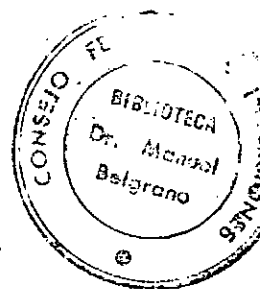


Q/A 1225  
C 15 e  
IV

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

35050



PROPIEDADES PAPELERAS

DE LOS RECURSOS FIBROSOS

PROVINCIA DEL NEUQUEN

INFORME FINAL

PRODUCIDO POR:

CICELPA -Centro de Investigación de Celulosa y Papel  
(del Sistema INTI, Instituto Nacional de Tecnología Industrial)

AUTORES:

Responsable del Estudio:

Ing.Quim.Ricardo Repetti

Personal Participante :

Sr.Edgardo A. Fontana

Sr.Guillermo P.de Rosa

Sr.Daniel O.Gorás

Sr.Carlos A.Rozas

Ing.Ftal.Olga F.Casal

Buenos Aires,Abril de 1999

# CICLPA

## CONTENIDO.

	<u>Pag.</u>
1. INTRODUCCION	3
2. PARTE EXPERIMENTAL	5
2.1. Procedencia de las muestras	5
2.2. Preparación de chips	5
2.3. Elaboración de pastas	6
2.3.1. Pastas kraft	6
2.3.2. Pastas sulfito neutro	7
2.3.3. Pastas soda-sulfito	9
2.3.4. Pastas soda-fría	9
2.3.5. Pastas mecánicas de discos	10
2.4. Refinación y formación de hojas	10
2.5. Ensayos fisico-mecánicos y ópticos	11
2.6. Blanqueo	11
2.7. Métodos de ensayo	12
2.7.1. Ensayo de las maderas	12
2.7.1.1. Densidad básica	12
2.7.1.2. Medición de largo, ancho y espesor de pared de fibra	12
2.7.2. Ensayo de las pastas	13
3. DISCUSION DE RESULTADOS	14
3.1. Propiedades de las maderas	14
3.2. Respuesta a los procesos de pulpado	15
3.2.1. Proceso kraft	15
3.2.2. Proceso sulfito neutro	15
3.2.3. Proceso soda sulfito	16
3.2.4. Proceso soda fría	17

# CICELPA

3.2.5. Proceso mecánico	17
3.2.6. Respuesta al blanqueo	17
3.3. Propiedades físico-mecánicas de las pastas	19
3.3.1. Propiedades físico-mecánicas de las pastas de álamo	20
3.3.2. Propiedades físico-mecánicas de las pastas de pino	21
4. CONCLUSIONES	23
5. BIBLIOGRAFIA	24
6. FIGURAS Y CUADROS	27

## APENDICE:

- Breve descripción de los procesos empleados en el estudio	64
- Técnica utilizada en las cocciones en fase vapor	66
- Microfotografías de fibras y vasos de las especies estudiadas	69

## 1. INTRODUCCION

En el presente estudio se analizan las propiedades pape-  
leras de seis muestras de madera de álamo y dos muestras  
de madera de pino procedentes de la provincia de Neuquén.  
La metodología empleada consistió en la medición de al-  
gunas propiedades de las maderas, como ser densidad bá-  
sica, largo, ancho y espesor de pared de fibra, y en la  
elaboración de pastas celulósicas por diferentes proce-  
sos. A las pastas obtenidas se les midió su resistencia  
y su respuesta al blanqueo con peróxido de hidrógeno.  
Las muestras, seleccionadas por la Dirección General de  
Bosques y Parques Provinciales de la Provincia de Neu-  
quén, comprenden a las siguientes especies:

- Alamo criollo (Populus nigra c.v. italica)
- Alamo boleana (Populus alba forma pyramidalis)
- Alamo 214 (Populus x euroamericana c.v. I 214)
- Alamo Contí 12
- Pino murrayana (Pinus contorta var. latifolia)
- Pino ponderosa (Pinus ponderosa)

Del álamo criollo se estudiaron dos muestras de diferen-  
te procedencia. Una de ellas procedía del valle del río  
Neuquén y la otra de la zona de cordillera.

Además de las muestras mencionadas se estudió una mues-  
tra de residuo de aserradero compuesto por costaneros  
de álamos varios con un alto porcentaje de corteza.

El aserradero donde se tomó esta muestra elabora madera  
para cajonería, de tal manera que realiza un máximo

aprovechamiento mediante el corte de tablillas de reducidas dimensiones.

La elaboración de pastas celulósicas a partir de las ocho muestras, se llevó a cabo mediante los siguientes procesos:

- Químico kraft
- Semiquímico sulfito neutro
- Químico mecánico soda sulfito
- Químico mecánico soda fría
- Mecánico de discos

Mediante estos procesos se obtuvieron pastas celulósicas con una amplia gama de propiedades. Al final del estudio se consigna la bibliografía consultada para fijar las condiciones de proceso.

En el Apéndice se incluye una breve descripción de los procesos empleados y en la parte experimental del trabajo se detallan las condiciones de proceso y las técnicas empleadas.

## 2. PARTE EXPERIMENTAL

### 2.1. Procedencia de las muestras

- Alamo criollo del Valle, álamo Conti 12, álamo boleana y residuos de aserradero: muestras tomadas en el aserradero de la firma Lozano Hnos., ubicado en la localidad de Centenario.
- Alamo criollo de la Cordillera: muestra tomada en el aserradero de Hugo Bruses e hijos, ubicado en la localidad de Zapala.
- Alamo 214: muestra remitida por la Dirección General de Bosques y Parques Provinciales.
- Pino ponderosa y pino murrayana: muestras correspondientes a raleos efectuados por CORFONE, remitidas por la Dirección General de Bosques y Parques Provinciales.

### 2.2. Preparación de chips

Las muestras recibidas se descortezaron y se cortaron en listones de 4 cm x 4 cm de lado para alimentar la chipera de laboratorio cuya boca tiene 8 cm de diámetro. Antes de preparar los chips, se rehumectó la madera sumergiendo los listones en agua durante 72 hs.

Las características de la chipera utilizada son las siguientes:

Marca: OY. SANTASALO-SOHLBERG AB.

Diámetro del volante: 35 cm

Cantidad de cuchillas: 3

Potencia del motor: 4 kW

Los chips obtenidos se clasificaron en una zaranda vibratoria, separando para los ensayos la fracción que pasó la criba de agujeros redondos de 22 mm de diámetro y quedó retenida en la de 13 mm.

## 2.3. Elaboración de pastas

### 2.3. . Pastas kraft

Se utilizó un digestor M/K de 6,5 l de capacidad dotado con recirculación de licor y calefaccionado electricamente.

Las condiciones de proceso empleadas para los álamos fueron las siguientes:

Cantidad de madera: 400 g secos

Alcali activo: 16% ( $\text{Na}_2\text{O}$ ), base madera seca.

Sulfidez: 22%

Temperatura de cocción: 170°C

Tiempo a 170°C: 90 minutos

Tiempo para llegar a 170°C: 35 minutos

Relación madera/licor: 1/5

Una vez finalizada la cocción se desfibraron los chips en un desfibrador Weverk. Luego se lavó la pasta obtenida y se determinó el rendimiento de cocción. También se midió el número de kappa de la pasta y el álcali activo consumido en el proceso.

En la elaboración de pastas kraft de pino se utilizaron condiciones de proceso diferentes a las empleadas para los álamos.

Cantidad de madera: 500 g

Alcali activo: 18% ( $\text{Na}_2\text{O}$ ), base madera seca.

Sulfidez: 25%

Temperatura de cocción:  $170^\circ\text{C}$

Tiempo a  $170^\circ\text{C}$ : 180 minutos

Tiempo para llegar a  $170^\circ\text{C}$ : 90 minutos

Relación madera/licor: 1/5

Las pastas obtenidas se depuraron en un depurador plano equipado con placa ranurada (ancho de ranura: 0,15 mm).

El porcentaje de rechazo en cada pasta fue el siguiente:

Pino murrayana: 1,0%

Pino ponderosa: 3,9%

## 2.3.2. Pastas sulfito neutro

El tratamiento químico se llevó a cabo en dos etapas en el digestor M/K. El proceso implementado comprende una primera etapa de impregnación de los chips con los reactivos químicos y una segunda etapa de cocción en fase vapor. En la etapa de impregnación se utilizó una presión artificial de nitrógeno de  $7 \text{ kg/cm}^2$  para acelerar la penetración del licor en la madera. Ver equipo utilizado en el APENDICE.



Las condiciones de proceso para ambas etapas fueron las siguientes:

- Etapa impregnación:

Cantidad de madera: 400 g secos

Sulfito de sodio: 40% base madera seca

Carbonato de sodio: 10% base madera seca

Temperatura: 80°C

Tiempo a 80°C: 40 minutos

Presión de nitrógeno: 7 kg/cm<sup>2</sup>

Relación madera/licor: 1/5

- Etapa cocción:

Temperatura de cocción: 150°C

Tiempo: 90 minutos

Una vez finalizada la impregnación se descomprimió el digestor y luego se llevó a 150°C en fase líquida. Una vez alcanzada la temperatura se drenó el licor y se inyectó vapor para mantener los 150°C durante 90 minutos. Se calculó el porcentaje de sulfito de sodio absorbido mediante titulación del licor residual de la etapa de impregnación.

Los chips se desfibraron mediante dos pasadas por un refinador a discos Sprout Waldron de 12 pulgadas utilizando el modelo de discos D2A505 en el rotor y el 11989A en el estator. En la primera pasada se utilizó una separación entre discos de 0,64 mm y en la segunda de 0,18 mm. La pasta obtenida se lavó y se determinó su número kappa. También se determinó el rendimiento del proceso.

## 2.3.3. Pastas soda-sulfito

Se siguió el mismo procedimiento que en el proceso sulfito neutro. Las condiciones particulares para este proceso fueron las siguientes:

### - Etapa impregnación:

Cantidad de madera: 400 g secos

Sulfito de sodio: 10% base madera seca

Soda cáustica: 2,5% base madera seca

Temperatura: 110°C

Tiempo a 110°C: 20 minutos

Presión de nitrógeno: 6 kg/cm<sup>2</sup>

Relación madera/licor: 1/5

### - Etapa cocción:

Temperatura: 140°C

Tiempo: 60 minutos

En este proceso también se determinó el consumo de sulfito y el rendimiento de pasta obtenida.

## 2.3.4. Pastas soda fría

La impregnación con soda cáustica se llevó a cabo en el digestor M/K. Las condiciones empleadas fueron las siguientes:

Cantidad de madera: 400 g secos

Soda cáustica: 6% base madera seca

Temperatura: 40°C

Tiempo a 40°C: 60 minutos

Presión de nitrógeno:  $7 \text{ kg/cm}^2$

Relación madera/licor: 1/5

Los chips impregnados se desfibraron en el refinador a discos Sprout Waldron mediante dos pasadas, con separaciones entre discos de 0,64 mm y 0,25 mm respectivamente. Se determinó el rendimiento de pasta y el consumo de soda cáustica.

#### 2.3.5. Pastas mecánicas de discos

Los chips, sin tratamiento químico, se desfibraron en dos etapas en el refinador a discos Sprout Waldron. Se utilizó el modelo de discos D2A505 en el rotor y el 11989A en el estator. La separación entre discos fue de 0,64 mm en la primera etapa y de 0,18 mm en la segunda.

En este proceso también se determinó el rendimiento de pasta obtenida.

#### 2.4. Refinación y formación de hojas

De cada una de las pastas obtenidas se confeccionó una curva de refinación en un molino PFI. En cada punto de la curva se determinó el grado de refinación, medido como Schopper Riegler, y se formaron hojas de 60 y  $150 \text{ g/m}^2$ , para realizar los ensayos físico-mecánicos.

## 2.5. Ensayos físico-mecánicos y ópticos.

Sobre las hojas de  $60 \text{ g/m}^2$  se efectuaron las siguientes determinaciones, para todos los procesos:

- Densidad de pasta
- Índice de tracción
- Índice de reventamiento
- Índice de rasgado

Las hojas de  $150 \text{ g/m}^2$  se utilizaron para determinar la resistencia a la compresión en anillo y a la compresión de onda, excepto en las pastas mecánicas.

A todas las pastas se le midió su blancura.

## 2.6. Blanqueo

Las pastas obtenidas mediante los cinco procesos se blanquearon con agua oxigenada utilizando las siguientes condiciones:

Cantidad de pasta: 50 g secos

$\text{H}_2\text{O}_2$ : 2% base pasta seca

$\text{NaOH}$ : 2% base pasta seca

$\text{SiO}_3\text{Na}_2$ : 4% base pasta seca

$\text{SO}_4\text{Mg} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ : 0,05% base pasta seca

Temperatura:  $60^\circ\text{C}$

Tiempo: 120 minutos

Consistencia: 10%

Los blanqueos se llevaron a cabo en bolsas de polietileno sumergidas en un baño termostático. Una vez finalizado el tiempo de tratamiento se llevó la consistencia al 1% y se acidificó con  $\text{SO}_4\text{H}_2$  hasta pH 4,5. Se lavó la pasta con agua desmineralizada

y se formaron hojas para medir blancura.

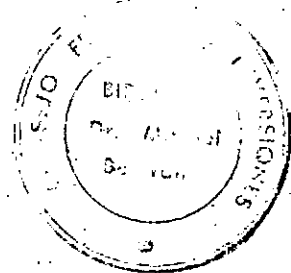
## 2.7. Métodos de ensayo

### 2.7.1. Ensayo de las maderas

2.7.1.1. Densidad básica: Se dejaron chips sumergidos en agua dentro de un desecador por un período de 36 horas. En reiteradas veces se efectuó vacío para asegurar la eliminación total del aire retenido en la madera.

Los chips saturados en agua se secaron superficialmente y luego se volvieron a sumergir en agua para medir la fuerza de empuje de los chips sumergidos (igual a su volumen). Posteriormente se secaron en estufa a 105°C hasta peso constante y se calculó la relación PESO SECO/VOLUMEN.

2.7.1.2. Medición de largo, ancho y espesor de pared de fibra: el material desintegrado se obtuvo calentando chips a reflujo durante 24 horas en una mezcla de partes iguales de ácido acético y agua oxigenada. Luego se lavaron en un crisol de placa filtrante N° 2 y se desintegraron en un desintegrador TAPPI standard.



Con las fibras liberadas se prepararon portaobjetos y se efectuaron las mediciones en un microscopio óptico. En el mismo equipo se tomaron microfotografías.

#### 2.7.2. Ensayo de las pastas

Los ensayos de las pastas se efectuaron de acuerdo a los siguientes métodos:

Número kappa	TAPPI 236-cm-85
Blancura en pulpa	SCAN C 11:75
Refinación en PFI	TAPPI 248-cm-85
Formación de hojas de laboratorio	TAPPI 205-om-81
Schopper Riegler	SCAN M 3:65
Densidad de pasta	TAPPI 220-om-83
Indice de tracción	TAPPI 220-om-83
Indice de reventamiento	TAPPI 220-om-83
Indice de rasgado	TAPPI 220-om-83
Resistencia a la compresión en anillo	SCAN P: 34-71
Resistencia a la compresión de onda	TAPPI 808-om-86

## 3. DISCUSION DE RESULTADOS

### 3.1. Propiedades de las maderas

En el Cuadro N° 1 se informan los resultados de densidad básica y dimensiones de las fibras. El álamo boleana se destaca por su buena densidad. Todas las demás muestras de álamo presentaron valores normales para el género populus.

Con respecto a los pinos, ambas especies presentaron baja densidad.

En cuanto a las dimensiones de las fibras, se observa que todas las muestras de álamo presentan valores de ancho de fibra semejantes. También se observa que las especies de mayor densidad son las especies que tienen paredes más gruesas.

El álamo boleana se destaca por su largo de fibra, cualidad muy apreciada por la industria papelera. En comparación con otras coníferas, tanto el pino ponderosa como el pino murrayana presentaron valores de largo de fibra muy bajos, si bien existe gran dispersión en los valores como lo indica la desviación standard.

En el Apendice del trabajo se incluyen microfotografías de las fibras y elementos vasales de todas las muestras que comprenden el estudio.

## 3.2. Respuesta a los procesos de pulpado

### 3.2.1. Proceso kraft

Mediante este proceso todas las muestras de álamo dieron pastas con un alto grado de deslignificación, es decir con número de kappa muy bajos. No obstante eso se obtuvieron buenos rendimientos.

Los resultados se pueden observar en el Cuadro N° 2. Se destaca el álamo boleana por su excelente rendimiento de pasta. El bajo rendimiento del álamo criollo de la cordillera se relaciona con el bajo número de kappa de la pasta obtenida.

Para los pinos se utilizaron condiciones de cocción más enérgicas. No obstante eso las pastas obtenidas resultaron con un número de kappa muy alto, particularmente la de pino ponderosa. Los rendimientos, para esos niveles de número de kappa, son excesivamente bajos.

### 3.2.2. Proceso sulfito neutro

Todas las muestras de álamo se comportaron muy satisfactoriamente frente a este proceso. Los resultados obtenidos se informan en el Cuadro N° 3.

Si bien no fue posible determinar el número de kappa y efectuar el blanqueo con peróxido



de las pastas al sulfito neutro de álamo 214 y álamo boleana por contarse con escasa cantidad de muestra, se estima que estos resultados no pueden diferir mucho del resto de los álamos.

Donde si se observan diferencias importantes es en el caso de los pinos. El pino murrayana dió menor rendimiento de pasta.

Para la obtención de pastas al sulfito neutro de pino más deslignificadas y de mayor resistencia, deberían haberse utilizado condiciones más enérgicas, tanto en la etapa de impregnación como en la de cocción.

### 3.2.3. Proceso soda sulfito

Las seis muestras de álamo en las que se comportaron de forma muy similar frente a este proceso.

De igual manera que el proceso al sulfito neutro, las dos especies de pino dieron mayor rendimiento y consumieron menos sulfito que los álamos. Los resultados se resumen en el Cuadro N° 4.

De acuerdo a los rendimientos obtenidos, a las pastas soda sulfito de pino se las debe ubicar dentro del rango de pastas químico-mecánicas, mientras que a las de álamo se las puede considerar semiquímicas.

## 3.2.4. Proceso soda fría

En este proceso las especies de pino se comportaron de igual forma que las de álamo, en cuanto a rendimiento de pasta y consumo de soda cáustica. Los resultados se informan en el Cuadro N° 5.

## 3.2.5. Proceso mecánico

Según se puede observar en el Cuadro N° 6 todas las especies estudiadas dieron rendimientos superiores al 95%.

Tanto en el caso de los álamos como de los pinos, es posible obtener pasta mecánica sin el agregado de productos químicos, pues se trata de maderas de baja densidad. Sin embargo, las pastas obtenidas son muy pobres en resistencia, como se puede observar en el Cuadro N° 7. Solamente el álamo boleana dió una pasta mecánica de calidad aceptable.

Las pastas mecánicas de las demás especies, incluidos los pinos, tendrían una aplicación muy limitada en la fabricación de papel.

## 3.2.6. Respuesta al blanqueo

En los Cuadros N° 2 al 6 se informan las blancuras de las pastas sin blanquear y los valores obtenidos después del blanqueo con 2% de peróxido.

Sobre estos resultados se pueden hacer las siguientes consideraciones:

- 1) No es común el blanqueo con peróxido de pastas kraft. Sin embargo, debido al alto grado de deslignificación logrado con las pastas de álamo, se intentó el blanqueo de las mismas. El resultado fue satisfactorio puesto que en varias muestras se superó el 55% de blancura. En la muestra de residuo de aserradero el grado de blancura alcanzó al 57,1%.

