



\*D-10332\*

T  
676.14  
V749



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**  
Facultad de Ingeniería Mecánica

**Modificación del Sistema de Descarga del  
Digestor de Bagazo**

# Informe Técnico

**Previa a la obtención del Título de  
INGENIERO MECANICO**

Presentado por:  
**JUAN FRANCISCO VILLEGAS VILLAMARIN**

Guayaquil - Ecuador  
1990

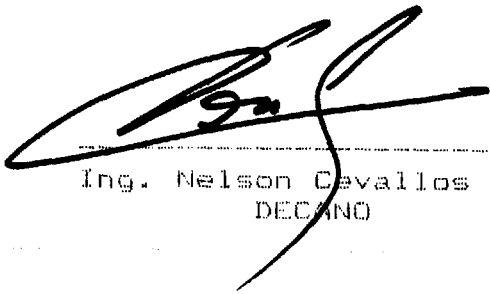
## AGRADECIMIENTO

Al Ing. Ignacio Wiesner F.  
Director de Informe Técnico  
por su ayuda y colaboración  
para la realización de este  
trabajo.

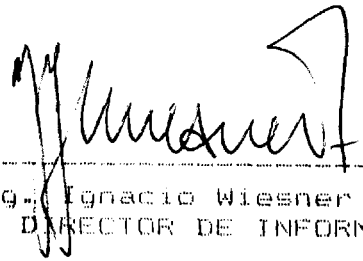


DEDICATORIA

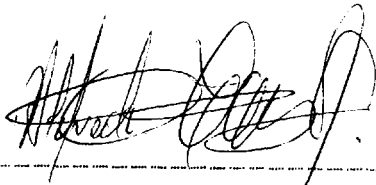
A MIS PADRES,  
A MI ESPOSA, Y  
A MIS HIJOS.



Ing. Nelson Cavallos B.  
DECANO



Ing. Ignacio Wiesner F.  
DIRECTOR DE INFORME



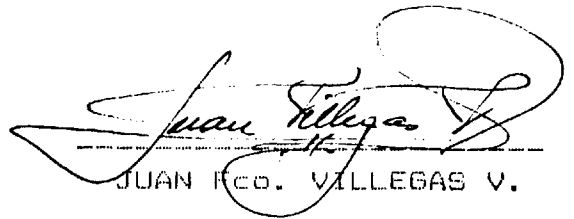
Ing. Alfredo Torres G.  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACION EXPRESA

Declaro que:

"Este Informe Técnico corresponde la resolución de un problema práctico relacionado con el perfil profesional de la Ingeniería Mecánica"

(Reglamento de Graduación mediante la Elaboración de Informes Técnicos).



JUAN Fco. VILLEGAS V.

## R E S U M E N

### MODIFICACION DEL SISTEMA DE DESCARGA DEL DIGESTOR DE BAGAZO

El presente informe técnico tiene por objeto describir detalladamente los diferentes equipos instalados y cambios que realicé en el sistema de descarga del digestor de bagazo de la planta productora de pulpa de PAPELERA NACIONAL.SA, con el fin de mejorar su eficiencia y evitar pérdidas de vapor hacia la atmósfera.

Mi posición en ese entonces como superintendente general de mantenimiento y montaje, me permitieron estar cerca de la instalación de la planta procesadora de bagazo de caña de azúcar para la fabricación de pulpa para papel; lo que me llevó a adquirir experiencia y conocimiento en el área de preparación y cocimiento de la pulpa y de esta manera emprender a efectuar mejoras en tales equipos.

Se narra en el informe los cambios realizados y que fueron ejecutados después de haber analizado varias alternativas y haber ejecutado evaluaciones que nos llevaron a obtener los resultados deseados .

# I N D I C E   G E N E R A L

Resumen

Indice general

Antecedentes

## CAPITULO I

### DEFINICION DEL PROBLEMA

- 1.1 Descripción del proceso de fabricación
- 1.2 Descripción del sistema de descarga
- 1.3 Análisis del sistema existente
- 1.4 Justificación y objetivos

## CAPITULO II

### SOLUCION DEL PROBLEMA

- 2.1 Alternativas propuestas
- 2.2 Alternativa usada
- 2.3 Construcción e instalación
- 2.4 Evaluación del sistema
- 2.5 Pruebas

