obtuvieron con mezclas de 75 por ciento de NaOH y 25 por ciento de Na_2S, aunque en una serie de cocciones no se emplearon súlfuros. En el cuadro 3 se consignan todos los datos referentes a la elaboración de pasta con cocciones de alta concentración.

Dichos datos demuestran que la fibra de bagazo, por su tendencia natural a subdividirse y, en consecuencia, por la gran superficie que presenta, es apropiada para una rápida cocción continua. Las pastas que contienen de 95 a 96 por ciento de celulosa alfa pueden obtenerse en 5 minutos de cocción y con el vapor a una presión manométrica bastante baja, 80 libras por pulgada cuadrada. El contenido de pentosanos es convenientemente bajo comparado con el de la pasta de abeto al sulfito, fuente común de las pastas tipo rayón. En la figura 4 se muestran las curvas de cocción en las condiciones señaladas. El tratamiento es tan rápido que las secciones de las curvas comprendidas entre 0 y 5 minutos de cocción sólo pueden ser estimadas y se indican con líneas entrecortadas.

Grado de polimerización de las pastas. Al parecer, la cocción del bagazo se hizo demasiado uniforme para la elaboración de pasta tipo rayón. Es decir, la degradación de la pasta fué mínima, como lo indica el grado de polimerización de la celulosa. El grado de polimerización de las pastas cuya cocción fué de 5 minutos, a 80 libras por pulgada cuadrada de presión manométrica y con una concentración de 80 gramos, fluctuó entre 1700 y 2000, demasiado alta para la xantogenación. Con presiones de vapor más altas, una cocción más prolongada o la eliminación de los sulfuros de la lejía de cocción, se logra reducir el grado de polimerización de las pastas.

En la figura 5 se muestra una relación muy aproximada entre el grado de polimerización de la pasta y las condiciones bajo las cuales se efectúa la cocción. Es probable que las pastas sin blanquear, con un grado de polimerización de 1000 a 1100, sirvan mejor para la elaboración de celulosas tipo rayón. Las siguientes características se escogieron como las más apropiadas para dicho tipo de pasta: concentración, 80 gramos por litro; 25 por ciento de tenor de sulfuro; presión manométrica del vapor, 125 libras

/por pulgada

por pulgada cuadrada, y tiempo de cocción, 10 minutos. Las pastas números 1049 y 1073 corresponden a estas condiciones con las cuales se puede obtener después de la depuración un 45 por ciento de rendimiento en fibra desmedulada.

Blanqueo de las pastas. Se ha podido comprobar que en estas pastas no puede obtenerse un grado de blancura superior a 72 (G.E.), cualquiera que sea la cantidad o el tipo de agente de blanqueo que se emplee, a menos que se extraiga primero la pasta con ácido diluído. No se sabe todavía si la materia colorante de la pasta se debe al bagazo, a la presencia de hierro en la lejía de blanqueo o a la reacción de los componentes del bagazo ante los sulfuros. Se comprobó que las pastas cuya cocción se efectuó sin sulfuros (cocciones números 886-888) eran ligeramente más blancas que aquéllas en que se usaron sulfuros, pero estas últimas no se blanquearon. Se comprobó la presencia de cierta cantidad de hierro en las lejías de cocción, proveniente de las sales de hierro que contenía el agua potable usada en la preparación de los licores. Cuando se hicieron los experimentos de blanqueo, no se encontraba a mano ninguna de las pastas elaboradas con fibra de caña verde (cocciones números 814-815). En consecuencia, no se sabe si la deficiente blancura se debió a la elaboración del bagazo antes de ser enfardado.

Se comprobó que una extracción con HCl diluído eliminaba la sustancia que dificultaba el blanqueo. Esta extracción con ácido causó una degradación insignificante de la celulosa, como lo indican los grados de polimerización de la pasta antes y después de la extracción. En el cuadro 3 se consignan las características correspondientes.

La pasta número 1073, que es idéntica a la número 1049, fué blanqueada en cinco etapas, comprendida la cloración y la extracción con hipoclorito y soda cáustica. El cuadro 4 que consigna las características del blanqueo de la pasta, con y sin esa extracción, muestra que el consumo de cloro es muy bajo, cerca de 1,5 por ciento de cloro total con respecto a la pasta.