Es muy probable que, optimizando el porcentaje de peróxido y agregando una segunda etapa de blanqueo, se puedan obtener blancuras del nivel de las pastas semiblanqueadas, con la ventaja de no utilizar cloro ni compuestos clorados.

- 2) La blancura de la pasta mecánica se puede considerar equivalente a la blancura de la madera. En el Cuadro N° 6 se observa que los álamos y los pinos se encuentran en el mismo nivel de blancura. No obstante eso, los álamos respondieron más satisfactoriamente al blanqueo.

- 3) Las pastas más blancas de álamo se obtuvieron con el proceso al sulfito neutro. Sin embargo, en promedio, las pastas a la soda fría respondieron mejor al blanqueo que las pastas soda sulfito y éstas, a su vez, mejor que las pastas al sulfito neutro.

- 4) Con respecto a los pinos ponderosa y murrayana, las mejores blancuras se obtuvieron con los procesos mecánico y soda fría. En general la respuesta al blanqueo de las pastas de pino fue muy pobre y, en todos los casos, las pastas de pino murrayana resultaron más blancas que las de pino ponderosa.
- 5) Merecen destacarse los buenos valores de blancura logrados con la muestra de residuos de aserradero. Ello se debe a que esta muestra estaba compuesta por costaneros de álamos varios descortezados y, por lo tanto, compuesta por 100% de albura.
- 6) Todo el estudio se realizó con madera estacionada y rehumectada antes de reducirla a chips. De haberse trabajado con madera verde, seguramente se hubiesen logrado mejores valores de blancura.

### 3.3. Propiedades físico-mecánicas de las pastas.

En los Cuadros N° 8 al 23 se informan las curvas de refinación de todas las pastas que comprenden el estudio. Para una mejor visualización de los resultados se graficaron los valores de resistencia a la tracción, al rasgado y al reventamiento en función del grado de refinación (Figuras N° 1 a la 24).

### 3.3.1. Propiedades físico-mecánicas de las pastas de álamo.

La seis muestras de álamo que comprenden el estudio respondieron satisfactoriamente a los procesos ensayados. Las resistencias a la tracción, al rasgado y al reventamiento aumentan a medida que disminuye el rendimiento del proceso, a la vez que varían significativamente dentro del mismo proceso según la especie.

Haciendo un análisis de las curvas de las Figuras N° 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21 y 23, es posible determinar cuales son las muestras que se destacan por sus propiedades de resistencia.

#### Proceso kraft:

Resistencia a la tracción y al reventamiento: álamo 214, y álamo boleana.

Resistencia al rasgado: álamo boleana, residuos de aserradero y álamo 214.

#### Proceso sulfito neutro:

Resistencia a la tracción y al reventamiento: álamo criollo de la cordillera, álamo boleana y residuos de aserradero.

Resistencia al rasgado: álamo boleana y álamo 214.

## Proceso soda sulfito:

Resistencia a la tracción y al reventamiento: álamo criollo de la cordillera, álamo boleana y residuos de aserradero.

Resistencia al rasgado: álamo boleana y álamo 214.

## Proceso soda fría:

Resistencia a la tracción y al reventamiento: álamo boleana, residuos de aserradero, álamo criollo de la cordillera y álamo 214.

Resistencia al rasgado: álamo boleana, álamo criollo de la cordillera y residuos de aserradero.

Excepto las pastas a la soda fría, todas las demás presentan buenas propiedades para la elaboración de papel onda. Las pastas kraft y sulfito neutro presentan muy buenos valores de compresión en anillo, lo cual alienta su utilización como uno de los principales componentes en papeles liner.

### 3.3.2. Propiedades fisico-mecánicas de las pastas de pino.

Si bien ambas especies fueron procesadas de igual manera, la pasta kraft de pino murrayana resultó más deslignificada. Ello se reflejó en una mayor resistencia a la tracción y al reventamiento (Figuras N° 2 y 4). La resistencia al rasgado es similar

para ambas especies (Figura N° 6). En ambos casos los valores son bajos comparados con los obtenidos con otras coníferas.

En los procesos sulfito neutro y soda sulfito, los valores de resistencia a la tracción, al rasgado y al reventamiento (Figuras N° 8, 10, 12, 14, 16 y 18) son muy inferiores a los obtenidos con álamo. Esto se debe a que las pastas de pino son de mayor rendimiento. Estas pastas, si bien tienen limitaciones de resistencia, podrían utilizarse en papeles donde la resistencia no sea un factor limitante.

Con respecto a las pastas a la soda fría, estas aparecen como más ventajosas que las pastas soda-sulfito, puesto que tienen el mismo nivel de resistencia (Figuras N° 20, 22 y 24), con mayor rendimiento y mejor respuesta al blanqueo con peróxido.

Las pastas kraft y al sulfito neutro dieron buenos valores de compresión de onda y compresión en anillo, de tal manera que podrían ser utilizadas en la industria del cartón corrugado.

En todos los procesos se obtuvieron pastas de mayor resistencia con el pino murrayana.

## 4. CONCLUSIONES

- 1) El álamo boleana es una excelente madera para la fabricación de pastas celulósicas. Tiene madera blanca, buena densidad y fibras más larga que otros álamos. De todas las especies estudiadas es la que presentó mejores propiedades papeleras. .  
Debería promoverse más su cultivo.
- 2) Los residuos de aserradero de álamo constituyen una buena materia prima para la fabricación de pastas celulósicas. Los costaneros descortezados proporcionan madera blanca de buena calidad para la fabricación de pastas.
- 3) Todos los álamos son aptos para la fabricación de pastas químicas, semiquímicas y quimimecánicas. En el presente estudio se destacaron, además del álamo boleana, el álamo criollo cultivado en la zona de cordillera y el álamo 214.
- 4) Las muestras de los pinos ponderosa y murrayana incluidas en el estudio no presentaron buenas propiedades papeleras. Son muestras extraídas de raleos, de baja densidad y fibras más cortas que otras coníferas.
- 5) Ambas especies son aptas para el pulpado químico, si bien deben esperarse bajos rendimientos y menor resistencia al rasgado que con otras especies de fibra larga.



- 6) Los pinos ponderosa y murrayana son aptos para el pulpado quimimecánico. Un proceso quimitermomecánico podría mejorar la calidad de la pasta obtenida.
- 7) Las pastas quimimecánicas de pino tienen menor respuesta al blanqueo con peróxido que las pastas de álamo. Para ampliar las posibilidades de uso de estas pastas deberían intensificarse los estudios de blanqueo.
- 8) En todo el estudio el pino murrayana presentó mejores propiedades papeleras que el pino ponderosa.

## 5. BIBLIOGRAFIA

- 1) Fiaño, E.N.; Pastas de alto rendimiento de Salicáceas del Delta del Paraná; Publicación CICELPA N° 1, (1974).
- 2) Fiaño, E.N.; Vélez, H. y Garone M.; Pastas kraft a partir de Salicáceas; Pulicación CICELPA N° 19, (1979).
- 3) Fiaño, E.N., Garone, M. y Vélez, H.; Pastas kraft de álamo 214; Publicación CICELPA N° 21, (1976).
- 4) Repetti, R. y Vélez, H.; Incidencia de la corteza en cocciones kraft y características de las pastas soda-oxígeno de Pinus elliottii y Pinus taeda; Publicación CICELPA N° 25, (1977).
- 5) Bertolón de Sucatte, S.; Garone, M. y Merlo J.; Evaluación de cuatro especies de pinos del sur del país para su uso papelerero; Publicación CICELPA N° 29, (1978).

- 6) Repetti, R.; Experiencias en el pulpado de alto rendimiento de maderas de fibra corta; Publicación CICELPA N° 79, (1988).
- 7) Jackson, M.; The manufacture, Physical Properties and End Uses of High Yield Pulps; Paper Technology and Industry 26(6):258(1985).
- 8) Attack D.; Technical development of mechanical and chemimechanical pulping process; Svensk Papperstidning 88(16):27(1985).
- 9) Corson S.R.; Allison, R.W. y Richardson, J.D.; Chemimechanical pulp of mature radiata pine; Pulp and Paper Canada 86(1):64(1985).
- 10) Collicut, S.A.; Frazier, W.C.; Holmes, G.W.; Joyce, P.; Mackie, D.M. y Torza, S.; Developments in refiner mechanical pulping; TAPPI 64(6):57(1981).
- 11) Jackson, M.; Ryberg, G. y Danielsson, O.; Chemical pretreatment of chips in mechanical pulp production; Pulp and Paper 55(10):114(1981).
- 12) Gellerstedt, G.; Hammar, L.; Olsson, A.; Pettersson, I. y Sundin, S.; Brighness and bleachability of chemimechanical pulps from spruce; Svensk Papperstidning 88(6):68(1985).
- 13) Di Filippo, J.; Experiencias en el campo de las pastas de alto rendimiento; ATIPCA 24(1):47(1985).
- 14) Bucci, D.; Chemimechanical pulp from poplar of Norway Alkaline Sulfite Process; The University of Trondheim, The Norwegian Institute of Technology, Laboratory of Pulp and Paper Technology, May, 1980.

- 15) Keszthelyi, S.; Sharman, P. y Williams, S.; Considerations in Mechanical Pulp Bleaching; SPECTRUM, Fall 1985.
- 16) Wegner, T.H.: Strength and optical properties of chemically pretreated aspen chip groundwood; TAPPI 70(5): 119(1987).
- 17) Bohmer, E.; How to make an optimal chemical-mechanical hardwood pulp; Investigación y Técnica del Papel, N°75, Enero 1983.
- 18) Isemberg I.H.; Pulpwoods of the United States and Canada, Volumen I, Conifers, The Institute of Paper Chemistry, 1980.