Conclusiones y recomendaciones

Diagramas y anexos

Bibliografía

## INDICE DE FIGURAS, CUADROS Y FOTOS

	Pag.
Cuadro # 1 -Usos de la pulpa de bagazo	10
Cuadro # 2 -Componentes porcentuales del bagazo	11
Foto # 1 -Medidor registrador de vapor	14
Figura # 1 -Diagrama de flujo para producción de pulpa	17
Foto # 2 -Área de desmedulado	19
Foto # 3 -Área de cocimiento o digestión	21
Figura # 2 -Proceso de digestión	22
Foto # 4 -Digestor de 2 etapas	24
Foto # 5 -Tornillo descargador	24
Foto # 6 -Área de lavado de pulpa	26
Figura # 3 -Sistema de descarga	28
Figura # 4 -Sistema de control de escape de vapor	32
Figura # 5 -Instrumento controlador de nivel	35
Figura # 6 -Transmisor remoto de nivel	37
Figura # 7 -Válvula neumática para pulpa	40
Foto # 7 -Válvula automática con adaptaciones	42
Figura # 8 -Cambios en el sistema de descarga	43
Foto # 8 -Medidor registrador de flujo	45
Figura # 9 -Ubicación final de válvula automática	47



## ANTECEDENTES

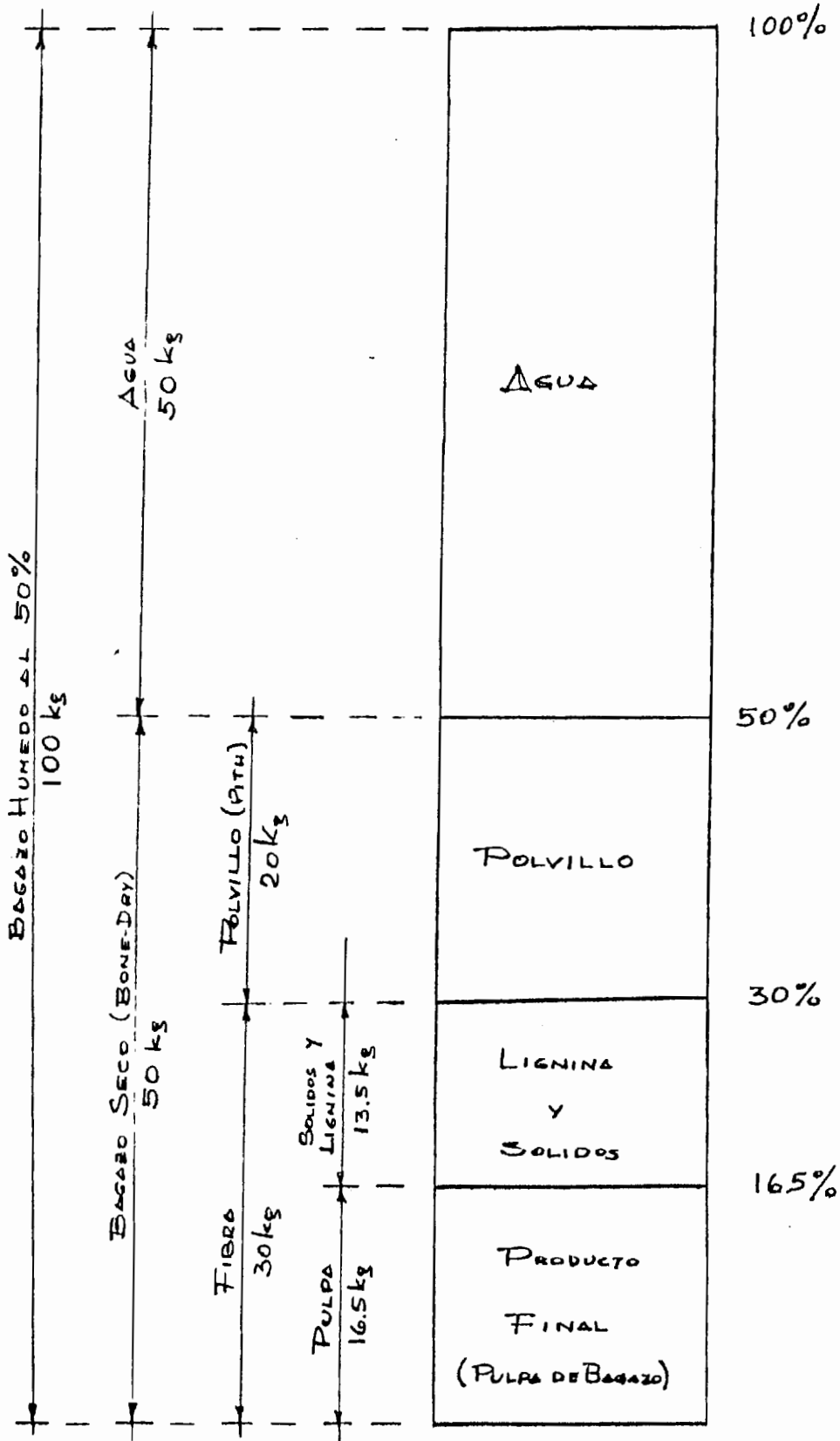
PAPELERA NACIONAL S.A. Planta de fabricación de papel instalada en el Ingenio San Carlos, fue diseñada para producir papel kraft en sus varios gramajes o pesos: Kraft wrapping, kraft bag, Liner y Corrugado medio.