Estos datos demuestran claramente el efecto de la extracción ácida sobre la blancura final de la pasta blanqueada. La pasta sin extracción alcanzó una blancura final de sólo 68,1 (G.E.) a pesar de que se utilizó una cantidad excesiva de cloro. Después de la extracción se blanqueó la pasta hasta alcanzar un grado de blancura de 84,0 (G.E.), cifra bastante

/satisfactoria.

satisfactoria.

Como es típico en todas las pastas provenientes de bagazo, el contenido de ceniza en ésta era elevado. El bagazo original contenía 0,49 por ciento de ceniza. La cocción prácticamente no la eliminó, ya que su contenido en la pasta número 1073 era de 0,98 por ciento. La extracción, durante 60 minutos, con HCl diluído, redujo el contenido de ceniza a 0,20 por ciento, en tanto que el procedimiento de blanqueo lo redujo aun más: hasta 0,14 por ciento. Todavía no ha sido determinado qué proporción de esta ceniza es simplemente sílice. No se sabe si su alto contenido en las pastas blanqueadas tendrá influencia en las características requeridas para el hilado.

El grado de polimerización de la pasta blanqueada (880) es casi el que se necesita para una xantogenación adecuada. Su contenido de pentosanos (2,0 por ciento) es bajo y resulta adecuado para la elaboración de pastas para rayón. Aunque todavía no se ha ensayado la producción de rayón, con esta pasta, el análisis indica que sería una materia prima adecuada para este fin.

III

ELABORACION DE PASTAS DE ALTA RESISTENCIA CON FIBRA DE BAGAZO

Tratamiento de la fibra de bagazo. En esta etapa de la investigación se usó el mismo equipo de cocción empleado para las pastas de alta pureza. Como es necesario que las pastas para fabricar papel tengan un contenido alto de pentosanos, la concentración inicial de la lejía de cocción se mantuvo baja y las relaciones de lejía a bagazo que se emplearon fueron también bajas, para asegurar que la concentración disminuyera durante la cocción. En todas las cocciones se mantuvo constante la presión del vapor.

En el cuadro 5 se consignan las características de este tratamiento. En algunos casos, se efectuó la cocción con una relación entre bagazo y lejía de 3,5: 1. El bagazo era tan liviano y fibroso que no pudo lograrse que la fibra y la lejía se mezclaran bien, y, por lo tanto, los datos sobre rendimiento no eran fidedignos. En el cuadro a que se ha hecho referencia no se mencionan estas cocciones.

Nótese que son muy altos los rendimientos en la pasta de aquel bagazo al que se le ha extraído la médula; fluctúan entre 60 y 63 por ciento.

/Este mayor

Este mayor rendimiento, en comparación con el de las pastas tipo rayón, se debe principalmente a la conservación de los pentosanos en la pasta. Aquel bagazo al que no se le ha extraído la médula antes de la cocción da un rendimiento en pasta mucho menor, debido a la degradación de la celulosa de la médula, que presenta mayor superficie para las reacciones que la celulosa de la fibra.

Se analizaron varias lejías negras para conocer su contenido de álcali activo, y se pudo comprobar que el consumo de productos químicos era muy similar al que se registra cuando se trata de madera. El consumo medio de productos químicos alcanzó a 0,236 gramos de Na_2O por gramo de bagazo disuelto.

Resistencia física de las pastas. Se hidrataron varias pastas en el refinador Niágara y se prepararon hojas o pliegos para las pruebas físicas. Todos los procedimientos se ajustaron a las normas TAPPI. Las hojas se probaron en lo que se refiere al doble plegado, longitud de rotura y resistencia al reventamiento y al desgarramiento. Los resultados de estas pruebas se encuentran expresadas en las unidades recomendadas en la Norma No. T-220 de TAPPI.

Los datos sobre la resistencia física se consignan en el cuadro 6 y están representados en la figura 6. A los fines de comparación también se han diseñado en la figura 6 los valores de resistencia correspondientes a una pasta kraft de pino, sin blanquear, de calidad superior. Como puede observarse, las pastas de bagazo son superiores a la pasta kraft de pino en cuanto a reventamiento, longitud de rotura y doble plegado. La longitud de rotura de las pastas de bagazo es 20 por ciento mayor que la resistencia máxima de la pasta kraft. Su resistencia al reventamiento es 10 por ciento mayor. Por lo que toca a las pruebas de doble plegado, los datos pertinentes no son dignos de confianza para hacer con ellos una comparación cuantitativa pero las pastas de bagazo son claramente superiores en este aspecto, según se desprende de la figura 6.