CICELPA

6. FIGURAS Y CUADROS

FIGURA N° 1  
PASTAS KRAFT DE ALAMO  
RESISTENCIA A LA TRACCION

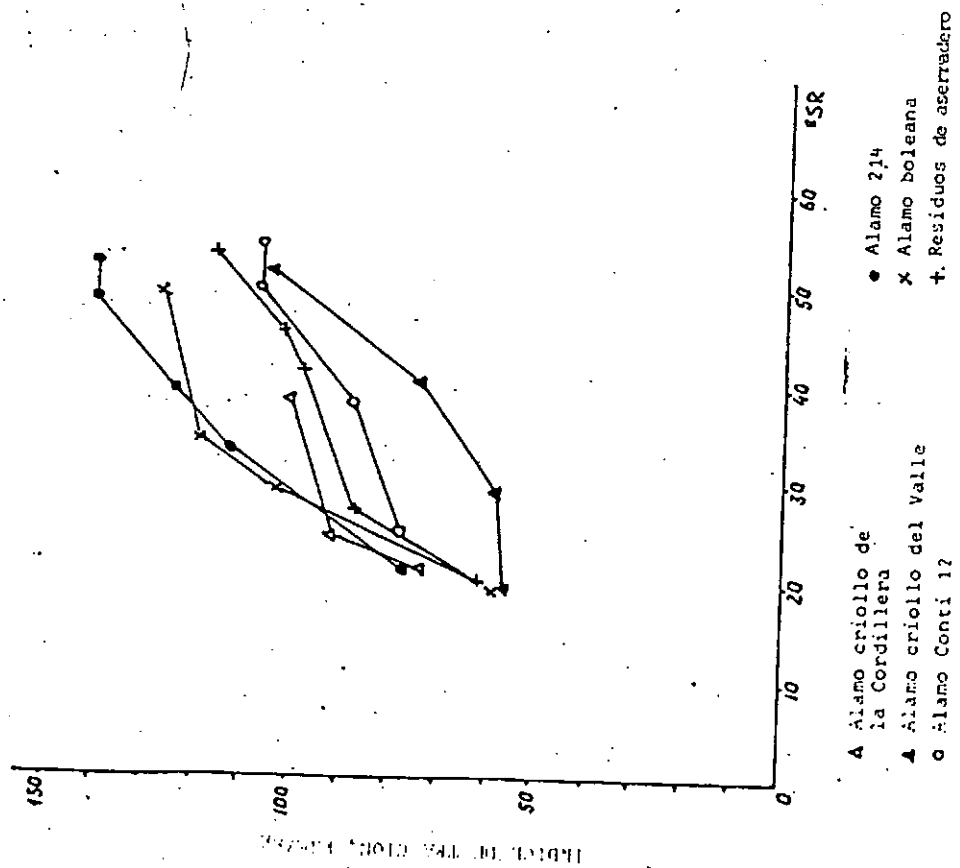


FIGURA N° 2  
PASTAS KRAFT DE PINO  
RESISTENCIA A LA TRACCION

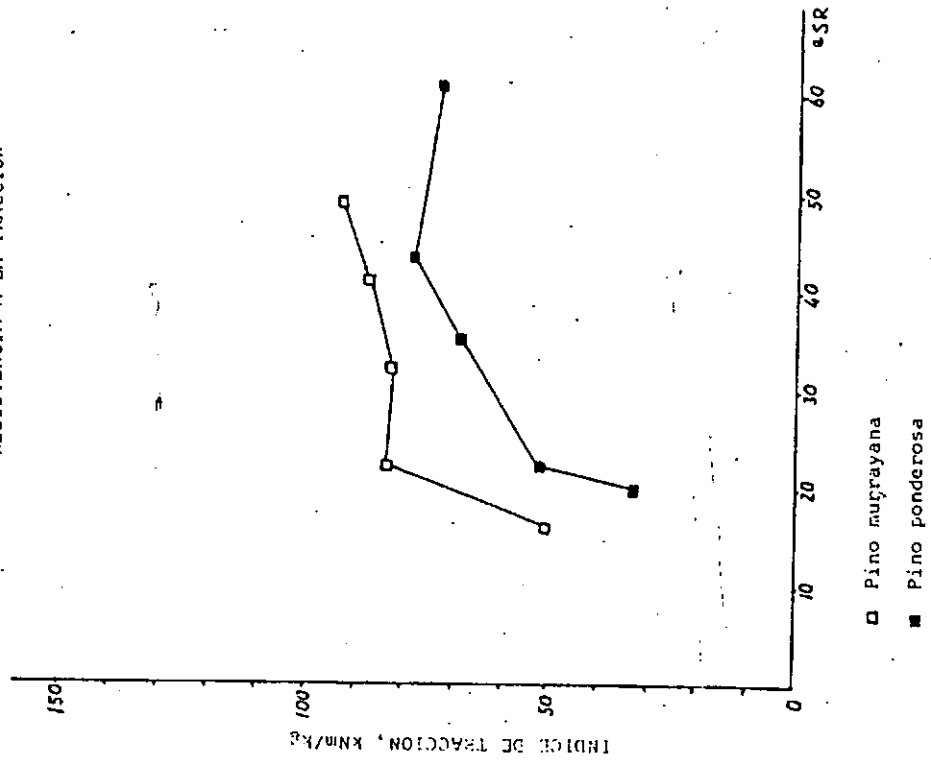


FIGURA N° 4  
PASTAS KRAFT DE PINO  
RESISTENCIA AL REVINTAMIENTO

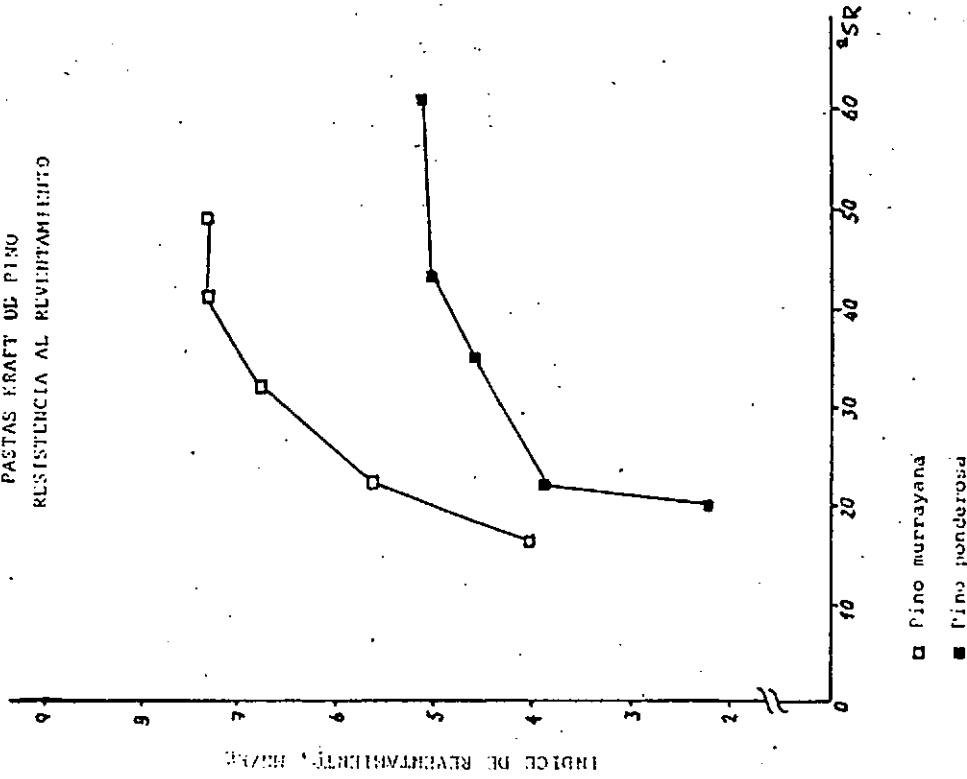


FIGURA N° 3  
PASTAS KRAFT DE ALAMO  
RESISTENCIA AL REVINTAMIENTO

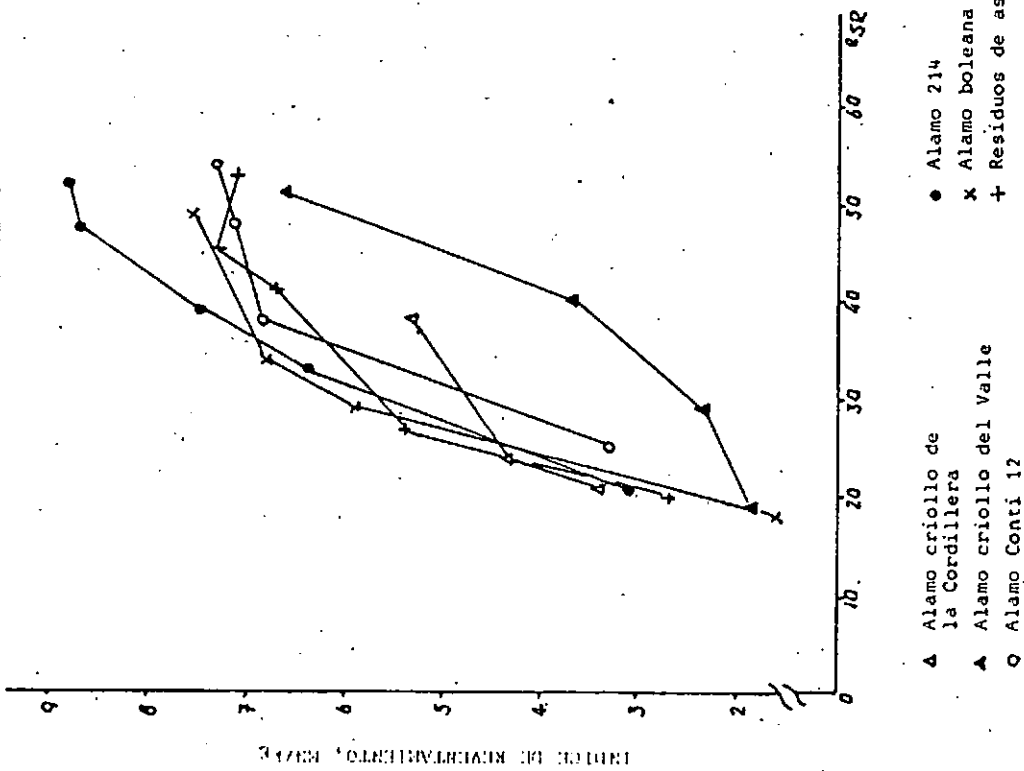


FIGURA N° 5  
PASTAS KRAFT DE ALAMO  
RESISTENCIA AL RASGADO

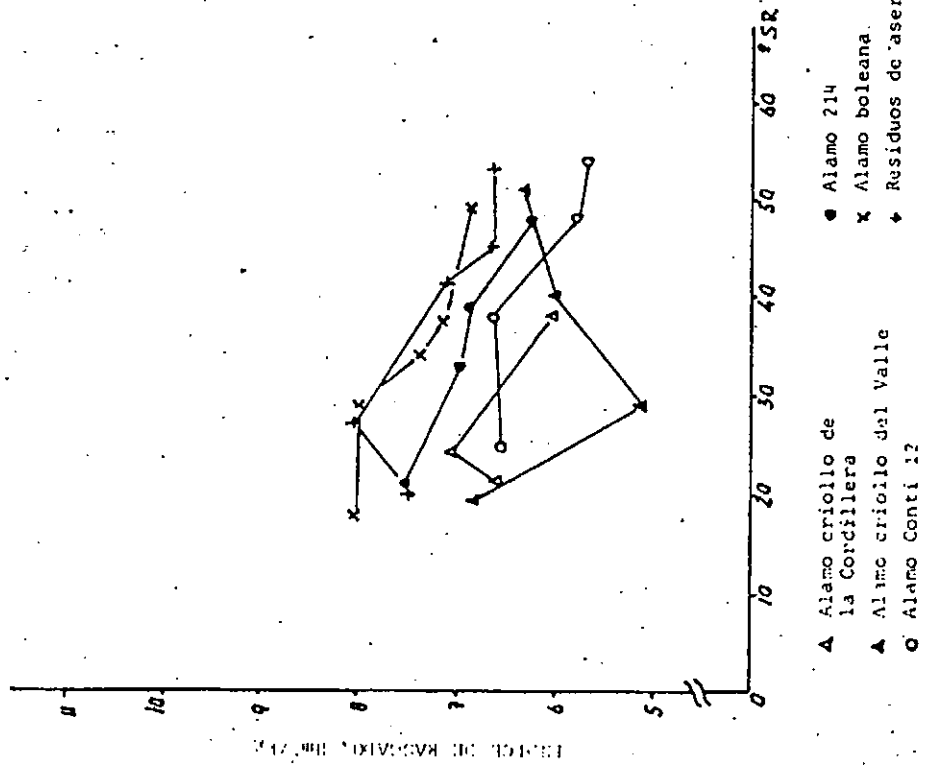


FIGURA N° 6  
PASTAS KRAFT DE PINO  
RESISTENCIA AL RASGADO

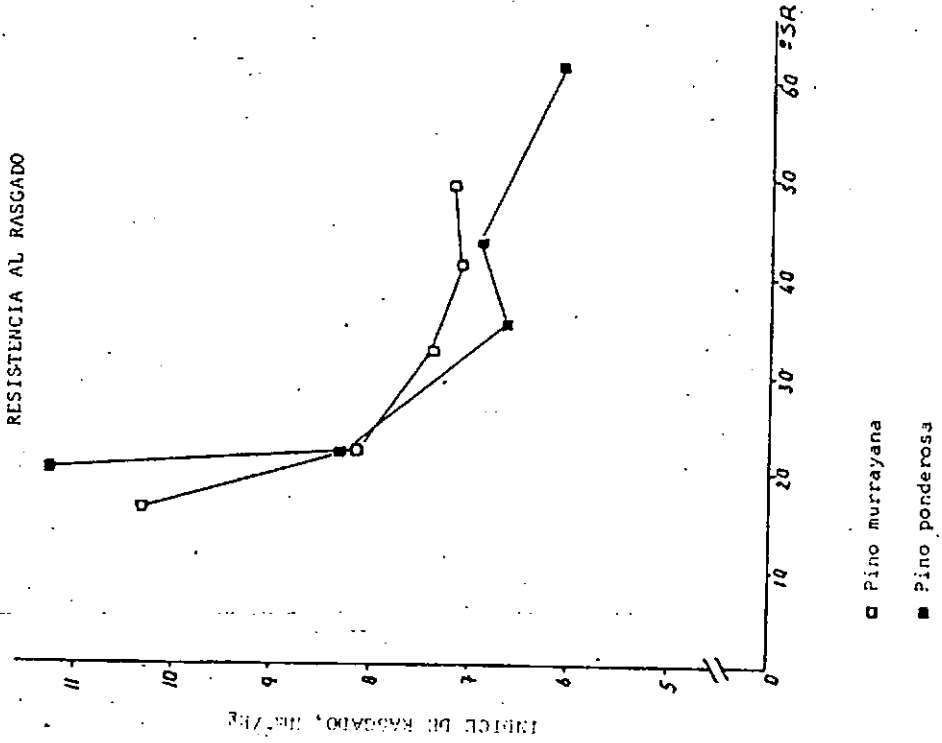


FIGURA N° 7  
PASTAS SULFITO NEUTRO DE ALAMO  
RESISTENCIA A LA TRACCION

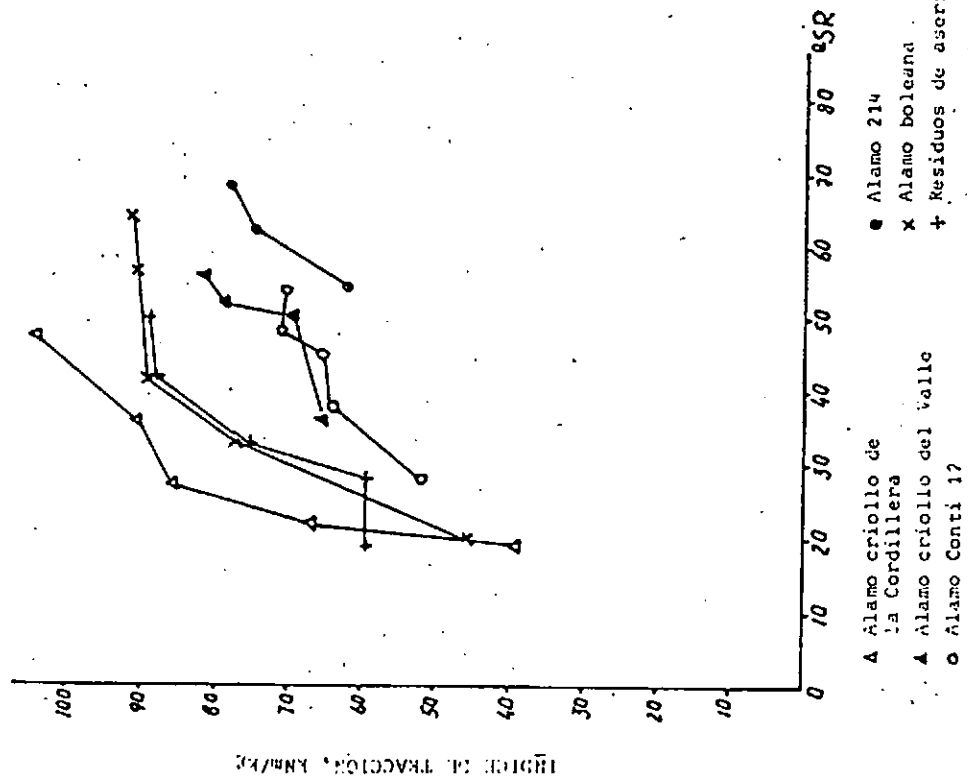


FIGURA N° 8  
PASTAS SULFITO NEUTRO DE PINO  
RESISTENCIA A LA TRACCION

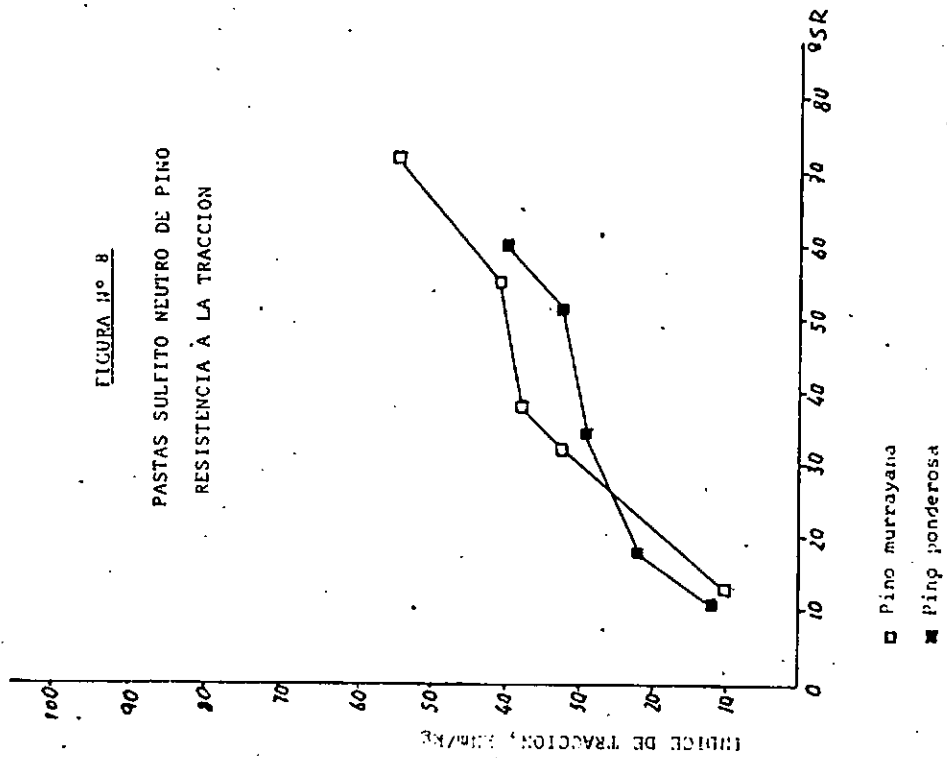




FIGURA N° 9

PASTA SULFITO NEUTRO DE ALAMO  
RESISTENCIA AL REVENTAMIENTO

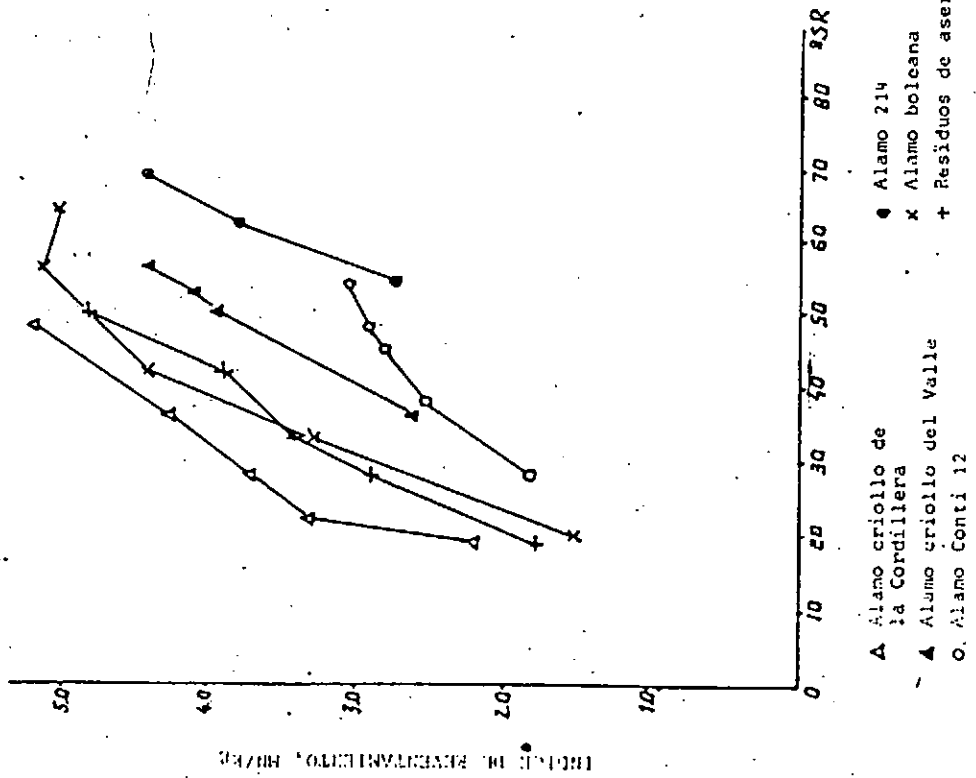


FIGURA N° 10

PASTAS SULFITO NEUTRO DE PINO  
RESISTENCIA AL REVENTAMIENTO

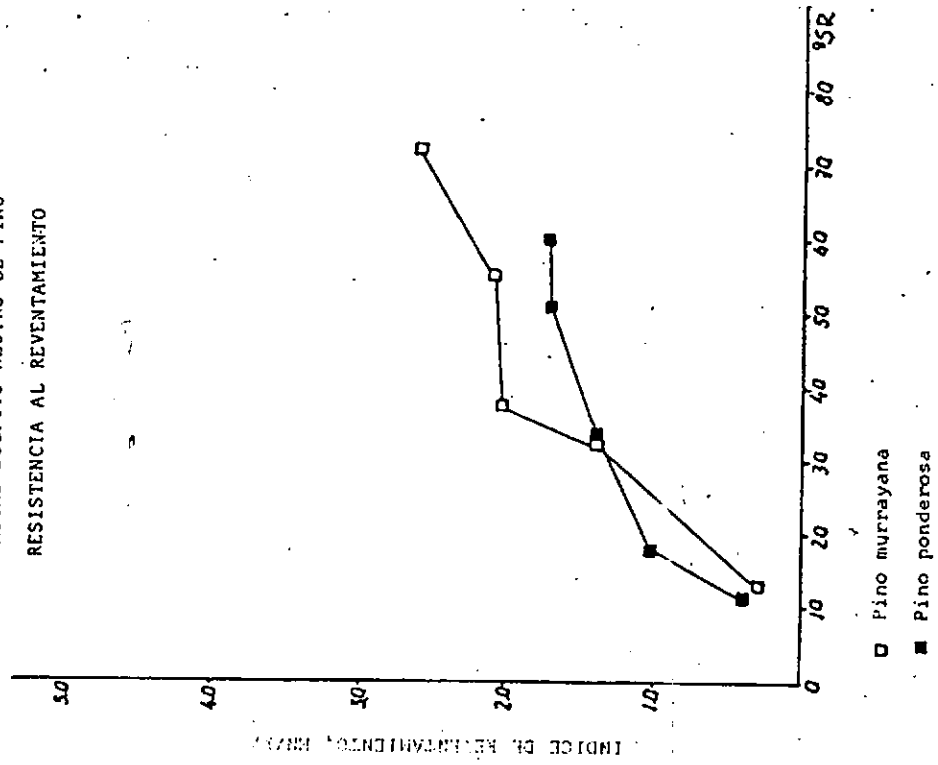


FIGURA N° 11  
PASTAS SULFITO NEUTRO DE ALAMO  
RESISTENCIA AL RASGADO

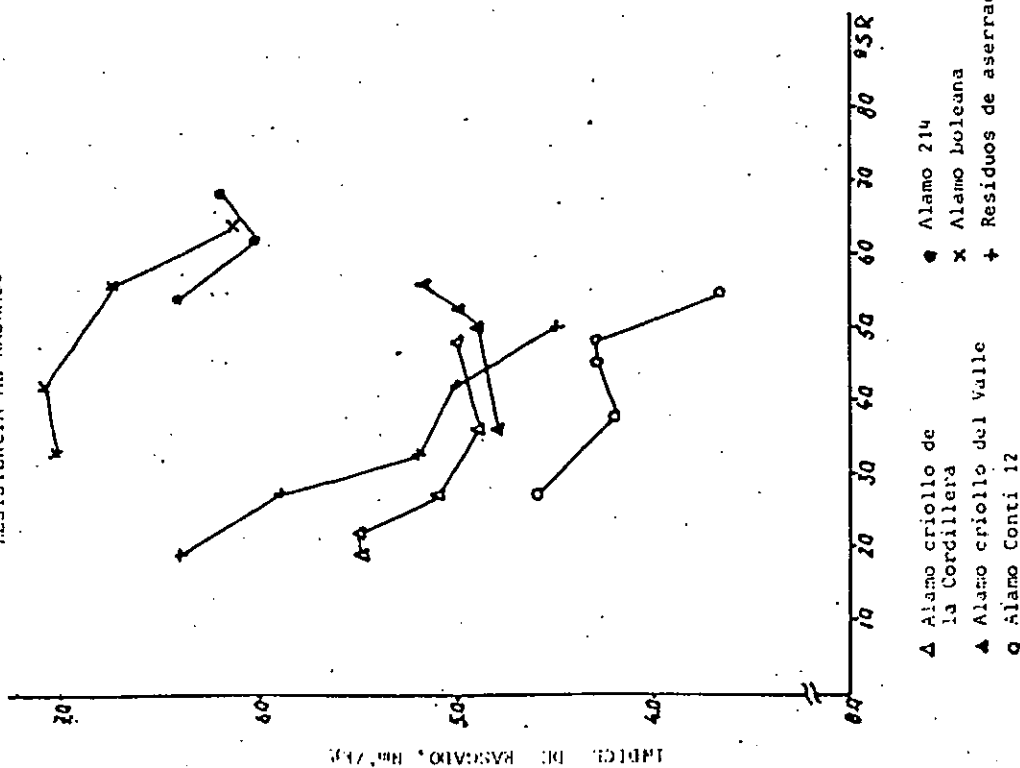


FIGURA N° 12  
PASTAS SULFITO NEUTRO DE PINO  
RESISTENCIA AL RASGADO

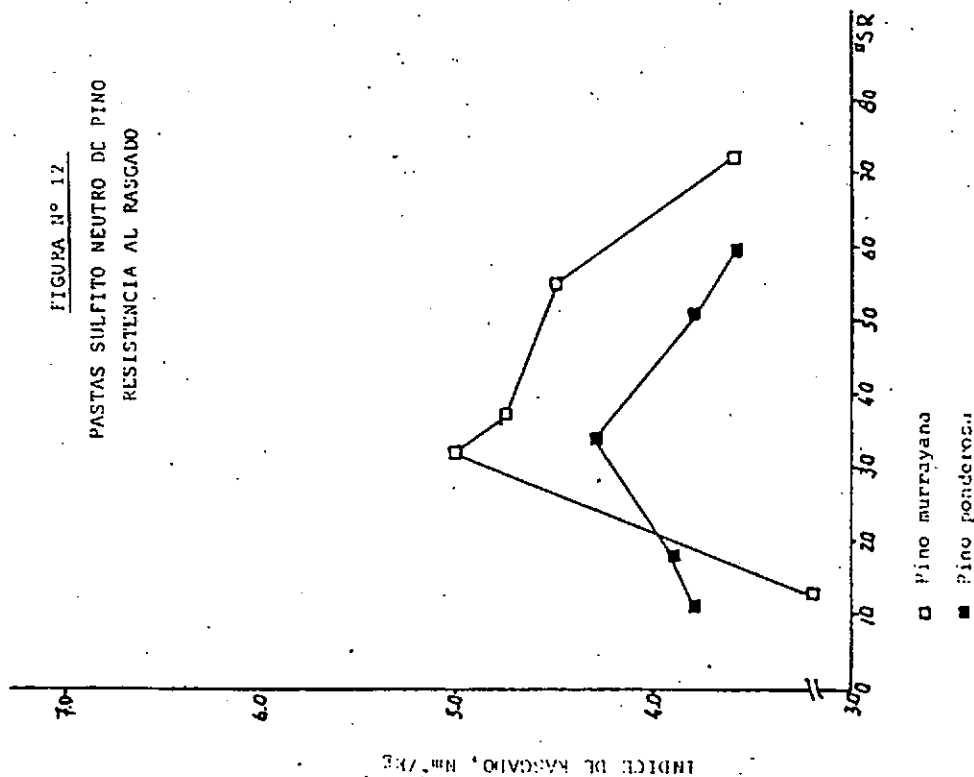


FIGURA N° 14  
PASTAS SODA SULFITO DE PINO  
RESISTENCIA A LA TRACCION

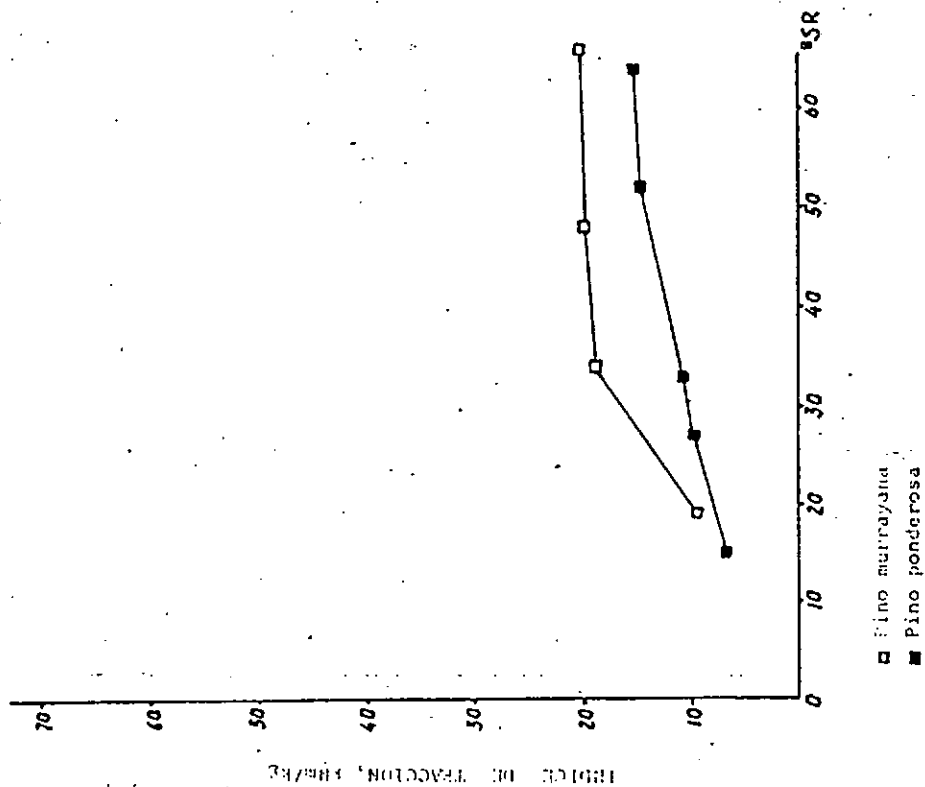


FIGURA N° 13  
PASTAS SODA SULFITO DE ALAMO  
RESISTENCIA A LA TRACCION

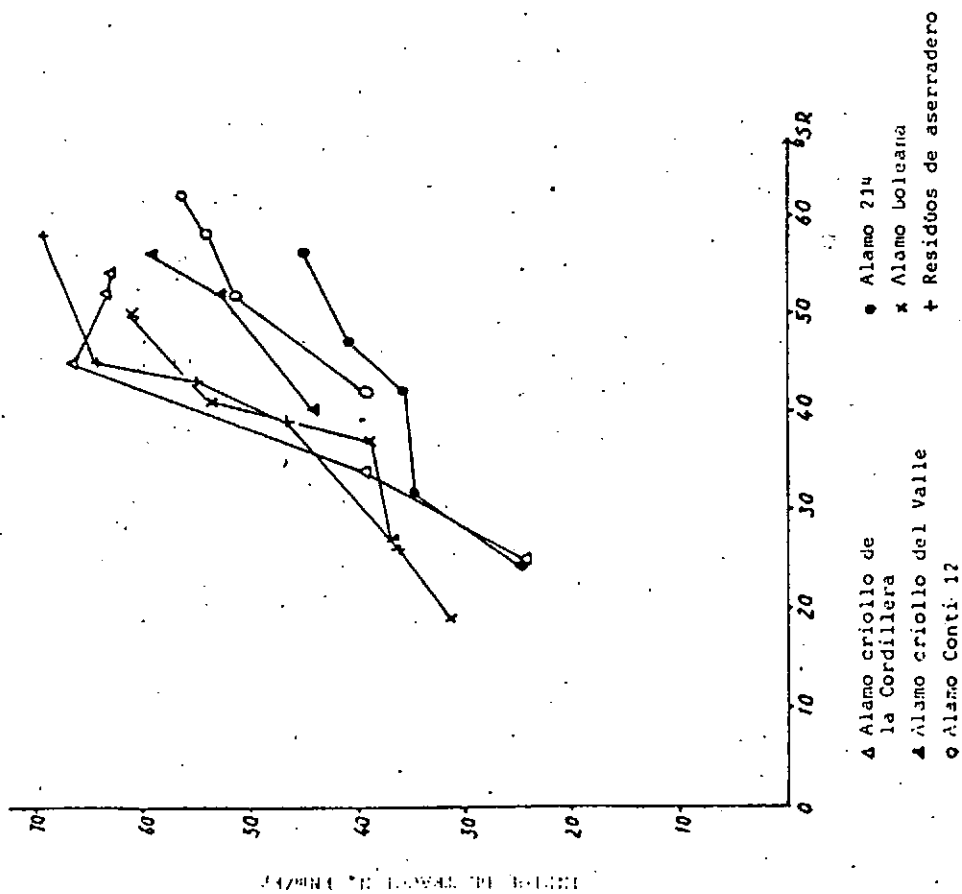


FIGURA Nº 16  
PASTAS SODA SULFITO DE PINO  
RESISTENCIA AL REVENTAMIENTO

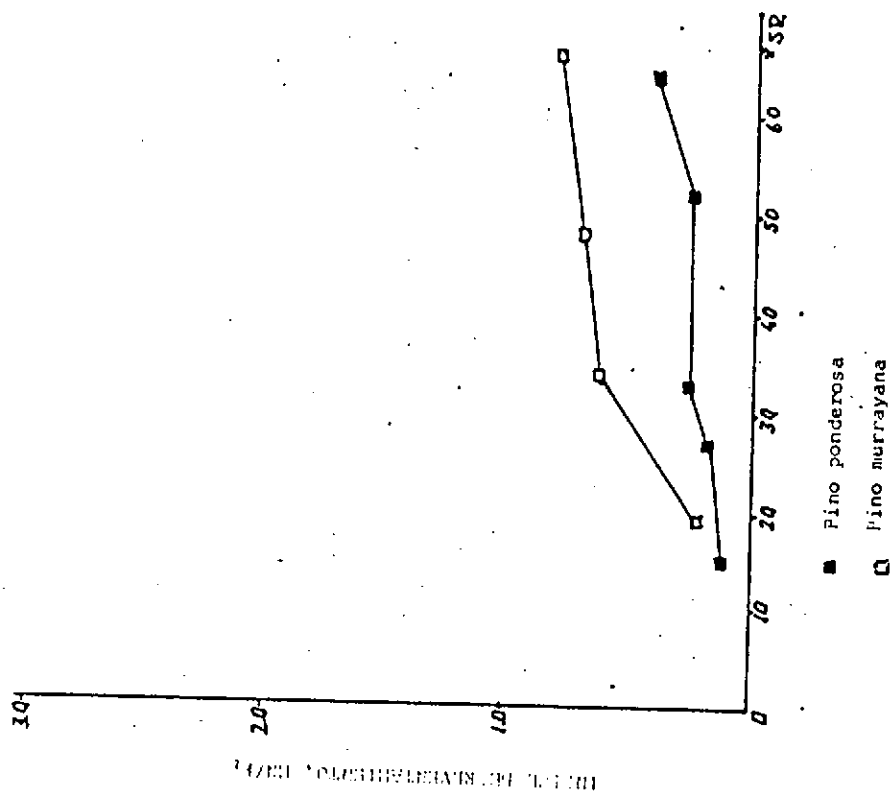


FIGURA Nº 15  
PASTAS SODA SULFITO DE ALAMO  
RESISTENCIA AL REVENTAMIENTO

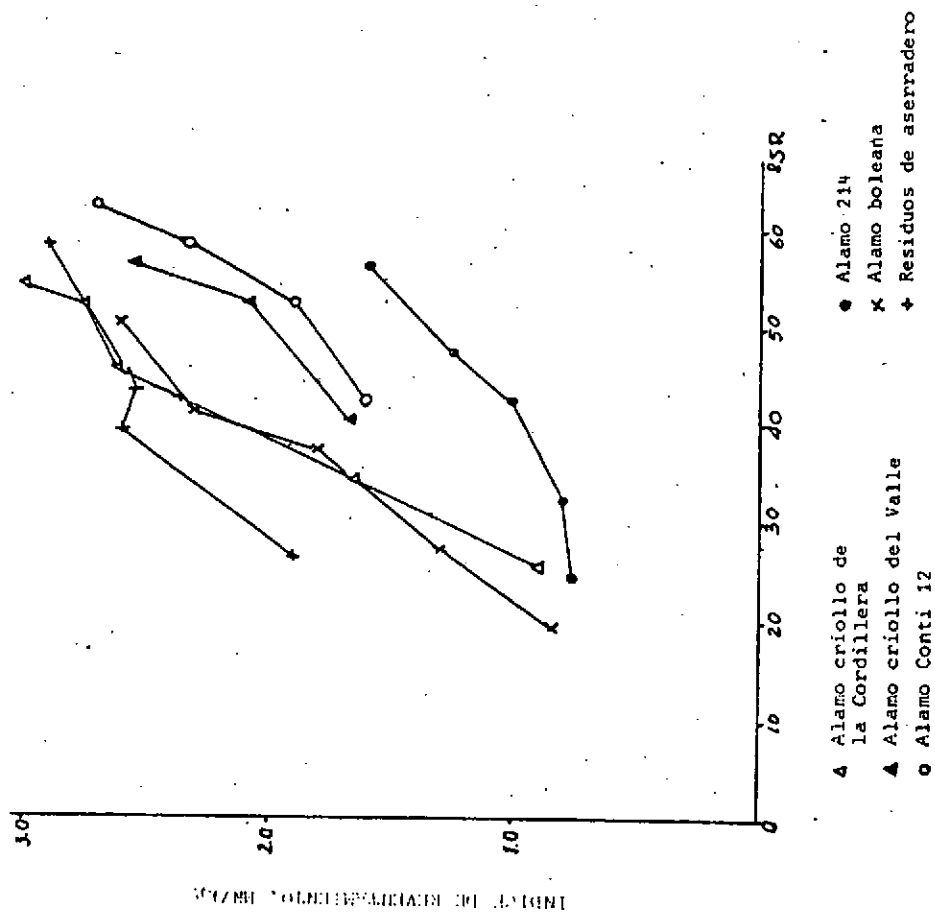


FIGURA N° 17  
PASTAS SODA SULFITO DE ALAMO  
RESISTENCIA AL RASGADO

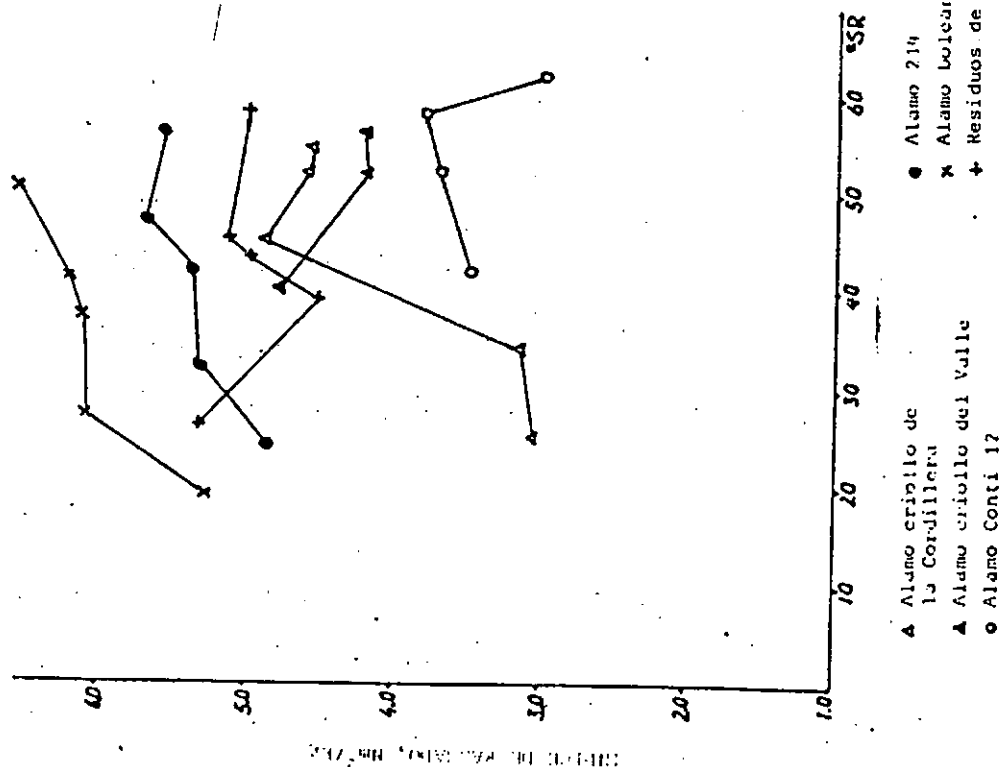


FIGURA N° 18  
PASTAS SODA SULFITO DE PINO  
RESISTENCIA AL RASGADO

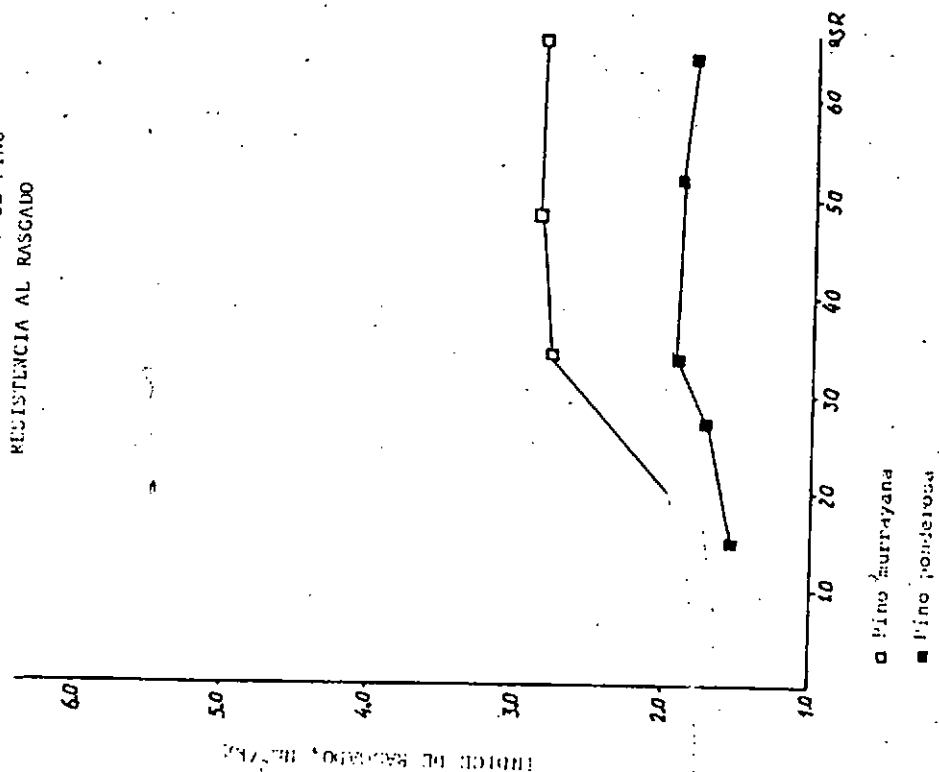


FIGURA N° 19

PASTAS SODA FRIA DE ALAMO  
RESISTENCIA A LA TRACCION

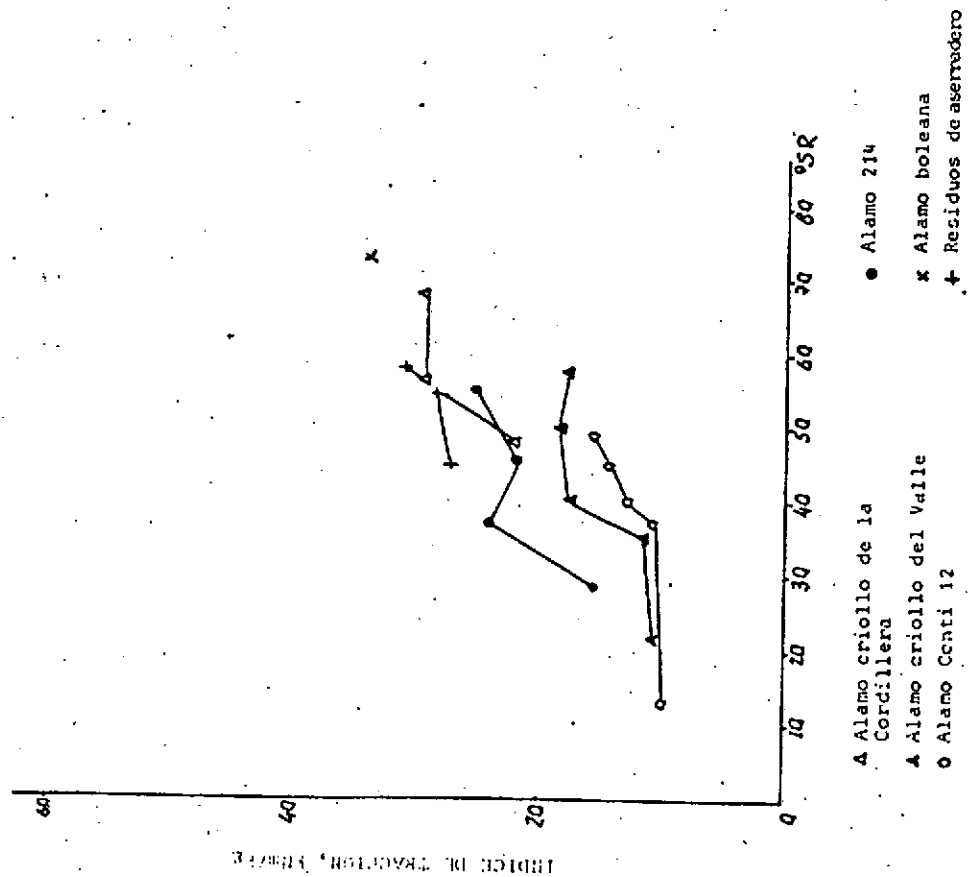


FIGURA N° 20

PASTAS SODA FRIA DE PINO  
RESISTENCIA A LA TRACCION

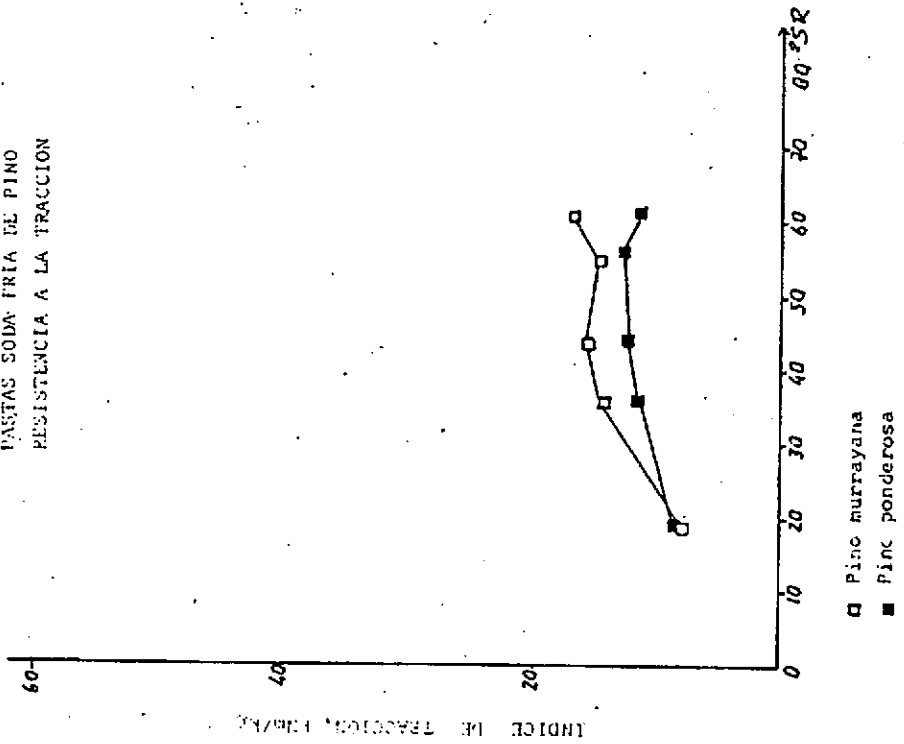


FIGURA N° 22  
PASTAS SODA FRÍA DE PINO  
RESISTENCIA AL REVENTAMIENTO

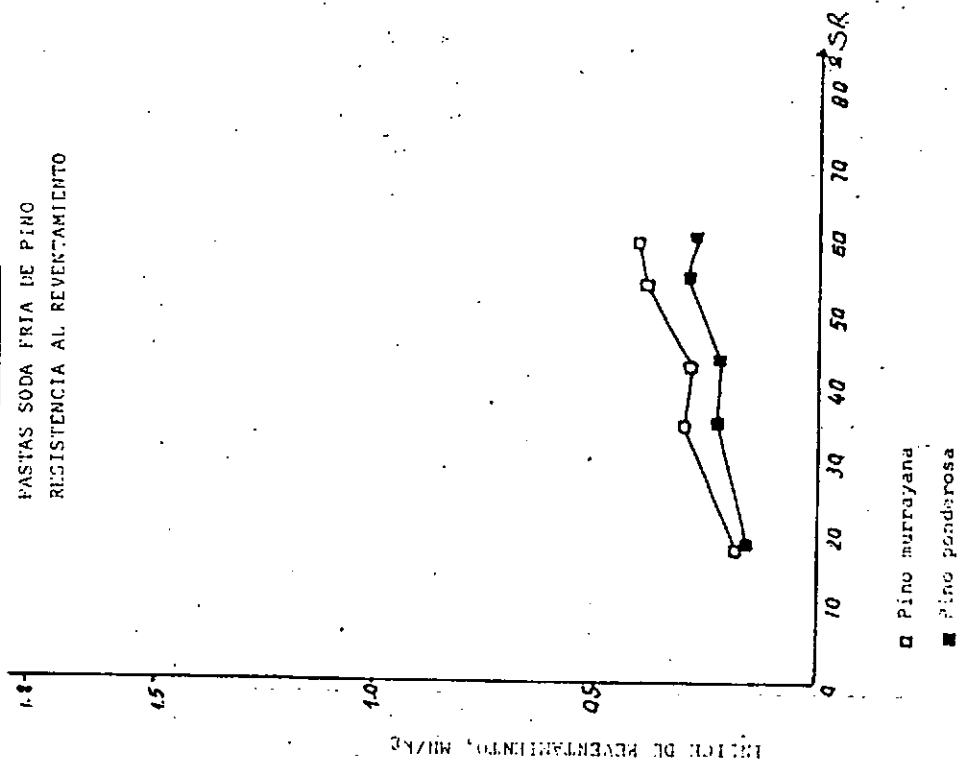


FIGURA N° 21  
PASTAS SODA FRÍA DE ALAMO  
RESISTENCIA AL REVENTAMIENTO