Con el afán de no depender enteramente del desperdicio de cartón y tener otro renglón de comercialización, se instaló una planta piloto para la fabricación de pulpa de papel a partir de la fibra del bagazo de caña, por su extensa área de utilización ( Cuadro # 1 ) y facilidad de adquisición de materia prima, considerando la disponibilidad que ofrecía la cercana ubicación de Ingenio San Carlos y la posibilidad de efectuar y probar nuevos métodos en la fabricación de pulpa.

Para propósitos estimativos, se asume que por cada 1,0 kg de azúcar producida hay un residuo de 1,5 kg de bagazo y considerando que la producción por zafra del Ingenio San Carlos era de aproximadamente 1'070.000 sacos de 45,36 kg (100 lb) c/u., obtendríamos 73.000 toneladas métricas (anualmente) de bagazo que se considera como cantidad potencial de materia prima.

El porcentaje aprovechable como pulpa para papel es del 16,5 % (Cuadro # 2), distribuidos de la siguiente forma: De 100 kg de bagazo recibido del ingenio para su

# COMPONENTES PORCENTUALES DEL BAGAZO



CUADRO N° 2

procesamiento en la planta de pulpa, se considera que 50 kg es bagazo seco (B.D.), es decir libre de humedad y los otros 50 kg es el peso del agua.

De los 50 kg de bagazo (B.D.) se separa en el desmedulador el 40 % en forma de pith, (medula o polvillo) el cual químicamente es igual a la celulosa pero carece de su estructura fibrosa; la fibra de pulpa tiene una longitud mínima de 0,8 mm y una máxima de 2,8 mm siendo su promedio de 1,7 mm, medida que es inferior a la de las fibras coníferas de alrededor de 3,5 mm ; el contenido de cenizas se lo considera bastante alto con relación al resto de fibras para papel. El 60 % que resta del proceso de desmedulado es fibra apta para el cocimiento (30 kg).

Estos 30 kg al ser sometidos al proceso de cocimiento junto con sosa cáustica y vapor, sufren una reacción química desprendiéndose la lignina y otros sólidos, quedando el 55 % como pulpa de bagazo es decir 16,5 kg que equivalen al 16,5 % de la materia prima procesada.

La pulpa para papel del bagazo de la caña de azúcar se la obtiene industrialmente, primero realizando una separación de la fibra y el polvillo, pasando luego la fibra a cocimiento con vapor y sosa cáustica para separar la lignina y los sólidos solubles, quedando la pulpa que es la materia deseada para la elaboración de las diferentes clases de papel kraft que produce la planta.

En el área de cocimiento de la fibra se observó una

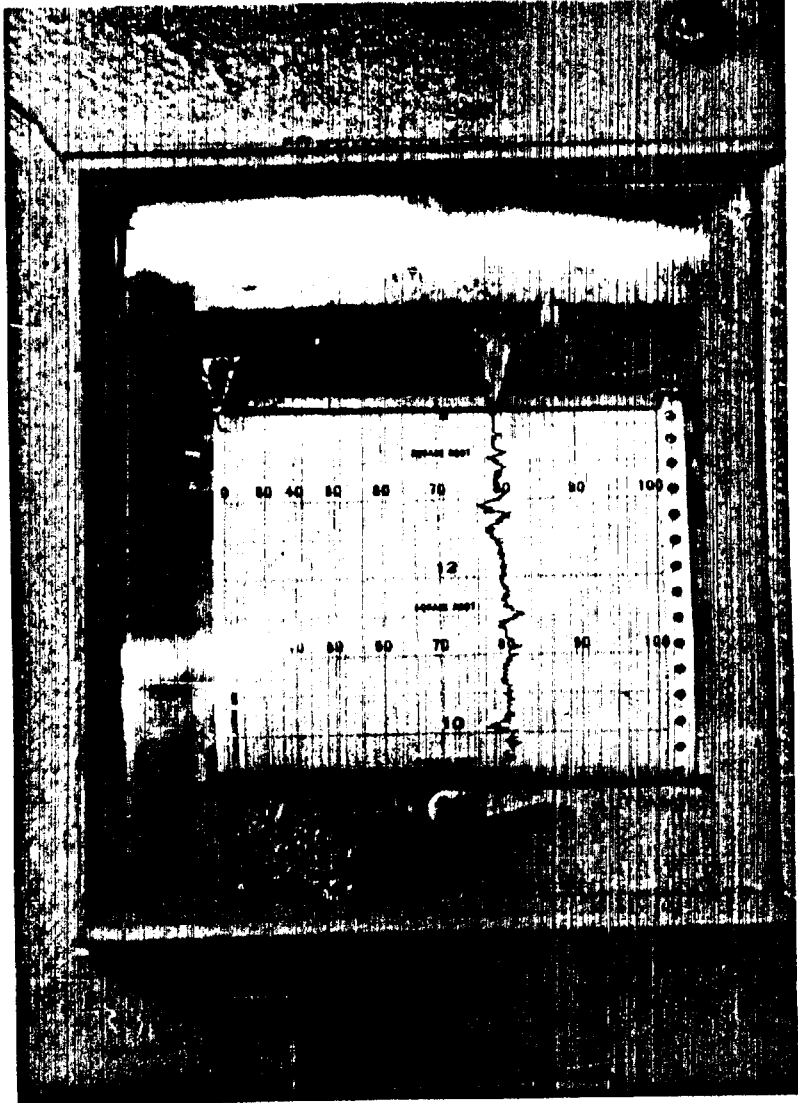
continua salida de vapor al ambiente como pérdida que nos llamo la atención y preocupó, por lo que decidimos analizar el problema y corregirlo en la medida de lo posible.