La resistencia al desgarramiento de la pasta de bagazo es deficiente, inferior en la mitad a la de la pasta kraft de pino, lo cual era de suponer, ya que el largo de las fibras del bagazo es de aproximadamente 1,0 milímetros en comparación con el de las fibras de pino, de 2,5 a 3,0 milímetros.

/La característica

La característica más interesante de la resistencia de la pasta de bagazo al reventamiento, a la tensión y al doble plegado no estriba en los valores elevados que alcanzan después de la refinación sino antes de ella. La mayoría de las pastas de madera ofrecen muy poca resistencia al reventamiento y a la tensión antes de ser refinadas, y es insignificante su resistencia al doble plegado. Por otro lado, las pastas de bagazo son muy resistentes antes de la refinación y después de un breve tiempo de permanencia en el refinador alcanzan el grado máximo de resistencia.

Es probable que esta alta resistencia se deba al contenido bastante alto de pentosanos que poseen estas pastas. Es muy corriente encontrar un contenido de 23 a 24 por ciento en las pastas de bagazo, que contrasta con el 18 por ciento aproximadamente que registran las de maderas duras. La pasta kraft de pino contiene, por lo común, de 8 a 9 por ciento de pentosanos. La importancia comercial de este alto contenido en pentosanos reside en los costos casi insignificantes de energía que exige la refinación de las pulpas de bagazo antes de ser tratadas por la máquina papelera.

Son escasas las investigaciones que se han realizado hasta la fecha sobre la elaboración de distintos tipos de pastas para fabricar papel. Es muy posible que un estudio más profundo tenga como resultado la obtención de pastas de mayor resistencia, sobre todo al desgarramiento. Todavía no se han realizado estudios en relación con el blanqueo de las pastas para fabricar papel, pero su bajo contenido en lignina (2,0 por ciento aproximadamente) indica que el consumo de cloro será muy bajo. Puede ser necesaria la extracción ácida antes del blanqueo.

Es evidente que las pastas de bagazo son de mejor calidad y de mayor resistencia que las elaboradas con maderas de coníferas. Además, toda vez que la resistencia al desgarramiento no se considere como requisito importante, la pasta de bagazo podrá reemplazar a la pasta kraft. No se recomienda aquélla para la fabricación de papel de diario, salvo como un buen sustituto de la pasta al sulfito. Esta tiene tendencia a ser traslúcida, característica común a todas las pastas cocidas, y no se asemeja a la pasta mecánica en ninguna de sus propiedades.

/Cuadro 1

Cuadro 1

EXTRACCION DE LA MEDULA DE LA FIBRA DE BAGAZO

Número de prueba	1	2	3	4
Velocidad de correa, pies por minuto	4,2	4,2	12,6	12,6
Primera pasada:				
Agua de los chorros, galones por hora	159	225	173	270
Consistencia de las aguas servidas, por ciento de materias sólidas	0,131	0,032	0,139	0,139
Peso de la médula, libras por hora	1,314	0,605	2,000	3,110
Segunda pasada:				
Agua de los chorros, galones por hora	173	143	197	216
Consistencia de las aguas servidas, por ciento de materias sólidas	0,022	0,021	0,058	0,043
Peso de la médula, libras por hora	0,318	0,253	0,950	0,768
Tercera pasada:				
Agua de los chorros, galones por hora	- -	130	- -	174
Consistencia de las aguas servidas, por ciento de materias sólidas	- -	0,011	- -	0,027
Peso de la médula, libras por hora	- -	0,123	- -	0,387
Peso de la fibra lavada, libras por hora	3,49	2,41	13,00	10,05
Peso total de la médula, libras por hora	1,63	0,98	2,95	4,26
Recuperación de fibra, por ciento de bagazo original	62,8	71,2	81,1	70,2
Total del agua usada, galones por libra de fibra	95,2	206,5	28,5	65,7