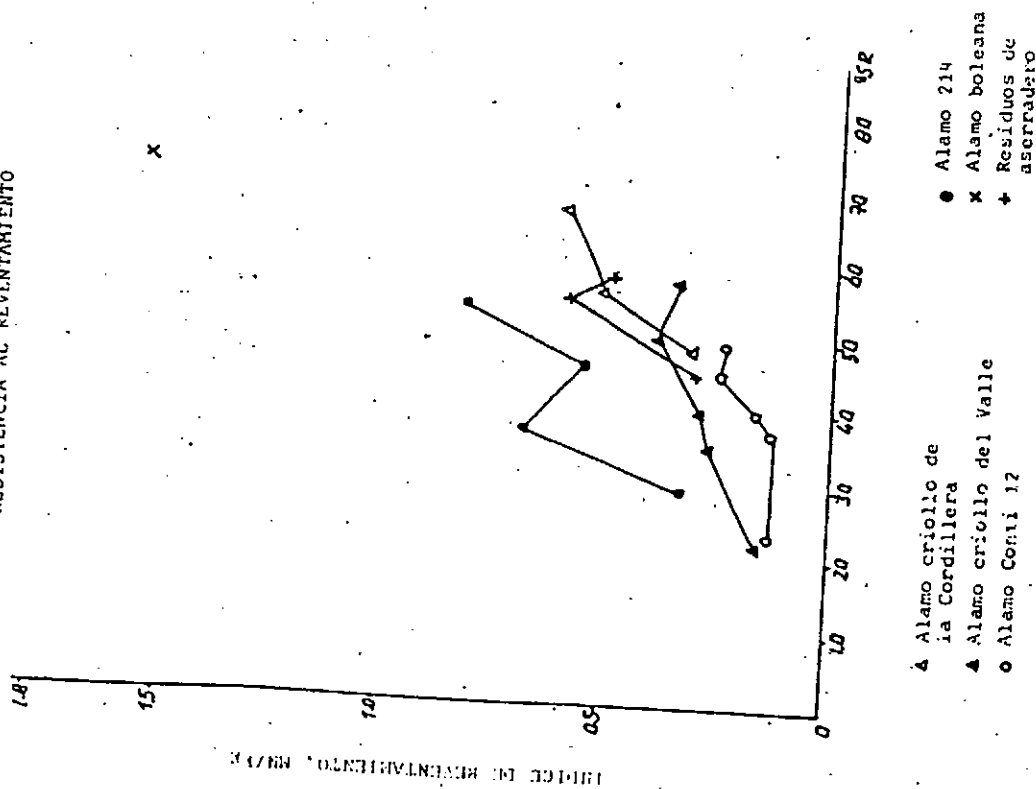


FIGURA N° 24  
PASTAS SODA FRIA DE PINO  
RESISTENCIA AL RASGADO

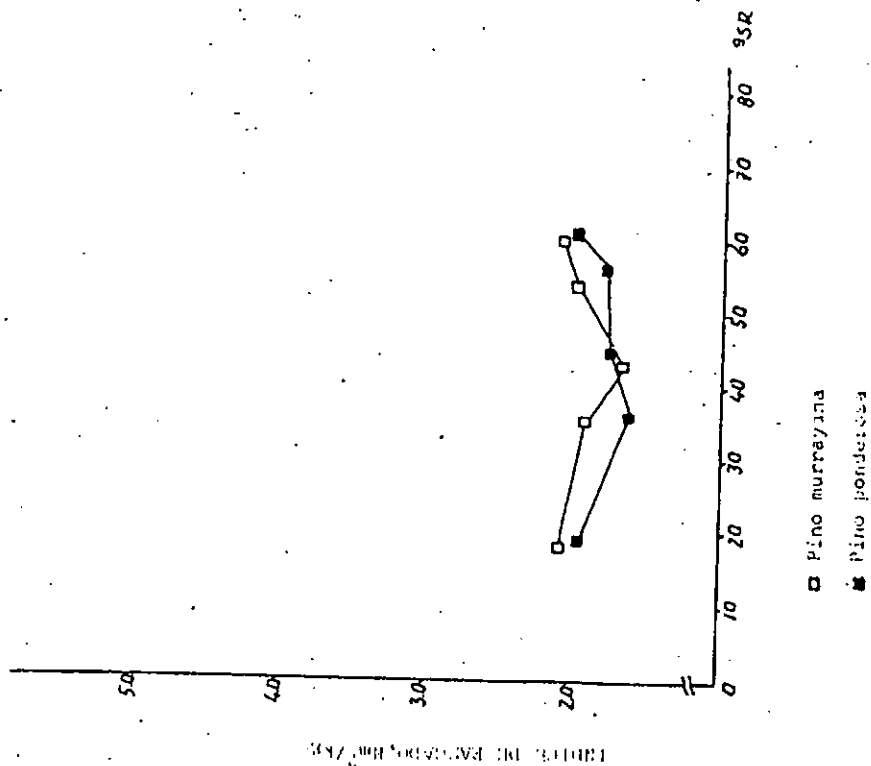
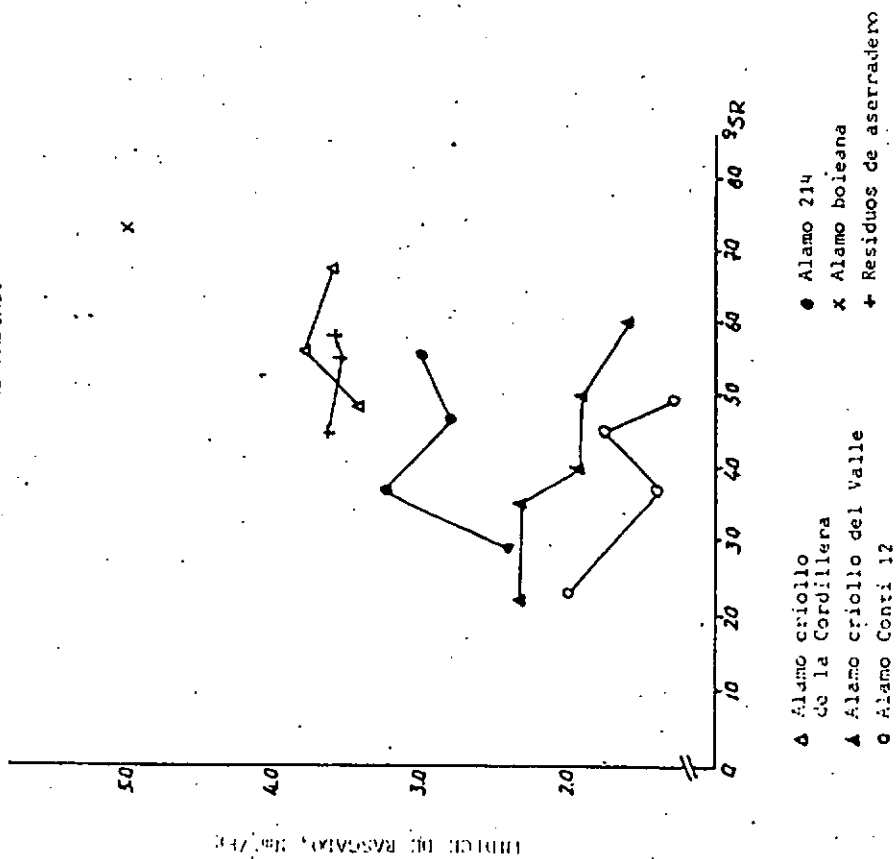


FIGURA N° 23  
PASTAS SODA FRIA DE ALAMO  
RESISTENCIA AL RASGADO





CUADRO N° 1

DENSIDAD BÁSICA - DIMENSIONES DE LAS FIBRAS

Especie	Densidad básica g/cm <sup>3</sup>	Ancho de fibra		Espesor de pared		Largo de fibra	
		$\bar{X}$ (1)	$\sigma$	$\bar{X}$ (1)	$\sigma$	$\bar{X}$ (1)	$\sigma$
Alamo criollo del Valle	0,34	29,4	5,4	3,48	0,95	0,90	0,20
Alamo criollo de la Cordillera	0,33	31,6	5,5	3,27	1,12	1,00	0,20
Alamo 214	0,31	30,2	6,0	3,02	0,92	1,03	0,22
Alamo Conti 12	0,34	28,6	5,8	3,10	1,03	0,86	0,21
Alamo boleana	0,39	28,6	5,1	3,68	0,91	1,15	0,30
Residuos de aserradero	0,35	29,5	6,3	3,57	1,08	1,05	0,24
Pino ponderosa	0,35	38,2	10,5	2,97	1,27	1,68	0,57
Pino murrayana	0,32	43,6	10,6	3,16	1,25	1,85	0,46

(1) Alamos: promedio de 100 mediciones.

Pinos: promedio de 200 mediciones.

CUADRO N° 2  
PASTAS KRAFT

Especie	Rendimiento %	Número kappa	Alcali activo consumido %Na <sub>2</sub> O b.m.s.(1)	Blancura	
				Pasta sin blanquear %	Pasta blanquea da %
Alamo criollo del Valle	47,8	16,8	14,3	34,5	55,2
Alamo criollo de la Cordillera	45,9	10,0	13,5	39,7	55,8
Alamo 214	49,3	15,8	14,5	36,0	53,3
Alamo Conti 12	49,4	14,7	14,2	33,6	50,5
Alamo boleana	55,0	15,6	14,2	33,5	55,1
Residuos de aserradero	49,6	13,8	13,8	41,9	57,1
Pino ponderosa	43,7	65,1	15,2	-	-
Pino murrayana	42,8	39,7	14,2	-	-

#### Condiciones de cocción

Alamos: álcali activo: 16% (Na<sub>2</sub>O)b.m.s., sulfidez: 22%, temperatura de cocción: 170°C, tiempo a 170°C: 90 min., tiempo para llegar a temp.: 35 min., relación madera/licor: 1/5.

Pinos: álcali activo: 18%(Na<sub>2</sub>O)b.m.s., sulfidez: 25%, temperatura de cocción: 170°C, tiempo a 170°C: 180 min., tiempo para llegar a 170°C: 90 min., relación madera/licor: 1/5.

#### Condiciones de blanqueo

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: 2% b.p.s. (2), NaOH: 2% b.p.s., SiO<sub>3</sub>Na<sub>2</sub>: 4% b.p.s., SO<sub>4</sub>Mg.7H<sub>2</sub>O: 0,05% b.p.s., temperatura: 60°C, tiempo: 120 min., consistencia: 10%.

(1) b.m.s.: base madera seca

(2) b.p.s.: base pasta seca

00000

CUADRO N° 3  
PASTAS SULFITO NEUTRO

Especie	Rendimiento	Número kappa	Sulfito consumido	Blancura	
				Pasta sin blanquear	Pasta blanqueada
	%		% b.m.s.(1)	%	%
Alamo criollo del Valle	76,4	97,9	17,8	50,3	64,8
Alamo criollo de la Cordillera	78,1	95,9	18,4	55,4	61,8