Nuestro control gráfico de flujo de vapor (Foto # 1) nos indicaba un consumo de 3.630 kg/h (8.000 lb/h) para una producción de diseño de 1.700 kg/h de pulpa y se estimó que las pérdidas de vapor al ambiente fluctuaban en alrededor de 55-60 % del total del vapor consumido en la planta de pulpa; esto nos impulsó a tomar la decisión de corregir esta anomalía.

Nuestro primer análisis consistió en determinar las necesidades de vapor en el digestor para el cocimiento de la fibra, que resultó ser de aproximadamente 1.500 kg/h, deduciendo que el resto de nuestro consumo (es decir 2130 kg/h) constituían pérdidas al medio ambiente.

Una vez que se había logrado determinar cuantitativamente las pérdidas de vapor a la atmósfera, se pasó a analizar el aspecto económico, es decir el costo en sucres que ellas representaban, luego decidir la mejor alternativa para corregirla y poder cuantificar la inversión así como determinar si el proyecto de rediseño del sistema era o no rentable.

En la época de su instalación, poquísimas plantas de este tipo existían en el mundo y debido a esto se carecía de suficientes técnicos y personal experimentado, por lo que una vez instalada, fueron apareciendo problemas que



MEDIDOR-REGISTRADOR DE FLUJO DE VAPOR  
EN lb/h ANTES DE LAS MODIFICACIONES

Foto # 1

debieron ser solucionados por técnicos extranjeros y luego por los nacionales que tuvimos la oportunidad de aprender su operación y mantenimiento.

El presente informe técnico es la narración de uno de los trabajos de cambios o rediseños que se realizó en la planta de pulpa de Papelera Nacional.

## CAPITULO I

### DEFINICION DEL PROBLEMA

#### 1.1.- DESCRIPCION DEL PROCESO DE FABRICACION (Fig. # 1)

La pulpa de bagazo de caña de azúcar debe ser extraída mediante un proceso que describimos a continuación:

SOPLADO.- Es el proceso mediante el cual se envía desde el ingenio azucarero el bagazo de caña en una cantidad aproximada de 26.000 kilogramos por hora. Su humedad es de alrededor del 50 %, contiene aproximadamente 52 % de celulosa, 20 % de lignina y 25 a 30 % de médula o "pith".

El aire es impulsado por un soplador rotativo de dos lobulos espirales acoplado a un motor eléctrico de 100 H.P. a través de una tubería de 350 mm de diámetro y 120 m de longitud. En el extremo inicial se encuentra instalado un alimentador rotativo que introduce el bagazo en la tubería, soplandola por este medio hasta la planta de bagazo en Papelera Nacional en donde se separa el aire del bagazo, por medio de un separador ciclónico, cayendo el bagazo por la parte inferior de éste.

AREA DE PREPARACION DE FIBRA O DESMEDULADO.- (Foto #2) El desmedulado consiste en separar la fibra del polvillo o "pith" que se lo retorna al ingenio azucarero para ser