/Cuadro 2

Cuadro 2

TRATAMIENTO DEL BAGASO PARA LA ELABORACION DE PASTAS DE GRAN PUREZA

Cocción No.	Procedimiento para extraer la médula *	Presión del vapor Libras/pulgada²	Duración de la cocción (minutos)	Lejía de cocción: Concentración grs. Na_2O por litro	Lejía de cocción: Tenor en sulfuro %	Lejía de cocción: Porcentaje sustancias químicas sobre bagazo seco	Lejía de cocción: Proporción de lejía	Rendimiento del material original (Porciento)	Análisis de la pasta: Lignina (Porciento)	Análisis de la pasta: Pentosanos (Porciento)	Grado de polimerización: Sin blanquear	Grado de polimerización: Blanqueado con ClO_2	Grado de blancura (G.E.): Sin blanquear	Grado de blancura (G.E.): Blanqueado con ClO_2
816	Ninguno	80	5,0	81,2	25	319	42:1	35,1	2,7	3,8	1790	1805	31,7	64,5
814	A	50	5,0	81,2	25	319	42:1	48,2	2,4	5,1	—	—	—	—
815	A	80	5,0	81,2	25	319	42:1	48,6	1,6	2,7	2007	1963	49,0	71,2
858	B	80	5,0	80,4	25	190	25:1	50,2	1,4	4,5	1885	1855	41,8	72,4
859	B	80	7,5	80,4	25	190	25:1	49,3	0,9	4,4	1740	1655	45,5	74,4
860	B	80	10,0	80,0	25	190	25:1	48,7	1,1	4,5	1735	1625	44,7	76,2
892	B	80	5,0	80,8	25	316	42:0	48,6	—	3,1	1908	1716	47,7	77,8
893	B	80	10,0	80,8	25	316	42:0	47,6	—	1,5	1705	1552	51,1	79,1
894	B	80	15,0	80,8	25	316	42:0	46,6	—	—	1562	1432	50,9	79,3
884	B	80	15,0	80,2	25	479	64:1	47,7	—	3,7	1295	1310		61,6
885	B	80	20,0	80,2	25	479	64:1	47,2	—	2,6	1225	1230		60,8
886	B	80	5,0	80,0	0	480	64:1	47,8	—	3,4	1378	1345	50,4	78,2
887	B	80	10,0	80,0	0	480	64:1	47,5	—	2,7	1152	1082	54,2	72,2
888	B	80	15,0	80,0	0	480	64:1	47,2	—	2,6	1067	986	54,9	79,2
877	B	80	5,0	126,0	25	497	43:0	50,6	—	3,7	1395	1350	—	60,3
878	B	80	7,5	126,0	25	497	43:0	49,0	—	3,8	1200	1150	—	62,6
879	B	80	10,0	126,0	25	497	43:0	48,4	—	3,6	790	1060	—	60,4
1050	C	80	7,5	79,7	25	316	42:1	46,4	—	—	1510	1490	45,9	67,6
1051	C	80	10,0	79,7	25	316	42:1	45,6	—	—	1424	1365	47,6	68,4
1047	C	125	5,0	79,7	25	316	42:1	46,1	—	—	1385	—	48,3	—
1048	C	125	7,5	79,7	25	316	42:1	45,1	—	—	1107	1075	50,5	67,7
1040	C	125	10,0	79,7	25	316	42:1	44,9	0,85	2,0	1000	970	52,0	69,2
1073	C	125	10,0	80,4	25	316	42:1	45,2	0,85	2,0	1060		53,0	

* Procedimiento A para extraer la médula: Fibra obtenida al extraer azúcar de la caña fresca, seguida de depuraciones húmeda y seca para extraer la médula.

Procedimiento B para extraer la médula: Fibra obtenida remojando en agua caliente bagazo seco y enfardado; dos pasadas por el purificador rotatorio; depuraciones húmeda y seca para extraer la médula.

Procedimiento C para extraer la médula: Fibra obtenida remojando en agua caliente el bagazo seco y enfardado; dos pasadas por el purificador rotatorio, lavado de depuración a través de una rejilla metálica para extraer la médula.

/Table 3

Cuadro 3

EFECTO DE LA EXTRACCION ACIDA SOBRE EL GRADO DE POLIMERIZACION Y LA BLANCURA DE LA PASTA

En todos los casos, se trata de pasta macerada en HCl diluído a un pH de 1,0. Se necesitaron 20,0 cc. de HCl concentrado por cada 100 gramos de pasta completamente seca (peso seco al horno). Consistencia de la maceración = 2,0por ciento (peso seco al horno). Temperatura de maceración 65°C.

Pasta No. 1049

Duración de la maceración (minutos)	Después de la maceración		Después del tratamiento con ClO_2 1/	
	Grado de polimerización (No.)	Grado de blancura (G.E.)	Grado de polimerización (No.)	Grado de blancura (G.E.)
0	1015	53,0	970	69,2
30	1010	55,4	995	76,3
60	1010	57,1	1000	77,0
90	1012	57,4	990	77,8

1/ El tratamiento con ClO_2 consistió en agregar 50 por ciento de $NaClO_2$ tomando como base pasta seca) hasta una consistencia de 4,0 por ciento. Se acidificó la mezcla hasta un pH 4 con ácido acético. La mezcla se mantuvo durante 30 minutos a 165°F antes de lavar la pasta.