Alamo 214	77,1	-	18,6	-	-
Alamo Conti 12	79,1	99,2	16,1	52,6	67,1
Alamo boleana	77,0	-	17,1	-	-
Residuos de aserradero	76,8	94,5	18,5	58,6	65,0
pino ponderosa	87,5	172	12,5	36,4	44,3
pino murrayana	84,2	167	11,5	40,3	51,9

Condiciones de cocción

Etapla impregnación: sulfito de sodio: 40% b.m.s., carbonato de sodio: 10% b.m.s., temperatura: 80°C, tiempo a 80°C: 40 min., presión de N<sub>2</sub>: 7 kg/cm<sup>2</sup>, relación madera/liquor: 1/5.

Etapla cocción: temperatura de cocción: 150°C, tiempo: 90 minutos.

Condiciones de blanqueo

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: 2% b.p.s. (2), NaOH: 2% b.p.s., SiO<sub>2</sub>Na<sub>2</sub>: 4% b.p.s., SO<sub>4</sub>Mg.7H<sub>2</sub>O: 0,05% b.p.s., temperatura: 60°C, tiempo: 120 min, consistencia: 10%.

(1) b.m.s.: base madera seca

(2) b.p.s.: base pasta seca

CUADRO N° 4  
PASTAS SODA-SULFITO

Especie	Rendimiento	Sulfito consumido	Blancura	
			Pasta sin blanquear	Pasta blanqueada
	%	% b.m.s.(1)	%	%
Alamo criollo del Valle	83,2	6,0	49,2	62,0
Alamo criollo de la Cordillera	82,9	6,4	51,8	61,6
Alamo 214	81,9	6,4	54,0	64,7
Alamo Conti 12	83,4	6,3	49,5	64,1
Alamo boleana	81,2	6,2	42,4	61,5
Residuos de aserradero	83,2	6,1	56,9	66,1
Pino ponderosa	88,9	5,6	31,9	41,8
Pino murrayana	88,2	4,4	33,4	47,3

Etapas de preparación: sulfito de sodio: 10% b.m.s.; soda cáustica: 2,5% b.m.s; temperatura: 110°C, tiempo a 110°C: 20 min, presión de nitrógeno: 6 kg/cm<sup>2</sup>, relación madera licor: 1/5.

Etapas de cocción: temperatura: 140°C, tiempo: 60 min.

Condiciones de blanqueo:

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: 2% b.p.s. (2), NaOH: 2% b.p.s., SiO<sub>2</sub>Na<sub>2</sub>: 4% b.p.s., SO<sub>4</sub>Mg.7H<sub>2</sub>O: 0,05% b.p.s., Temperatura: 60°C, tiempo: 120 min, consistencia: 10%.

(1) b.m.s.: base madera seca

(2) b.p.s.: base pasta seca

CUADRO N° 5  
PASTAS SODA FRIA

Especie	Rendimiento	Soda cáustica consumida	Blancura	
			Pasta sin blanquear	Pasta blanqueada
	%	% b.m.s. (1)	%	%
Alamo criollo del Valle	87,9	4,1	53,3	65,8
Alamo criollo de la Cordillera	87,2	4,1	49,2	65,2
Alamo 214	89,4	5,1	50,0	68,3
Alamo Conti 12	87,4	4,1	52,7	61,3
Alamo boleana	91,3	5,3	47,3	69,2
Residuos de aserradero	87,5	4,5	51,0	67,6
Pino ponderosa	89,9	4,1	38,2	56,0
Pino murrayana	89,3	4,2	43,4	59,9

Condiciones de impregnación: Soda cáustica: 6% b.m.s., temperatura: 40°C, presión de N<sub>2</sub>: 7 kg/cm<sup>2</sup>, relación madre/liquor: 1/5, tiempo a 40°C: 60 minutos.