# DIAGRAMA DE FLUJO PARA PRODUCCIÓN DE PULPA

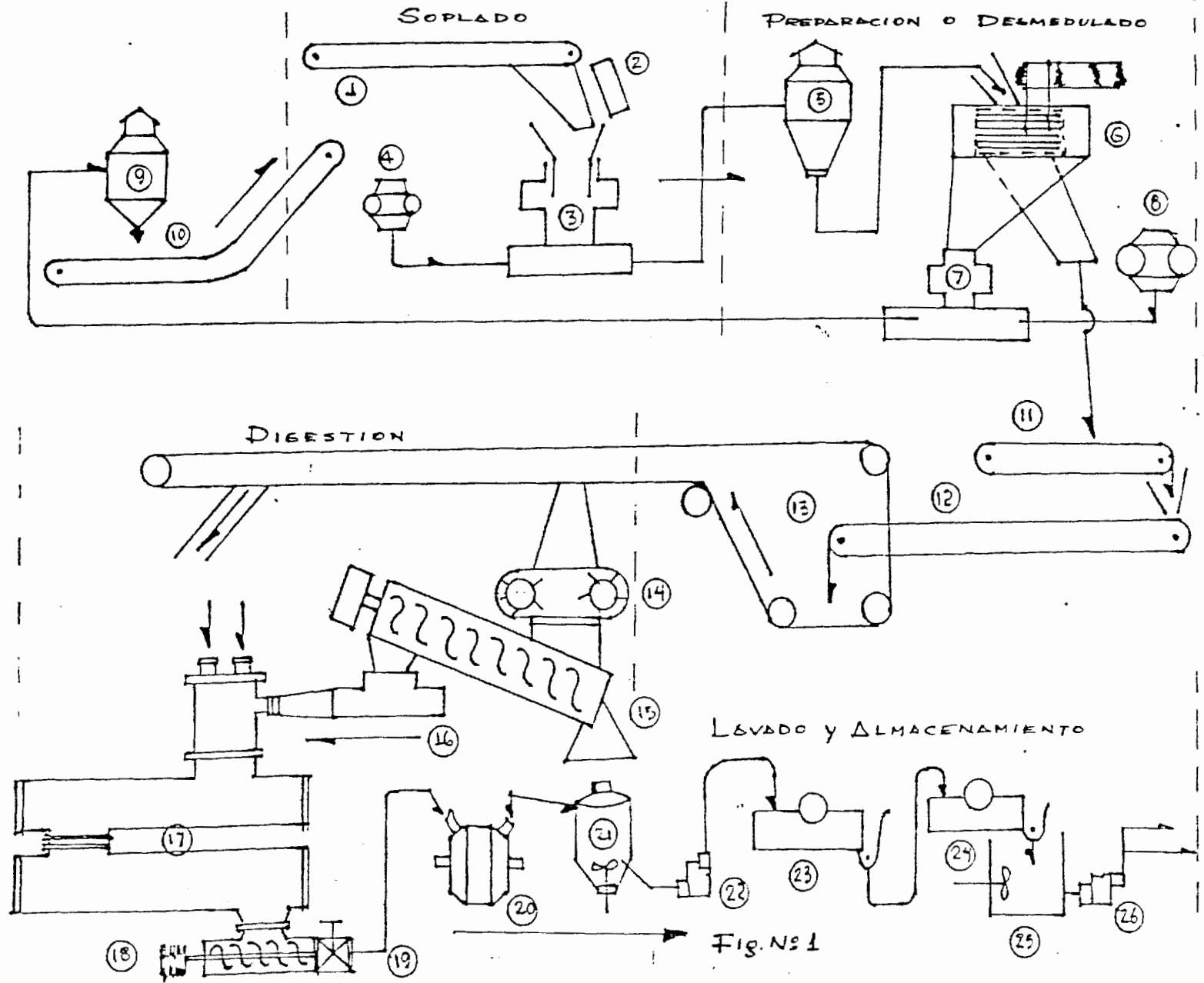
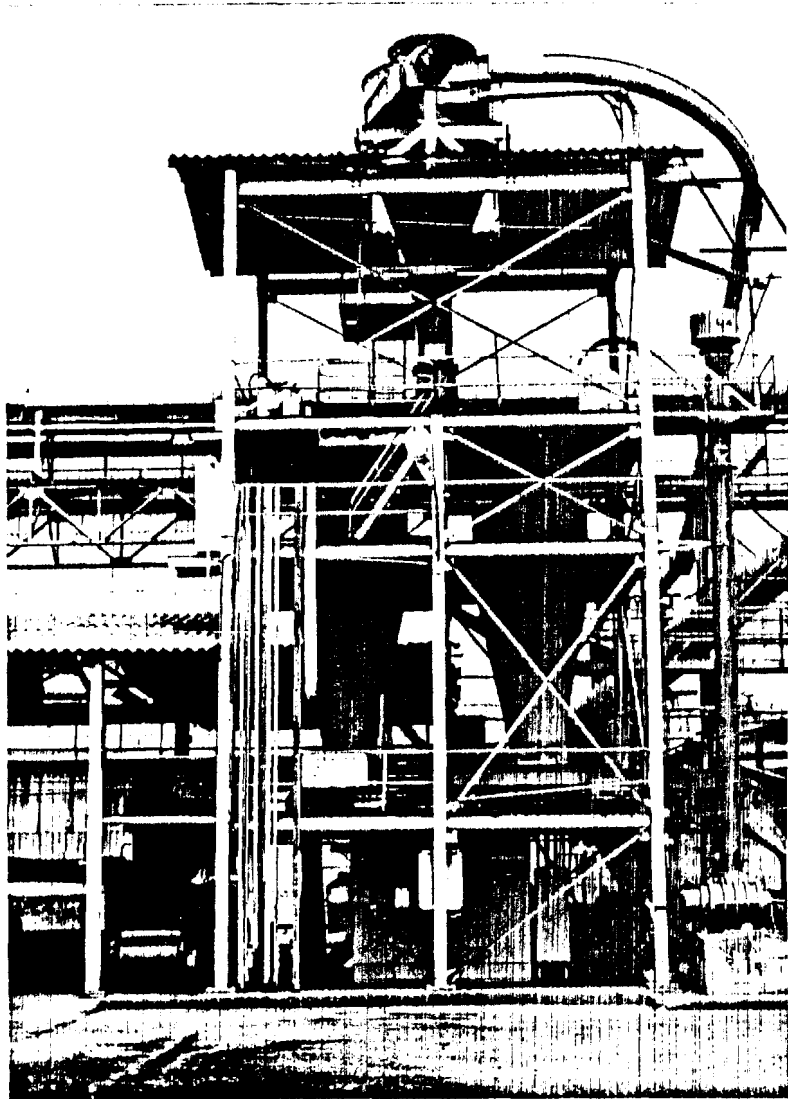