/Cuadro 4

Cuadro 4

BLANQUEO DE LA PASTA DE BAGAZO

Pasta No.	1073	1073 (lavado ácido)
Grado de blancura (G.E.) inicial	53,0	61,4
Grado inicial de polimerización	1060	
Primera etapa		
Consumo estimado de Cl_2 (porciento de la pasta)	2,50	2,40
Cantidad de cloro empleada (porciento de la pasta)	1,54	1,30
Cloro consumido (porciento de la pasta)	0,935	0,825
Consistencia (porciento de pasta secada al horno)	3,50	3,75
Duración (Minutos)	60	60
Temperatura (°F)	85	85
Segunda etapa		
Cantidad de cloro empleada (porciento de la pasta)	0,281	0,700
Cloro consumido (porciento de la pasta)	0,212	0,218
Cantidad de CaO empleada (se aplicó 104 porciento de Cl_2) 1/	0,292	0,730
Consistencia (porciento de pasta secada al horno)	3,0	3,0
Duración (Minutos)	60	60
Temperatura final (°F)	91	85
pH final	10,85	11.00
Tercera etapa		
Cantidad de cloro empleada (por ciento de la pasta)	0,190	0,300
Cloro consumido (por ciento de la pasta)	0,185	0,231
Cantidad de NaHO empleada (por ciento de la pasta)	0,185	0,168
Consistencia (porciento de pasta secada al horno)	14,0	12,0
Duración (Minutos)	120	120
Temperatura final (°F)	95	98
pH al final	9,03	9,08
Grado de blancura (G.E.)	65,4	82,8

/Cuarta etapa

Cuadro 4

BLANQUEO DE LA PASTA DE BAGAZO (Cont.)

Cuarta etapa		
Cantidad de NaOH empleada (porciento de la pasta)	2,0	2,0
Consistencia (porciento de la pasta secada al horno)	13,0	12,0
Temperatura final (°F)	163	120
Duración (Minutos)	60	60
Quinta etapa		
Cantidad de cloro empleada (porciento sobre la pasta)	0,190	0,100
Cloro consumido (porciento sobre la pasta)	0,168	0,084
Cantidad de NaOH empleada (porciento sobre la pasta)	0,168	0,800
Consistencia (porciento de pasta secada al horno)	14,0	12,0
Duración (Minutos)	105	105
Temperatura final (°F)	95	95
pH final	9,03	11,60
Grado de blancura (G.E.)	66,5	84,0
Lavado con SO_2		
Consistencia (porciento de pasta secada al horno)	3,0	3,0
Duración (Minutos)	30	30
Temperatura (°F)	85	85
pH	5,75	4,00
Grado de blancura (G.E.)	68,1	84,0
Cloro total consumido (porciento de la pasta)	1,50	1,36
Grado de polimerización de la pasta blanqueada	880	
Contenido de ceniza de la pasta	0,14	0,14

1/ El CaO se agregó a los tres minutos después de haber mezclado el Cl_2 con la pasta, en la segunda etapa.

/Cuadro 5

Cuadro 5

ELABORACION DE PASTAS DE BAGAZO PARA LA FABRICACION DE PAPEL

Cocción No.	Procedimiento para extraer la médula	Presión del vapor libras/pulgada^2	Duración de la cocción (minutos)	Lejía de cocción: Concentración gm de Na_2O por litro	Lejía de cocción: Tenor en sulfuro (por ciento)	Lejía de cocción: Porcentaje sustancias químicas sobre bagazo seco	Lejía de cocción: Proporción de lejía	Rendimiento por ciento del material original: Total	Rendimiento por ciento del material original: Depurado	Lignina en la pasta por ciento	Pentosano en la pasta por ciento
821	ninguno	80	10	35,0	25	18,5	5,4:1	48,4	43,0	—	—
822	ninguno	80	15	35,0	25	18,5	5,4:1	48,7	45,8	2,6	26,3
823	ninguno	80	20	35,0	25	18,5	5,4:1	47,6	46,0	2,0	28,0
850	B	80	12	19,9	25	17,8	9,2:1	62,8	62,5	1,7	23,4
851	B	80	15	19,9	25	17,8	9,2:1	60,8	60,7	1,8	23,8
863	B	80	15	19,9	25	18,5	9,0:1	60,4	60,2	2,1	24,0
864	B	80	15	19,9	25	16,7	8,6:1	63,0	62,7	—	—
865	B	80	15	19,9	25	15,4	8,0:1	63,6	63,1	—	—