Condiciones de blanqueo: H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: 2% b.p.s. (2), NaOH: 2% b.p.s., SiO<sub>3</sub>Na<sub>2</sub>: 4% b.p.s., SO<sub>4</sub>Mg.7H<sub>2</sub>O: 0,05% b.p.s., temperatura: 60°C, tiempo: 120 min., consistencia: 10%.

(1) b.m.s.: base madera seca

(2) b.p.s.: base pasta seca

CUADRO N° 6

PASTAS MECANICAS

Especie	Rendimiento	Blancura	
		Pasta sin blanquear	Pasta blanqueada
	%	%	%
Alamo criollo del Valle	97,2	50,7	65,6
Alamo criollo de la Cordillera	97,3	51,8	70,7
Alamo 214	95,0	52,0	73,1
Alamo Conti 12	98,2	53,7	71,5
Alamo boleana	95,1	48,9	65,5
Residuos de aserradero	96,8	50,1	70,5
Pino ponderosa	97,7	49,9	57,4
Pino murrayana	98,8	51,2	61,0

Condiciones de blanqueo:  $H_2O_2$ : 2% b.p.s. (1), NaOH: 2% b.p.s.,  $SiO_3Na_2$ : 4% b.p.s.,  $SO_4Mg.7H_2O$ : 0,05% b.p.s., temperatura: 60°C, tiempo: 120 min., consistencia: 10%.

(1) b.p.s.: base pasta seca

CUADRO Nº 7

PASTAS MECANICAS

Propiedades fisico-mecánicas

Especie	°SR	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Indice de tracción (kNm/kg)	Indice de reventamiento (MN/kg)	Indice de rasgado (Nm <sup>2</sup> /kg)
Alamo criollo del Valle	67	332	11,7	0,15	1,73
Alamo criollo de la Cordillera	52	327	5,0	0,05	1,57
Alamo 214	56	-	-	-	-
Alamo Conti 12	69	317	7,2	0,08	0,78
Alamo boleana	64	356	19,2	0,51	2,90
Residuos de aserradero	60	-	-	-	-
Pino ponderosa	64	317	6,7	0,09	0,87
Pino murrayana	66	329	7,1	0,11	0,77

Cuadro N° 8

## Curvas de refinación

## PROCESO KRAFT

Muestra	Vueltas PFI	°SR	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Índice de Tracción (kg/cm <sup>2</sup> )	Índice de reventamiento (MN/kg)	Índice de rasgado (Nm <sup>2</sup> /kg)	Resistencia a la compresión en a- nillo (N) (#)	Resistencia a la compresión de on- das (N) (#)
Alamo Conti 12	0	25	646	78,6	3,33	6,57	328	293
	2500	38	824	88,3	6,83	6,62	487	559
	5000	48	907	107,5	7,13	5,78	515	515
	5800	54	929	106,6	7,29	5,71	516	490
Alamo criollo del Valle	0	19	607	57,8	1,86	6,82	282	224
	2000	29	693	58,5	2,34	5,10	473	516
	4000	40	745	74,3	3,72	6,04	507	559
	6000	51	844	105,5	6,56	6,39	496	523

(\*) Determinado sobre hojas de 150 g/m<sup>2</sup>.



CUADRO Nº 9

## Curvas de refinación

## PROCESO KRAFT

Muestra	Vueltas PFI	°SR	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Índice de Tracción ( $\sqrt{2}$ Nm/kg)	Índice de reventamiento (MN/kg)	Índice de rasgado (Nm <sup>2</sup> /kg)	Resistencia a la compra- sión en aní- llo (N) (*)	Resistencia a la compra- sión de ondas (N) (*)
Alamo criollo de la Cordillera	0 2500 5000	21 24 38	626 746 839	73,6 91,1 100,3	3,35 4,32 5,32	6,59 7,07 6,01	338 395 497	305 455 469
Residuos de aserradero	0 2000 6000 7000 8000	20 27 41 45 53	613 785 870 893 898	62,2 87,6 98,1 102,1 117,6	2,68 5,38 6,68 7,29 7,10	7,50 8,04 7,07 6,65 6,66	205 470 489 541 426	309 503 463 464 433

(\*) Determinado sobre hojas de 150 g/m<sup>2</sup>

Curvas de refinación

PROCESO KRAFT

Muestra	Vueltas PFI	°SR	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Índice de Tracción (kNm/kg)	Índice de reventamiento (MN/kg)	Índice de rasgado (Nm <sup>2</sup> /kg)	Resistencia a la compre- sión en an- illo (N) (*)	Resistencia a la compre- sión de on- das (N) (*)
Alamo 214	0	21	639	77,2	3,09	7,52	288	261
	2500	33	797	112,9	6,40	6,99	465	488
	4000	39	873	122,0	7,47	6,89	416	406
	5000	48	898	140,2	8,72	6,27	395	430
	6000	52	934	139,8	8,80	6,67	380	380
Alamo boleana	0	18	564	59,4	1,64	8,06	198	119
	2500	29	805	103,2	5,96	8,00	362	452
	4000	34	826	118,9	6,79	7,36	364	446
	5000	37	805	104,0	5,73	7,11	368	523
	7000	49	917	127,4	7,53	6,86	380	426

(\*) Determinado sobre hojas de 150 g/m<sup>2</sup>.

Cuadro Nº 11

Curvas de refinación

PROCESO KFRAT

Muestra	Vueltas PFI	°SR	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Indice de Tracción (kNm/kg)	Indice de reventamien to (MN/kg)	Indice de rasgado (Nm <sup>2</sup> /kg)	Resistencia a la compre sión en aní llo (N) (*)	Resistencia a la compre sión de on- das(N/10ondas)(*)
Pino murrayana	0	16	586	50,6	4,06	10,32	256	277
	2000	22	780	83,6	5,66	8,14	339	398
	5000	32	860	82,3	6,80	7,41	373	454
	6500	41	883	87,4	7,32	7,13	395	444
	8500	49	892	93,6	7,32	7,19	416	431
Pino ponderosa	0	20	415	32,3	2,27	11,3	246	265
	2000	22	750	52,4	3,90	8,31	330	355
	5000	35	761	69,0	4,63	6,65	338	369
	6500	43	805	78,8	5,03	5,96	269	310
	8500	61	943	72,1	5,14	6,10	282	315

(\*) Determinado sobre hojas de 150 g/m<sup>2</sup>

# CUADRO N° 12

## Curvas de refinación

### PROCESO SULFITO NEUTRO

Muestra	Vueltas PFI	°SR	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Indice de Tracción (kNm/kg)	Indice de reventamiento (MN/kg)	Indice de rasgado (Nm <sup>2</sup> /kg)	Resistencia a la compre- sión en an- llo(N) (*)	Resistencia a la compre- sión de on- das(N) (*)
Alamo Conti 12	0	27	559	51,8	1,82	4,60	397	414
	1000	38	635	63,6	2,56	4,19	441	431
	1500	45	678	65,4	2,79	4,35	450	438
	2000	48	700	71,3	2,92	4,38	469	501
	2500	54	670	69,9	3,06	3,66	480	452
Alamo criollo del Valle	0	36	681	66,2	2,66	4,78	410	446
	1250	50	730	69,2	3,95	4,91	426	457
	1500	52	727	79,4	4,12	5,02	465	456
	2000	56	742	83,9	4,43	5,23	525	519

(\*) Determinado sobre hojas de 150 g/m<sup>2</sup>



CUADRO N° 13

Curvas de refinación

PROCESO SULFITO NEUTRO

Muestra	Vueltas PFI	°SR	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Indice de Tracción (kNm/kg)	Indice de reventamiento (MN/kg)	Indice de rasgado (Nm <sup>2</sup> /kg)	Resistencia a la compresión en anillo (N) (*)	Resistencia a la compresión de ondas (N)(*)
Alamo criollo de la Cordillera	0	19	574	38,8	2,20	5,52	294	367
	1000	22	647	66,8	3,35	5,56	388	476
	2000	27	662	86,1	3,68	5,13	435	469
	3500	36	689	90,8	4,27	4,94	481	464
	5500	48	741	105	5,23	5,03	391	467
Residuos de aserradero	0	19	489	59,0	1,77	6,39	256	314
	1000	27	613	58,8	2,88	5,89	323	405
	2000	33	647	74,9	3,40	5,24	437	434
	3500	42	730	88,1	3,92	5,02	485	492
	5000	50	752	88,8	4,79	4,48	507	503

(\*) Determinado sobre hojas de 150 g/m<sup>2</sup>

CUADRO N° 14

Curvas de refinación

PROCESO SULFITO NEUTRO

Muestra	Vueltas PFI	°SR	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Índice de Tracción (kNm/kg)	Índice de reventamiento (MN/kg)	Índice de rasgado (Nm <sup>2</sup> /kg)	Resistencia a la compre- sión en ani- llo(N) (*)	Resistencia a la compre- sión de on- das(N) (*)
Alamo 214	0	54	711	60,9	2,73	6,43	337	357
	1000	62	753	75,0	3,83	6,09	404	473
	2000	68	791	78,0	4,43	6,25	397	470
Alamo Boleana	0	20	560	45,3	1,52	7,43	217	192
	3000	33	684	77,0	3,86	7,03	364	343
	5000	42	776	89,5	4,41	7,13	498	468
	7500	56	794	90,7	5,12	6,74	373	453
	9000	64	790	92,8	4,97	6,14	404	507

(\*) Determinado sobre hojas de 150 g/m<sup>2</sup>.

CUADRO N° 15

Curvas de refinación

PROCESO SULFITO NEUTRO

Muestra	Vueltas PFI	°SR	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Índice de Tracción (kNm/kg)	Índice de reventamien- to (MN/kg)	Índice de rasgado (Nm <sup>2</sup> /kg)	Resistencia a la compresión en ani- llo (N) (*)	Resistencia a la compresión de ondas (N/10ondas) (*)
	0	13	237	10,2	0,33	3,18	-	78
Pino	8000	32	397	33,6	1,38	5,03	264	325
murrayana	10000	37	429	38,2	2,05	4,74	324	406
	13000	55	481	41,6	2,14	4,48	339	518
	16000	72	587	54,9	2,61	3,58	437	434
	3000	11	292	12,2	0,42	3,80	-	47
Pino	8100	18	362	22,7	1,03	3,90	216	124
ponderosa	10000	34	462	29,0	1,39	4,31	324	383
	12000	51	502	33,5	1,68	3,82	378	423
	14000	60	527	39,9	1,69	3,63	410	335

(\*) Determinado sobre hojas de 150 g/m<sup>2</sup>

Curvas de refinación  
PROCESO SODA-SULFITO

Muestra	Vueltas PFI	°SR	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Índice de Tracción (kNm/kg)	Índice de reventamiento (MN/kg)	Índice de rasgado (Nm <sup>2</sup> /kg)	Resistencia a la compre- sión en ani- llo (N) (*)	Resistencia a la compre- sión de on- das (N) (*)
Alamo Conti 12	0	42	482	40,8	1,61	3,46	344	363
	500	52	509	51,5	1,88	3,73	372	447
	1000	58	541	54,0	2,34	3,82	331	367
	1500	62	560	56,5	2,67	3,05	394	301
Alamo Criollo del Valle	0	40	528	44,2	1,76	4,80	371	344
	500	52	557	53,0	2,08	4,25	369	346
	1000	56	559	59,2	2,56	4,31	413	372

(\*) Determinado sobre hojas de 150 g/m<sup>2</sup>.



CUADRO Nº 17  
Curvas de refinación  
PROCESO SODA-SULFITO

Muestra	Vueltas PFI	°SR	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Índice de Tracción (kNm/kg)	Índice de reventamiento (MN/kg)	Índice de rasgado (Nm <sup>2</sup> /kg)	Resistencia a la Compresión en anillo (N)(*)	Resistencia a Compresión de ondas (N) (*)
Alamo criollo de la Cordillera	0	25	493	23,7	0,90	3,07	249	290
	2000	34	574	40,0	1,76	3,17	395	414
	3000	45	582	66,3	2,63	4,86	454	470
	4000	52	605	64,1	2,75	4,63	421	455
	5000	54	676	63,7	3,00	4,58	463	449
Residuos de aserradero	0	26	480	36,8	1,89	5,33	275	286
	2000	39	555	47,2	2,63	4,56	340	400
	3000	43	562	55,3	2,56	4,99	357	398
	4000	45	584	63,7	2,62	5,13	422	449
	5000	58	624	69,0	2,86	4,98	451	441

(\*) Determinado sobre hojas de 150 g/m<sup>2</sup>.

CUADRO N° 18

Curvas de refinación

PROCESO SODA-SULFITO

Muestra	Vueltas PFI	°SR	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Indice de Tracción (xNm/kg)	Indice de reventamiento (MN/kg)	Indice de rasgado (Nm <sup>2</sup> /kg)	Resistencia a la compre- sión en an- llo (N) (*)	Resistencia a la compre- sión de on- das (N) (*)
Alamo 214	0	24	375	24,5	0,77	4,91	194	167
	3000	32	418	34,6	0,81	5,36	228	233
	5000	42	432	35,8	1,05	5,41	243	234
	6000	47	455	41,1	1,25	5,70	352	270
	7500	56	453	45,2	1,60	5,61	301	302
Alamo boleana	0	19	464	31,6	0,84	5,31	200	169
	2000	27	476	37,4	1,28	6,10	263	264
	4000	37	538	49,1	1,81	6,14	248	268
	5500	41	568	53,8	2,31	6,21	369	308
	6500	50	574	61,5	2,61	6,57	291	311

(\*) Determinado sobre hojas de 150 g/m<sup>2</sup>.

CUADRO N° 19

Curvas de refinación

PROCESO SODA-SULFITO

Muestra	Vueltas PFI	°SR	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Índice de Tracción (kNm/kg)	Índice de reventamiento (MN/kg)	Índice de rasgado (Nm <sup>2</sup> /kg)	Resistencia a la compre- sión en an- illo (N) (*)	Resistencia a la compresión de ondas (N/10 ondas)(*)
Pino murrayana	5000	19	283	9,4	0,21	1,90	112	68
	8000	34	416	19,2	0,62	2,78	252	261
	10000	48	453	20,1	0,71	2,86	271	313
	13000	66	498	21,1	0,83	2,82	261	331
Pino ponderosa	3000	15	278	6,7	0,13	1,56	-	73
	5000	27	313	10,2	0,18	1,73	87	134
	6500	33	360	11,5	0,27	1,95	175	184
	8000	52	365	15,1	0,30	1,98	160	238
	10000	64	371	16,6	0,41	1,90	259	284

(\*) Determinado sobre hojas de 150 g/m<sup>2</sup>.

CUADRO Nº 20

## Curvas de refinación

## PROCESO SODA FRIA

Muestra	Vueltas PFI	°SR	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Índice de Tracción (kNm/kg)	Índice de reventamiento (MN/kg)	Índice de rasgado (Nm <sup>2</sup> /kg)	Resistencia a la compresión en an- illo (N) (*)	Resistencia a la compresión de on- das (N) (*)
	0	23	299	10,1	0,14	2,02	128	-
	2500	37	331	10,7	0,14	1,42	203	-
Alamo	3500	40	343	13,0	0,17	1,48	203	154
Conti 12	5000	45	378	13,9	0,25	1,76	245	184
	6000	49	396	14,8	0,23	1,30	241	208
	0	22	324	11,0	0,17	2,33	166	-
	2500	35	376	11,6	0,26	2,32	235	183
Alamo	3500	40	392	17,5	0,31	1,95	241	201
criollo	5000	50	424	18,4	0,41	1,91	261	249
del	6000	57	430	18,0	0,35	1,60	242	223
Valle								

(\*) Determinado sobre hojas de 150 g/m<sup>2</sup>.

CUADRO Nº 21

Curvas de refinación

PROCESO SODA FRÍA

Muestra	Vueltas PFI	°SR	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Índice de Tracción (kN/kg)	Índice de reventamiento (MN/kg)	Índice de rasgado (Nm <sup>2</sup> /kg)	Resistencia a la compresión en anillo (N)(*)	Resistencia a la compresión de ondas (N)(*)
Alamo	0	48	374	21,6	0,31	3,45	196	190
Criollo	1500	56	449	29,0	0,53	3,81	240	225
de la	3000	67	429	27,0	0,61	3,59	277	263
Cordillera								
Residuos de aserradero	0	45	412	27,4	0,32	3,66	215	199
	1500	55	426	28,4	0,59	3,56	236	229
	3000	58	430	30,6	0,50	3,64	251	269

(\*) Determinado sobre hojas de 150 g/m<sup>2</sup>.

CUADRO Nº 22

Curvas de refinación

PROCESO SODA FRÍA

Muestra	Vueltas PFI	°SR	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Índice de Tracción (kN/kg)	Índice de reventamiento (MN/kg)	Índice de rasgado (Nm <sup>2</sup> /kg)	Resistencia a la compra- sión en aní- llo (N) (*)	Resistencia a la compra- sión de on- das (N) (*)
Alamo 214	0	29	323	15,6	0,33	2,39	148	110
	2500	37	378	24,1	0,67	3,27	214	166
	3500	46	367	22,0	0,55	2,79	206	149
	5000	54	435	24,9	0,82	2,96	206	222
	5800	55	388	25,0	0,75	3,00	224	207
Alamo boleana	0	73	468	34,1	1,55	5,04	239	246

(\*) Determinado sobre hojas de 150 g/m<sup>2</sup>.

CUADRO Nº 23

Curvas de refinación

PROCESO SODA FRIA

Muestra	Vueltas PFI	°SR	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Indice de tracción (kNm/kg)	Indice de reventamiento (MN/kg)	Indice de rasgado Nm <sup>2</sup> /kg	Resistencia a la compresión en anillo (N)(*)	Resistencia a la compresión de ondas (N/10ondas)(*)
Pino murrayana	0	18	278	8,07	0,18	2,08	-	69
	2500	35	338	14,5	0,29	1,94	165	153
	3500	43	362	16,0	0,27	1,68	199	204
	4250	54	375	14,9	0,39	1,98	271	256
	5000	60	387	17,1	0,42	2,06	260	314
Pino ponderosa	0	19	278	8,1	0,15	1,92	-	67
	2500	36	326	11,8	0,22	1,63	160	154
	3500	44	341	12,6	0,21	1,76	176	220
	3900	56	351	12,8	0,29	1,78	204	242
	4250	61	358	11,7	0,28	2,04	215	237

(\*) Determinado sobre hojas de 150 g/m<sup>2</sup>

## APENDICE

- BREVE DESCRIPCION DE LOS PROCESOS EMPLEADOS EN EL ESTUDIO.
- TECNICA UTILIZADA EN LAS COCCIONES EN FASE VAPOR.
- MICROFOTOGRAFIAS DE FIBRAS Y VASOS DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS.



# CICELPA

## BREVE DESCRIPCION DE LOS PROCESOS EMPLEADOS.

### Proceso químico kraft:

Mediante la acción química de sulfuro de sodio y soda cáustica se elimina casi la totalidad de la lignina presente en la madera, lo cual permite la separación de las fibras. Los rendimientos obtenidos son bajos pero las pastas son de buena resistencia.

### Proceso semiquímico sulfito neutro:

La acción química del sulfito de sodio permite eliminar un 50% de la lignina contenida en la madera. Los chips ablandados por la acción química se desfibran mediante el empleo de refinadores a discos.

El rendimiento de pasta es mayor que en los procesos químicos pero la resistencia es menor.