Fig. N.º 1



## LISTADO DE LOS EQUIPOS DEL DIAGRAMA DE FLUJO

- (1) → TRANSPORTADOR DE BAGAZO
- (2) → IMAN PARA RETIRAR IMPUREZAS FERROSAS
- (3) → ALIMENTADOR ROTATIVO DE BAGAZO
- (4) → SOPLADOR DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO
- (5) → CICLÓN SEPARADOR AIRE-BAGAZO
- (6) → MOLINO DESMEDULADOR
- (7) → ALIMENTADOR ROTATIVO DE POLVILLO
- (8) → SOPLADOR DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO
- (9) → CICLÓN SEPARADOR AIRE-POLVILLO
- (10) → TRANSPORTADOR DE POLVILLO A LAS CALDERAS
- (11) → TRANSPORTADOR DE BANDA PARA FIBRA ACEPTADA
- (12) → TRANSPORTADOR-BALANZA DE FIBRA ACEPTADA
- (13) → TRANSPORTADOR DE BARAJAS PARA FIBRA
- (14) → ALIMENTADOR-DOSIFICADOR DE FIBRA (PIN-FEEDER)
- (15) → GUSANO TRANSPORTADOR-IMPREGNADOR DE LICOR NEGRO
- (16) → GUSANO ALIMENTADOR (SCREW-FEEDER)
- (17) → BIBESTOR
- (18) → GUSANO DESCARGADOR
- (19) → VALVULA DE DESCARGA
- (20) → REFINADOR
- (21) → TANQUE DE SOPLADO (BLOW-TANK)
- (22) → BOMBA DE PULPA Y LICOR NEGRO
- (23) → LAVADORA DE PULPA # 1
- (24) → LAVADORA DE PULPA # 2
- (25) → TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE ALTA DENSIDAD
- (26) → BOMBA DE PULPA DE BAGAZO



AREA DE DESMEDULADO

Foto # 2

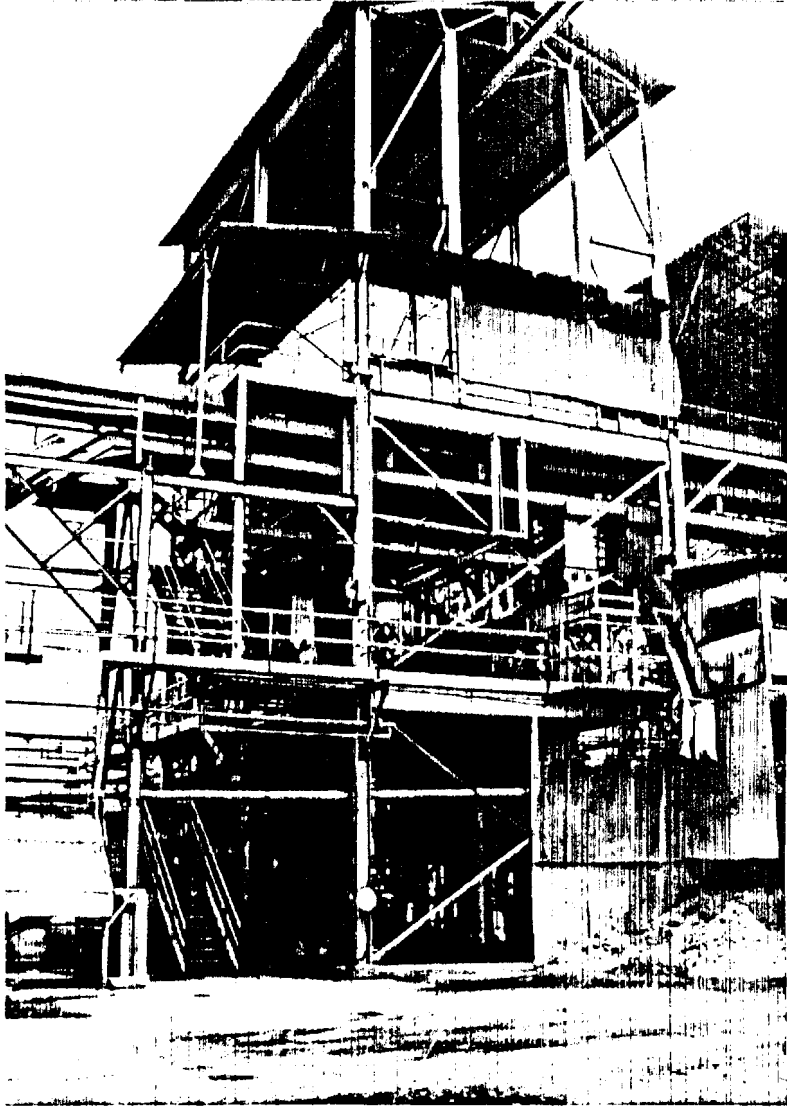
utilizado como combustible. Este polvillo que se separa es el 25 % del bagazo seco (bone-dry).