/Cuadro 6

Cuadro 6

RESISTENCIA DE LA PASTA DE BAGAZO

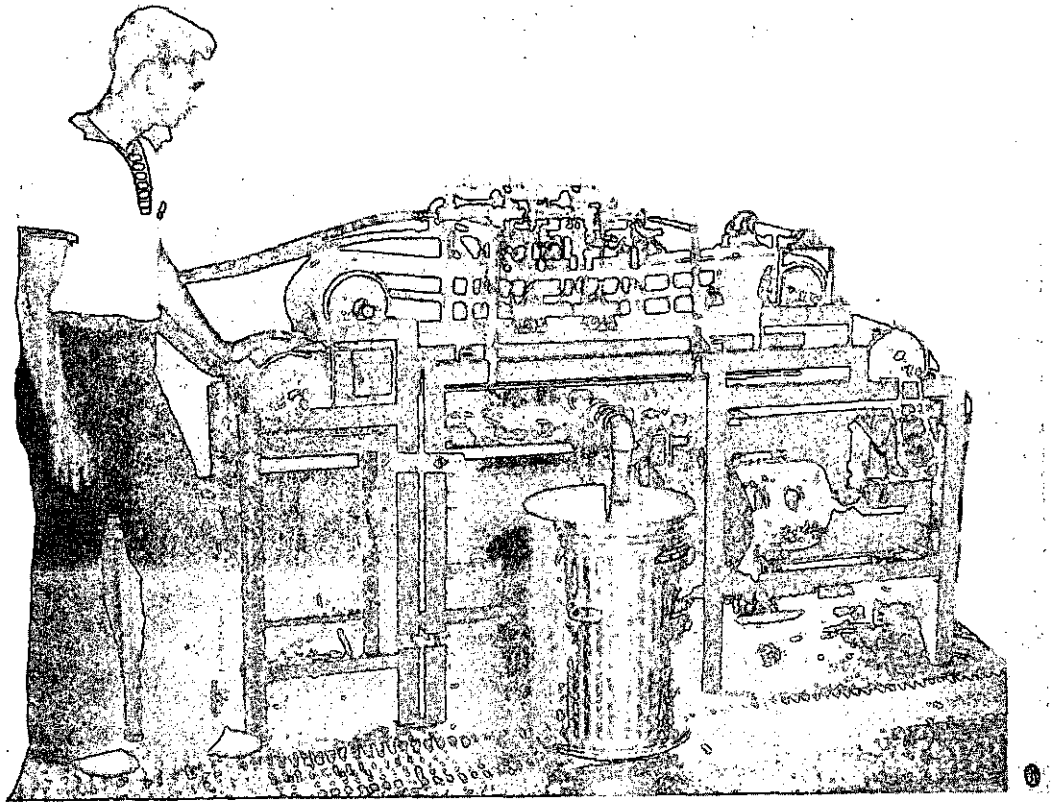
(Unidades canadienses)