### Proceso quimimecánico soda sulfito:

En este proceso existe una menor disolución de lignina. El sulfito de sodio modifica la estructura de la lignina y junto con la soda cáustica debilitan la unión entre fibras. Aquí también se necesita de la acción mecánica para obtener fibras individuales con un mayor consumo de energía respecto al proceso semiquímico.

### Proceso quimimecánico soda fría:

La acción de la soda cáustica a bajas temperaturas permite ablandar la unión entre fibras. La madera impregnada con soda cáustica se desfibra en refinadores a discos. Tanto en estas pastas como las anteriores la resistencia es baja, razón por la cual su principal aplicación se encuentra en los papeles de impresión y escritura, previo blanqueo con peróxido.

# CICELPA

## Proceso mecánico de discos:

En este proceso la madera se desfibra netamente por acción mecánica. Los chips son desfibrados en dos etapas en refinadores a discos. El rendimiento es superior al 95% pero la resistencia es baja. Tradicionalmente su principal aplicación ha sido la elaboración de papel periódico. Requiere alto consumo de energía.

# CICLPA

## TECNICA UTILIZADA EN LAS COCCIONES EN FASE VAPOR.

Se utilizaron dos digestores M/K de 6,5 litros capacidad equipados con bomba de recirculación y calefactor eléctrico.

En la figura adjunta se puede observar la disposición de ambos equipos. El equipo de la izquierda se utilizó solamente para la generación de vapor.

A continuación se describe la secuencia empleada en las cocciones al sulfito neutro (en las cocciones soda sulfito se utilizó la misma secuencia pero variando los tiempos y las temperaturas):

- a) Se cargó el digestor de la derecha con 400 g de chips.
- b) Luego se agregaron 2 litros de licor blanco, se cerró el digestor y se llevó la temperatura hasta 80°C, con la válvula de recirculación encendida.
- c) Una vez alcanzada la temperatura se inyectó nitrógeno por la válvula superior hasta una presión de 7 kg/cm<sup>2</sup>.
- d) Bajo estas condiciones se impregnaron los chips durante 40 minutos.
- e) Una vez transcurrido ese lapso se descomprimió el digestor y se llevó la temperatura a 150°C.
- f) A esa temperatura se apagó la bomba de recirculación y se drenó el licor por la válvula inferior, haciéndolo pasar por una serpentina. Los chips impregnados quedaron en el interior del digestor a 150°C.

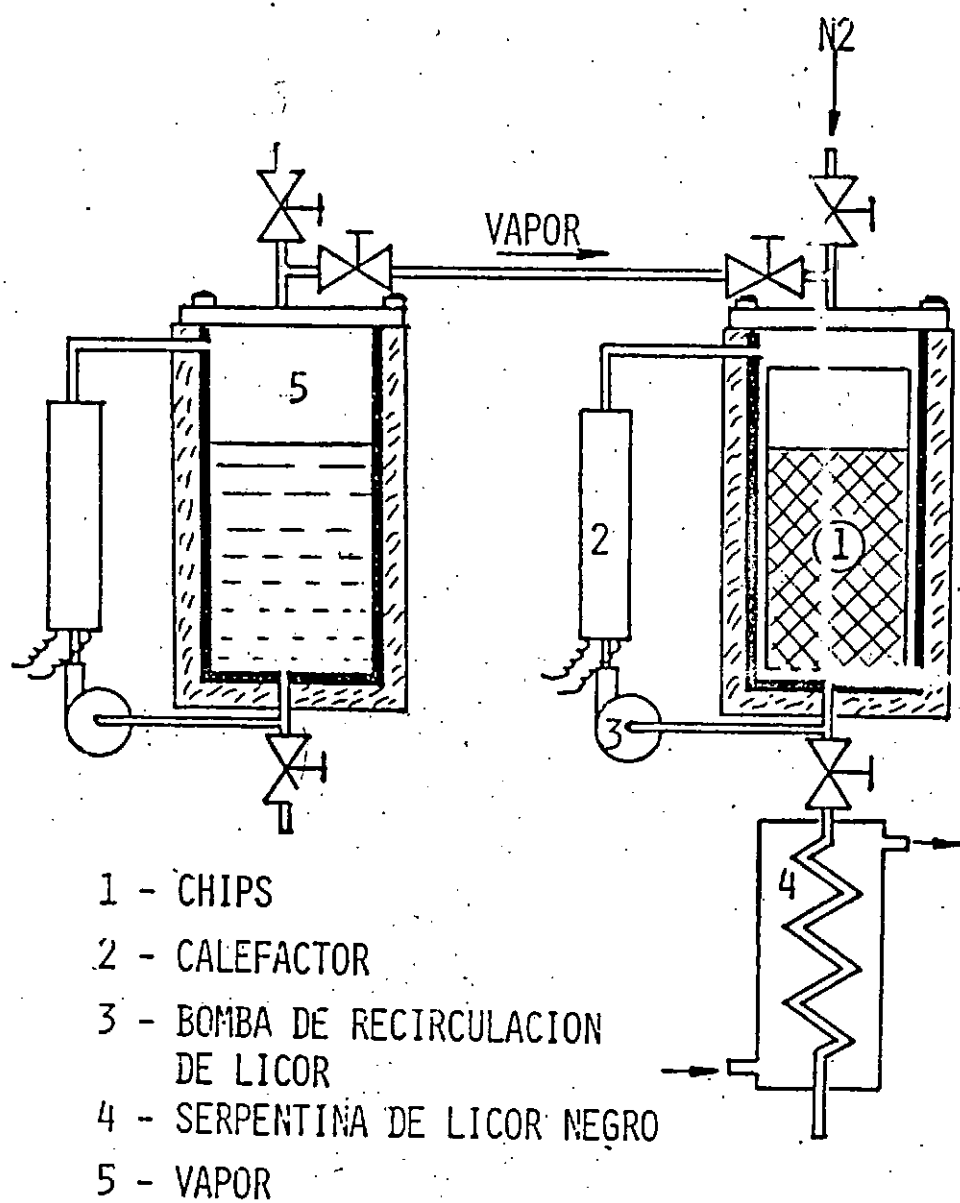
g) Luego se comenzó a inyectar vapor generado en el digestor de la izquierda.

Esta operación se fue regulando de tal manera de mantener una temperatura de  $150^{\circ}\text{C}$  durante 90 minutos.

h) Transcurridos los 90 minutos se descomprimió nuevamente el digestor y se descargaron los chips tratados.

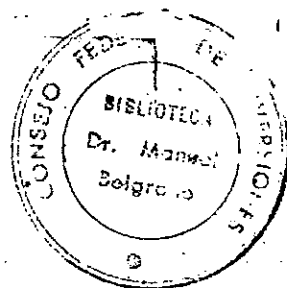
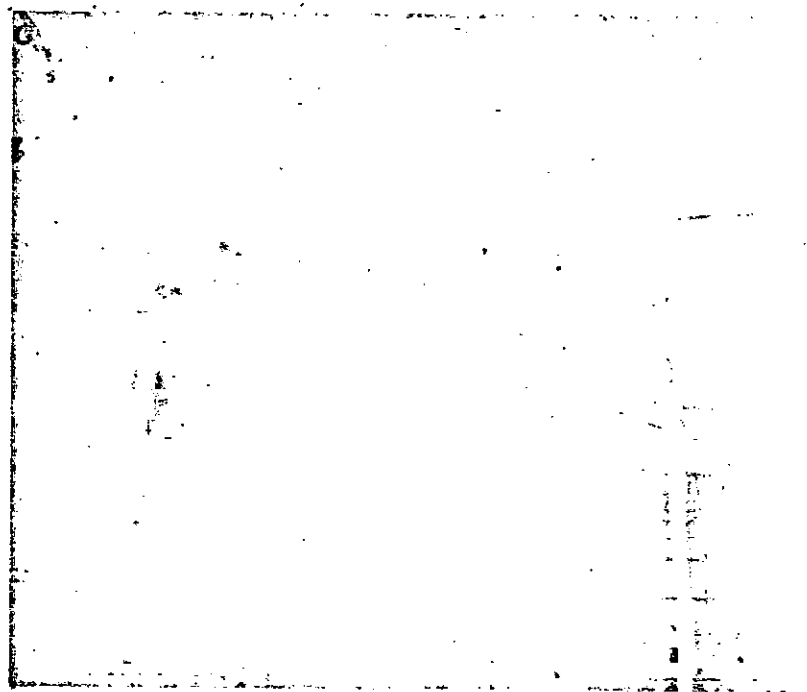
i) El consumo de sulfito se calculó titulando el licor negro resultante de la etapa de impregnación.

# CICELPA

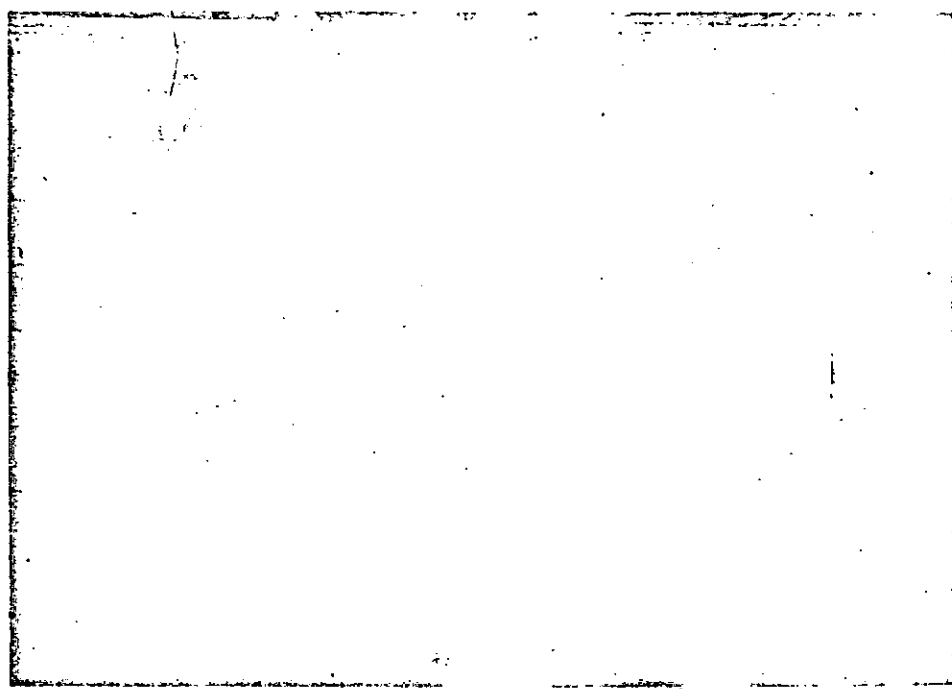


CICELPA

Los originales de estas fotos  
copias de fotos, se encuentran  
en el original del texto,  
en poder del técnico Baldoni

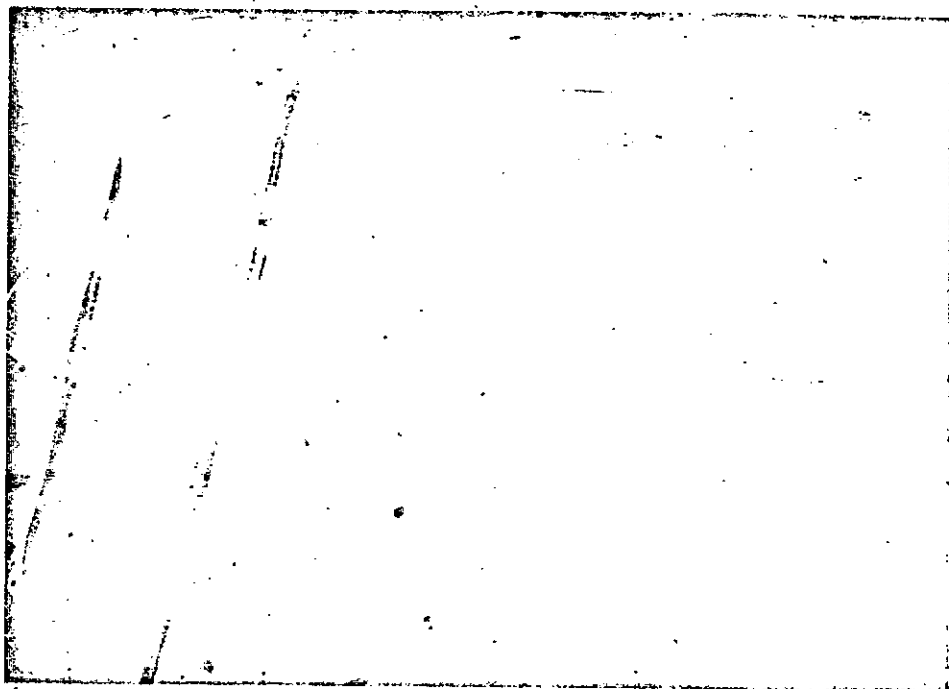


ALAMO CRIOLLO DEL VALLE (FIBRAS)

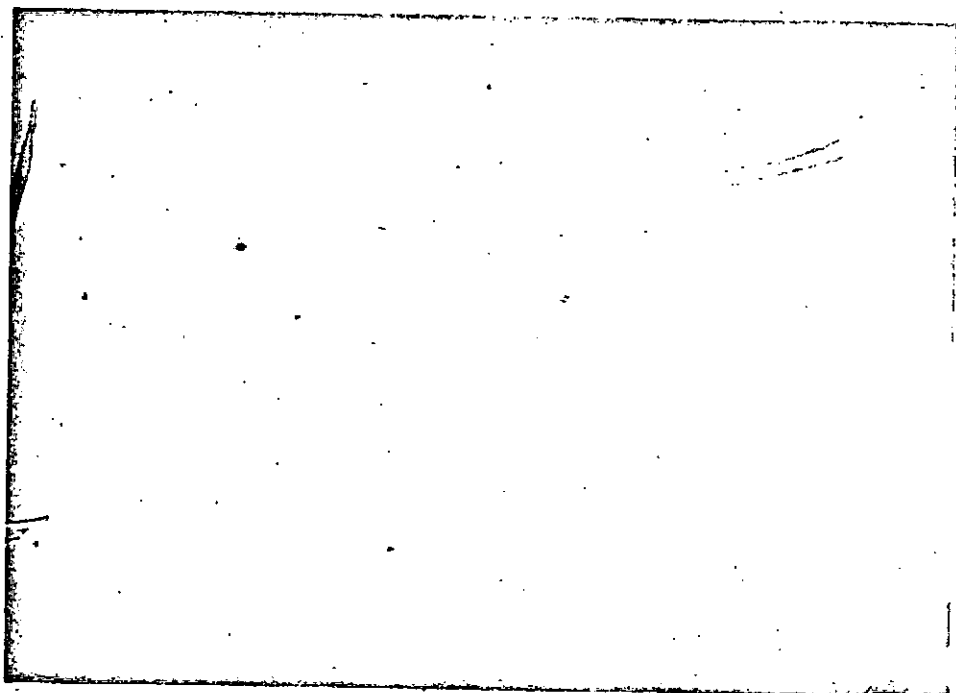


ALAMO CRIOLLO DEL VALLE (VASOS Y FIBRAS)

CICELPA

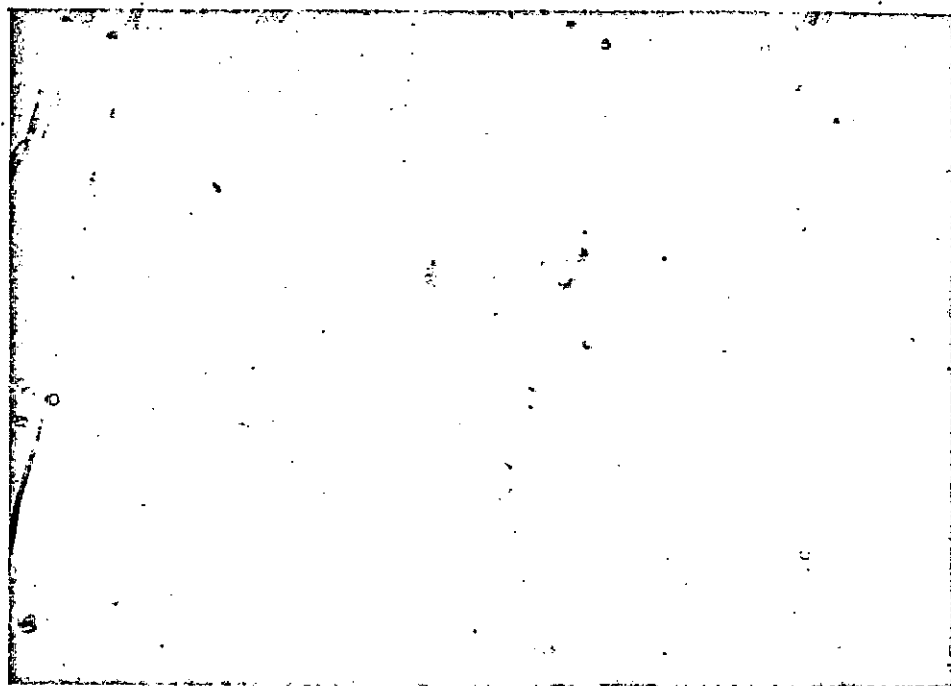


• ALAMO CRIOLLO DE LA CORDILLERA (VASO Y FIBRAS)

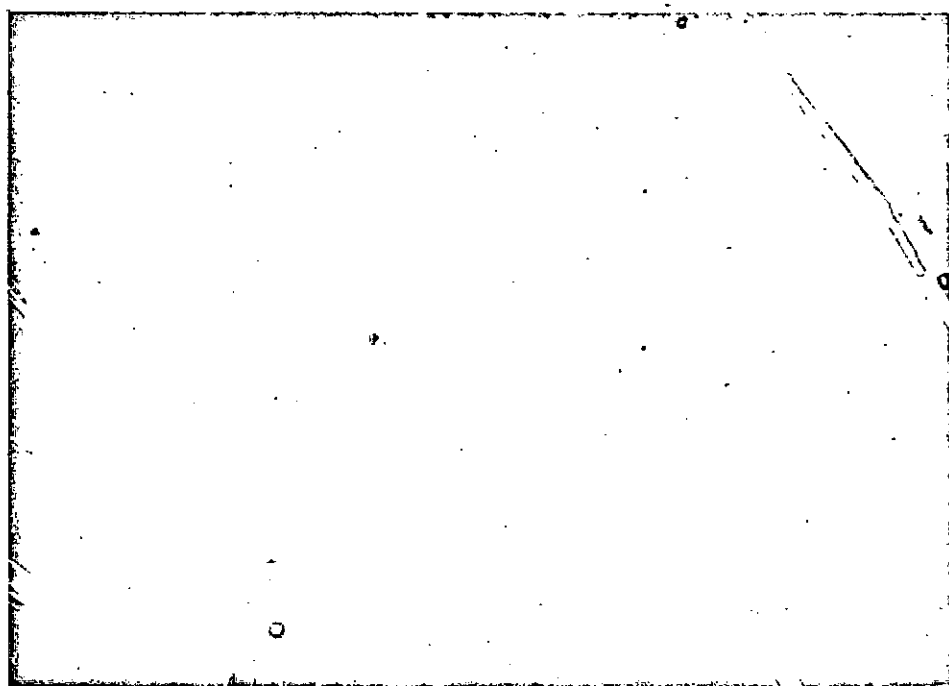


ALAMO CRIOLLO DE LA CORDILLERA (VASO)