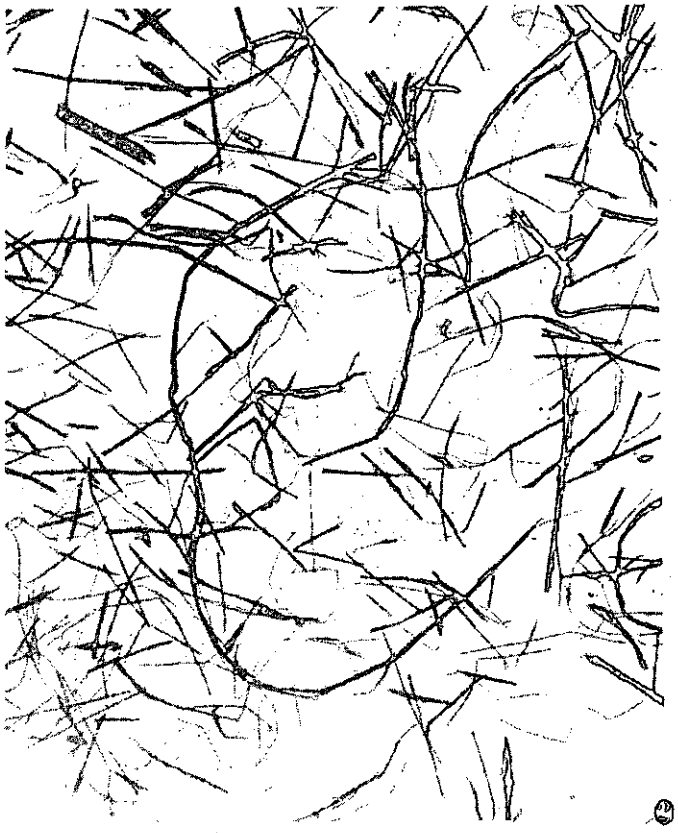
Cocción N°	Duración de la refinación (Minutos)	Grado de Engorde (C.S.)	Longitud de rotura (Metros) 1/	Coeficiente de reventamiento 1/	Coeficiente de desgarramiento 1/	Doble plegado	Densidad g por cc
850	0	604	9700	63,2	75,1	724	56,6
	7	476	11030	73,4	70,2	874	
	15	286	11680	77,1	68,2	1134	
	25	159	12171	79,0	60,5	1341	
	40	75	12080	77,2	55,8	1621	57,4
851	0	574	9240	64,7	74,3	712	57,5
	7	488	11840	70,9	61,8	828	
	20	290	11890	80,2	59,6	1080	
	30	183	12290	79,4	60,0	1348	
	40	106	11840	80,4	57,1	1565	58,5
864	0	603	9470	55,0	78,4	793	59,5
	7	534	10070	61,3	76,2	947	
	15	436	10920	67,6	65,0	1069	
	25	329	11560	70,4	65,6	1073	
	50	119	11510	75,8	48,3	1514	60,7
865	0	622	9310	56,4	85,0	768	57,0
	7	550	10570	62,8	77,3	850	
	15	453	11000	68,2	73,8	696	
	35	216	11450	75,3	62,6	997	
	50	112	11940	75,2	56,4	1322	58,7

1/ Unidades de resistencia física expresadas de acuerdo con la Norma TAPPI N° T-220

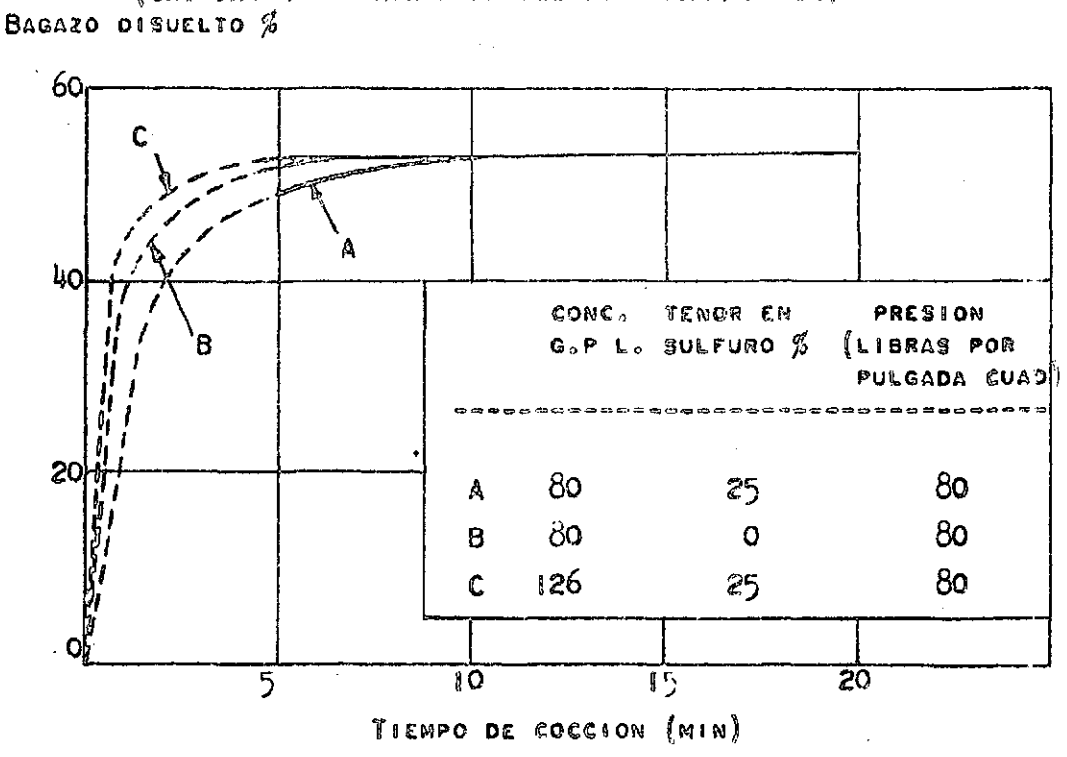
LEYENDA DE LAS FIGURAS

Figura 1	Depurador de correa para médula
Figura 2	Fibra del depurador
Figura 3	Médula del depurador





CURVAS DE COCCION PARA BAGAZO DESMEDULADO
(CALIDAD APROPIADA PARA CELULOSA PARA RAYON)



F I G U R A 5

GRADO DE POLIMERIZACION DE LAS PASTAS DE BAGAZO

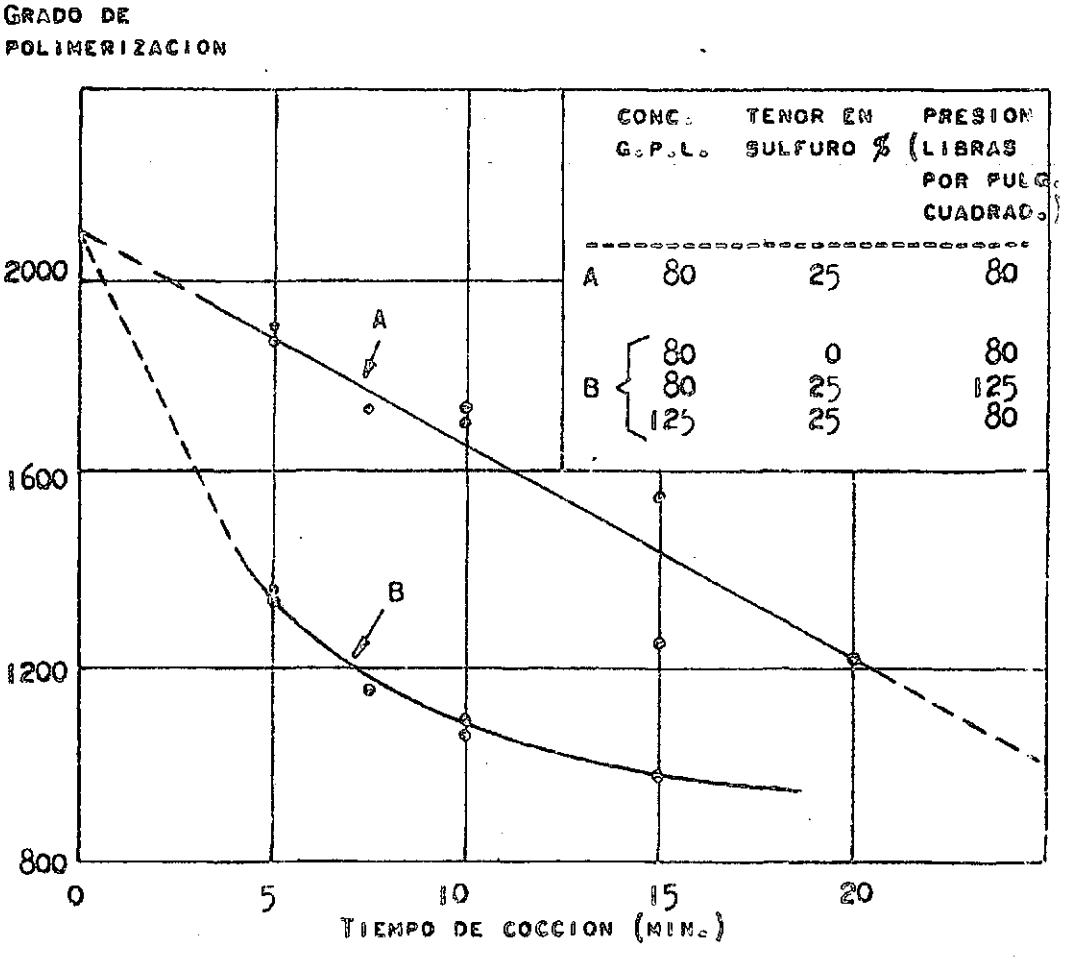


FIGURA 6

RESISTENCIA MECANICA DE LAS PASTAS DE BAGAZO