CICELPA



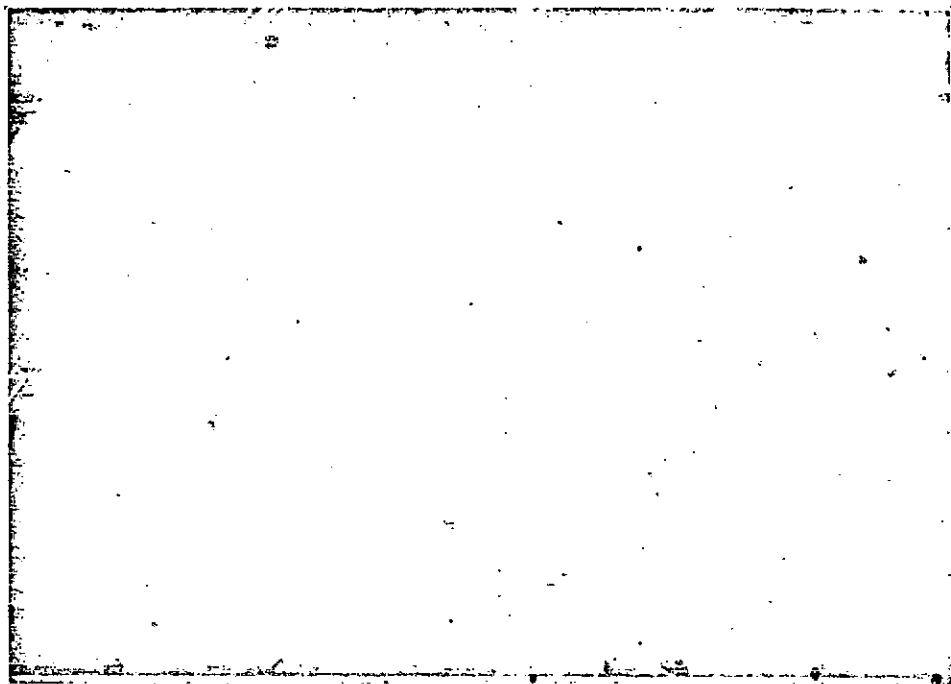
ALAMO 214 (FIBRAS)



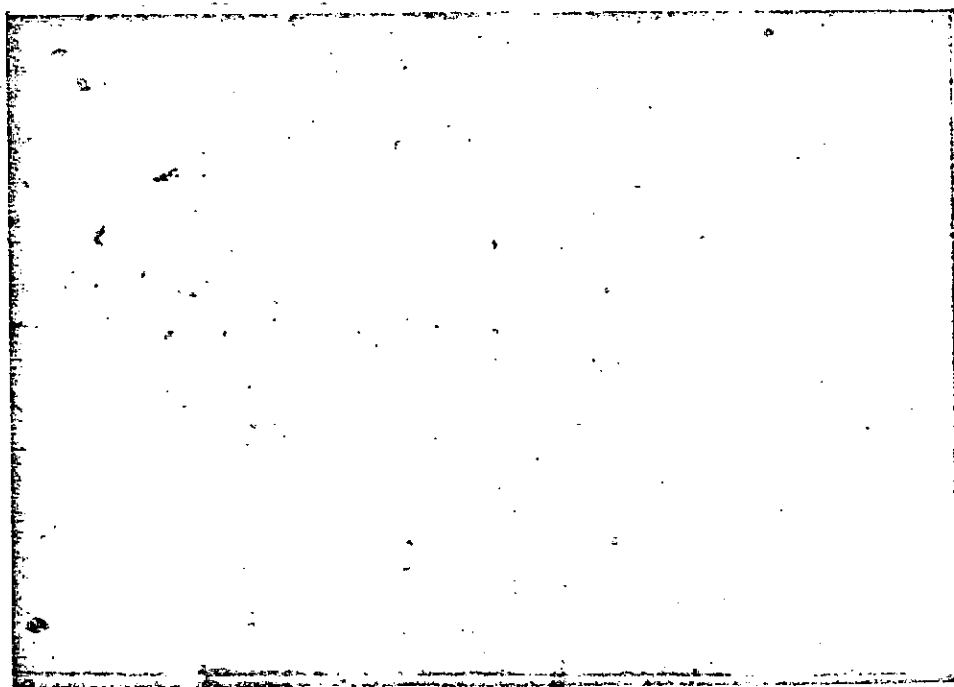
ALAMO 214 (VASO Y FIBRAS)



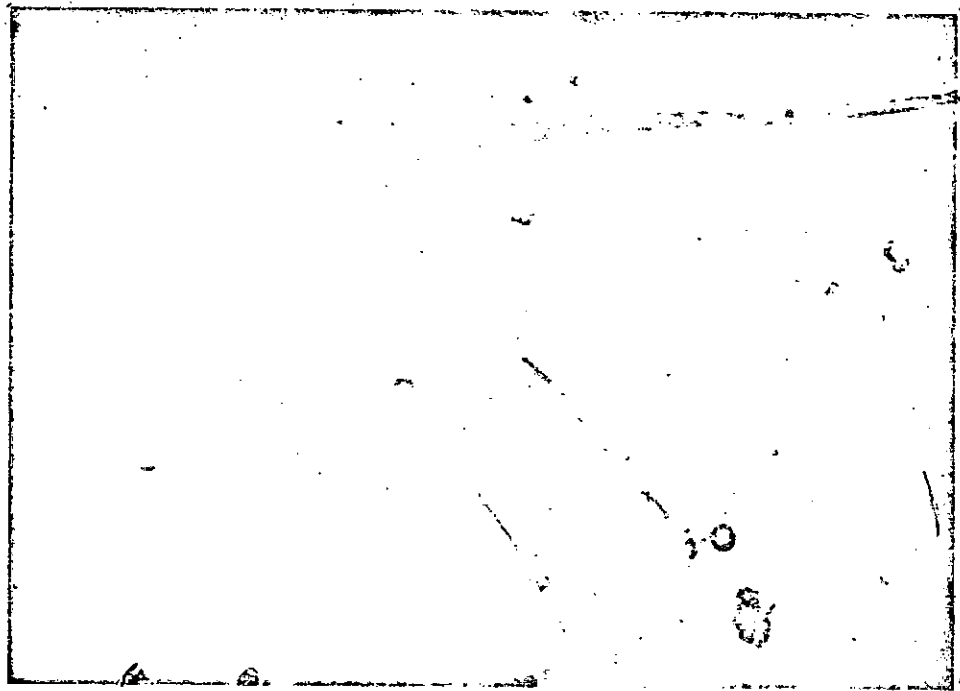
CICELPA



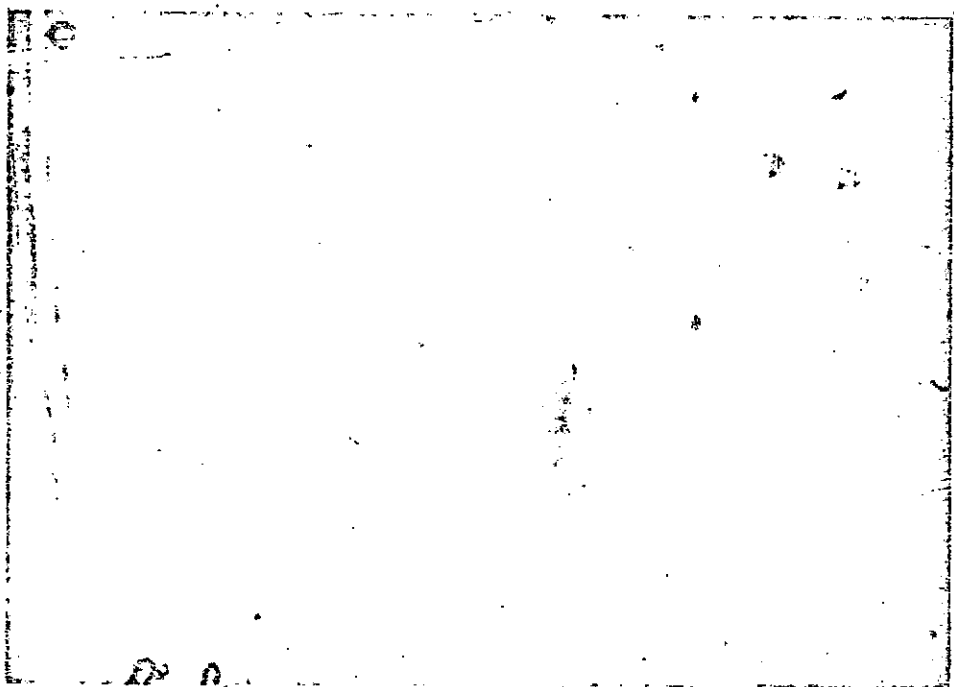
ALAMO CONTI 12 (FIBRAS Y PUNTA DE VASO)



ALAMO CONTI 12 (ELEM. VASAL)

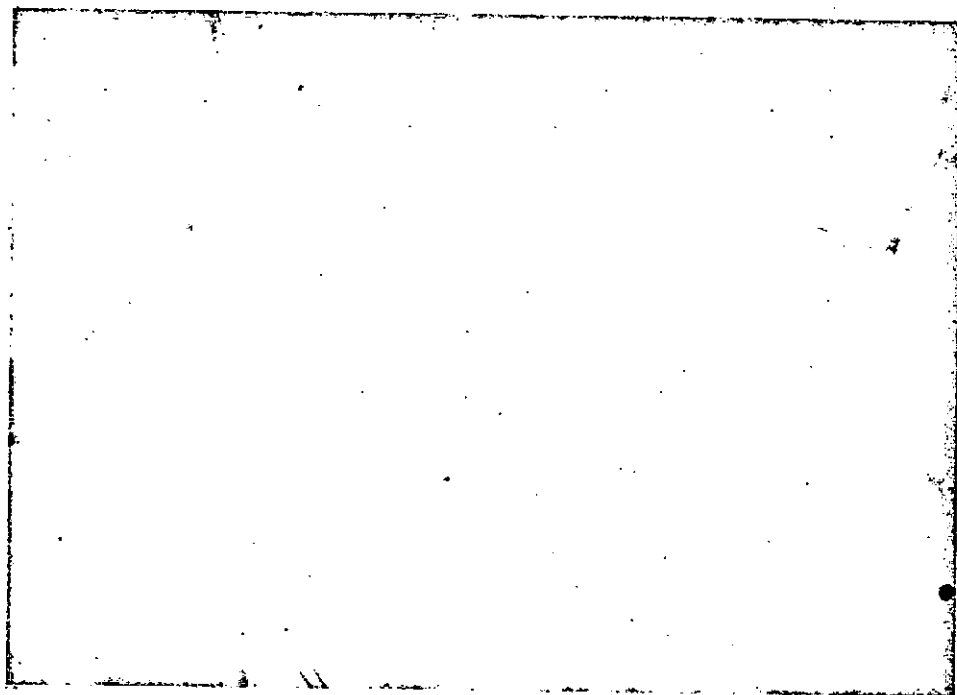


ALAMO BOLEANA (VASOS Y FIBRAS)

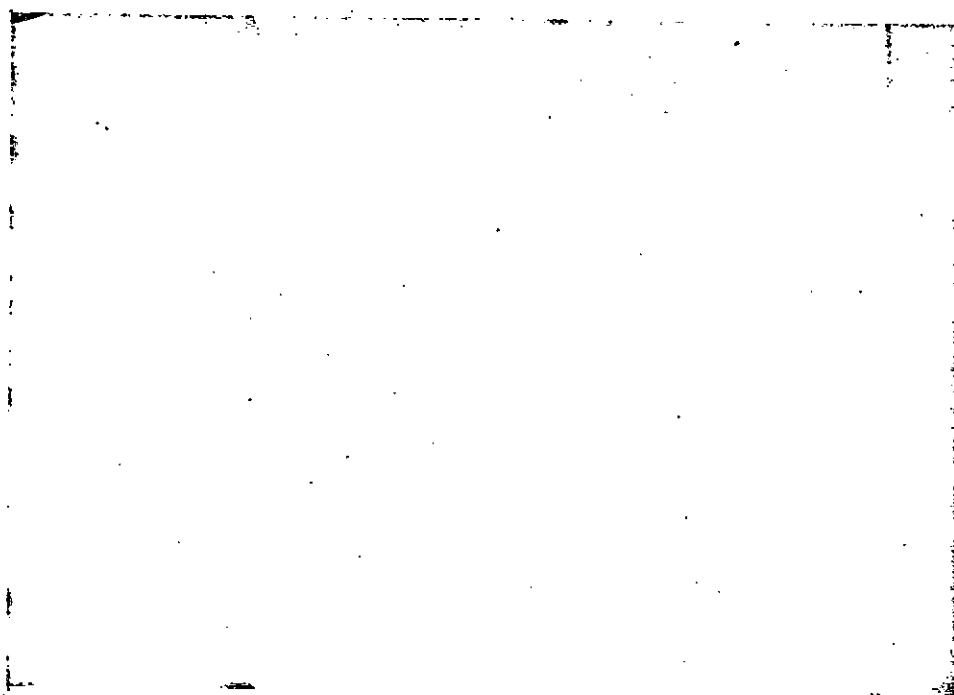


ALAMO BOLEANA (VASO)

CICELPA

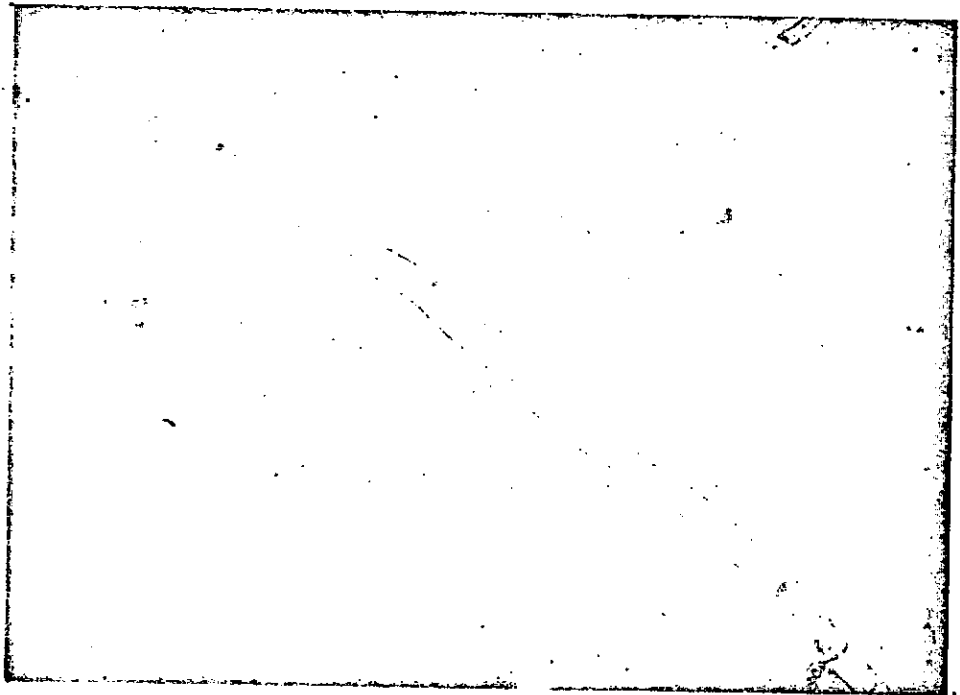


RESIDUO DE ASERRADERO FIBRAS

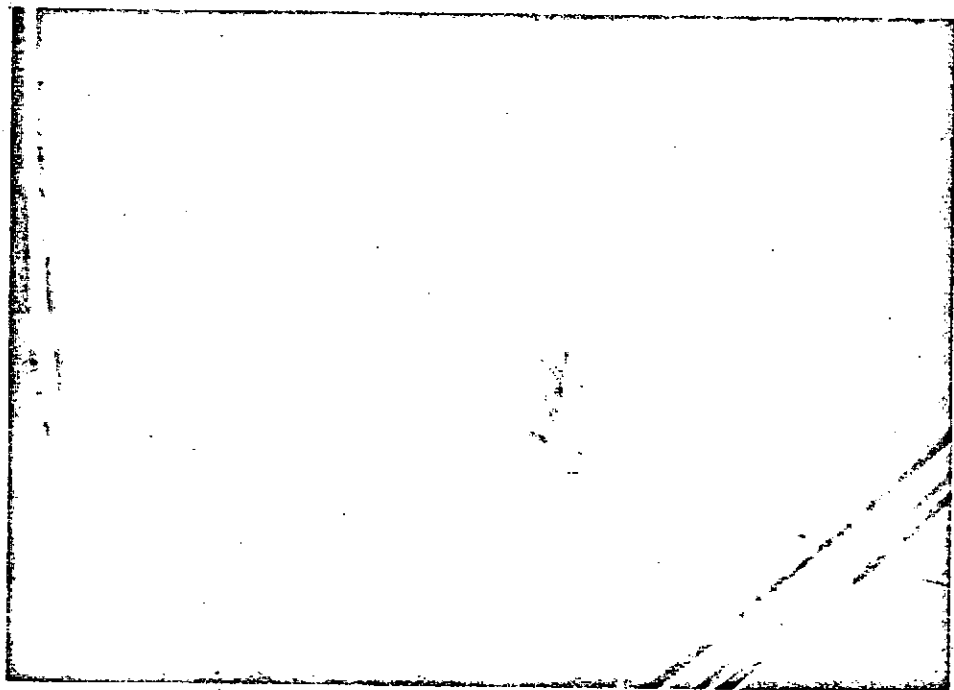


RESIDUO DE ASERRADERO (VASO Y FIBRAS)

CICELPA

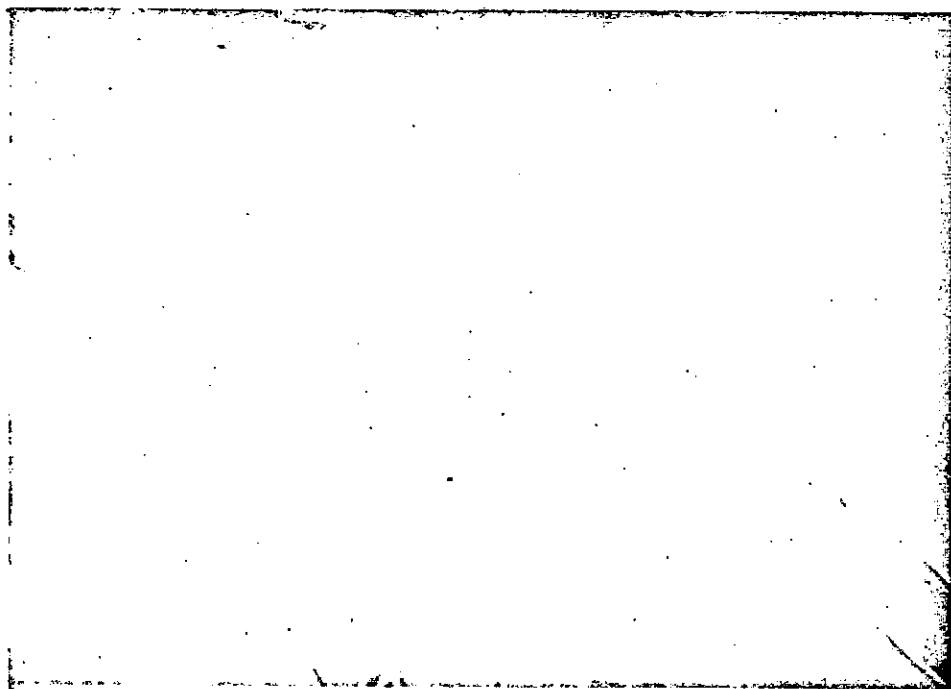


PINO PONDEROSA



PINO PONDEROSA

CICELPA



PINO MURRAYANA