El proceso se lo efectúa con dos molinos PEADCO provistos de canastillas de 1 m de diámetro, movidos por motores electricos de 75 H.P., provistos de martillos que giran a 1750 rpm dentro de una canastilla fabricada con plancha de acero perforado de 8 mm de espesor y huecos de 9 mm; estos martillos al girar, golpean el bagazo y lo friccionan contra las paredes de la canastilla ocasionando con esto que la medula o pith se separe de la fibra y junto con el aire pasen a través de las perforaciones de la canastilla al exterior de ésta siendo recogida por la cubierta del desmedulador que la dirige a un transportador de banda. La fibra libre de médula que se encuentra en el interior de la canastilla, cae en un transportador de banda llevándola al proceso. Esta fibra es la que será usada ulteriormente en la fabricación de la pulpa.

La fibra apta para ser procesada pasa entonces por un transportador-balanza y luego por un transportador de barajas para ser llevada a cocimiento (digestión).

DIGESTION. - (Foto #3) Es el proceso de cocimiento de la fibra de bagazo que se efectúa con la adición de vapor y sosa caustica diluida al 20 % y por medio del cual se consigue disolver y extraer del bagazo la lignina, las ceras y otros elementos solubles en sosa caustica.

El proceso de digestión (Fig.#2) se inicia al caer la fibra



AREA DE COCIMIENTO O DIGESTION

Foto # 3

# PROCESO DE DIGESTION

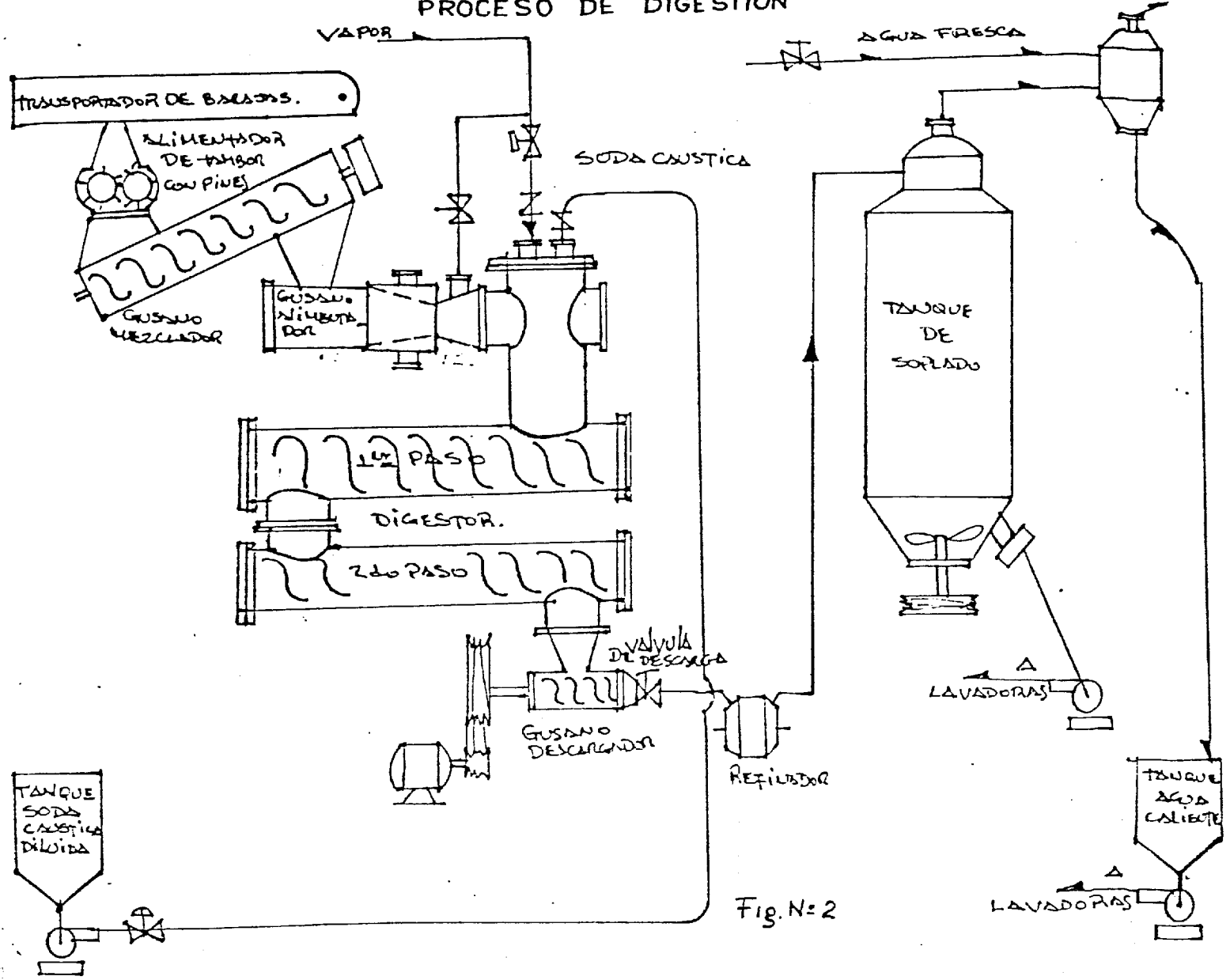


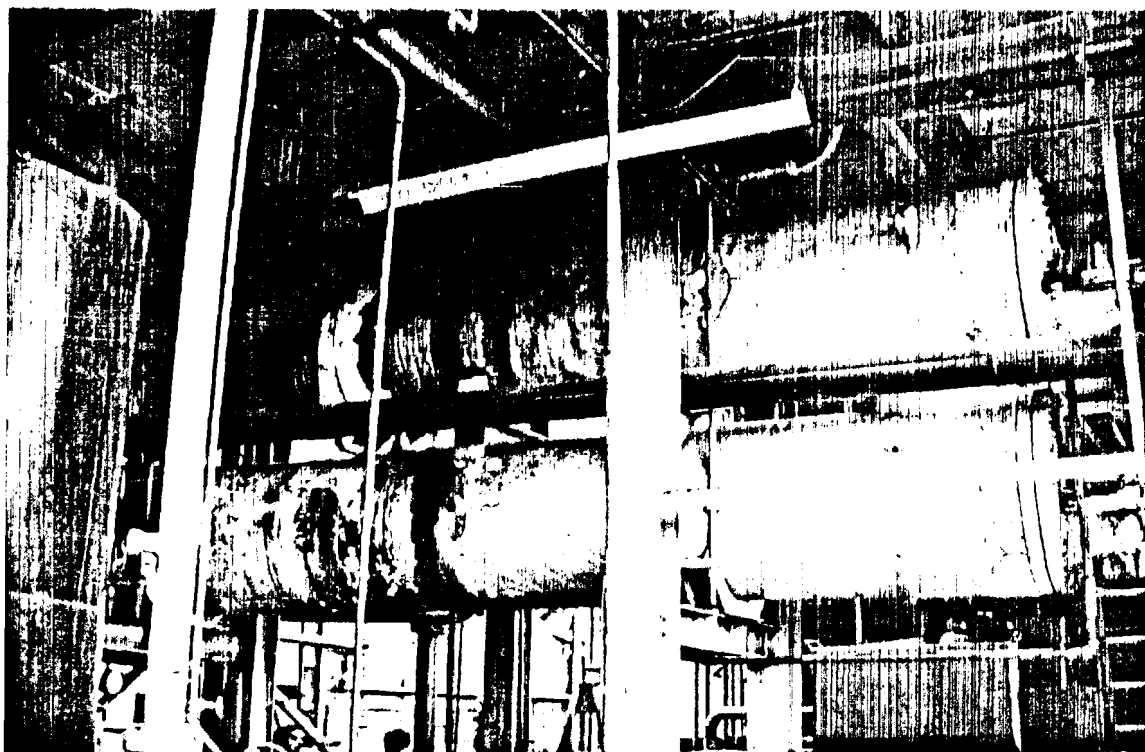
Fig. N=2

INDUSTRIAL

del transportador de barajas en la tolva del alimentador de pines (pin-feeder) que está provisto de un motorreductor de velocidad variable para la regulación continua de la alimentación de fibra al proceso; cae entonces la fibra en un transportador helicoidal donde recibe la adición de licor negro, mezclandose completamente y continuando hasta el extremo de descarga pasando al alimentador de tornillo (screw-feeder) el cual comprime la fibra extrayendole el licor que sale mezclado con impurezas y solidos solubles e insolubles; esta fibra al ser comprimida, forma un tapón estanco para el vapor y la sosa cáustica diluida que entran continuamente al digestor.

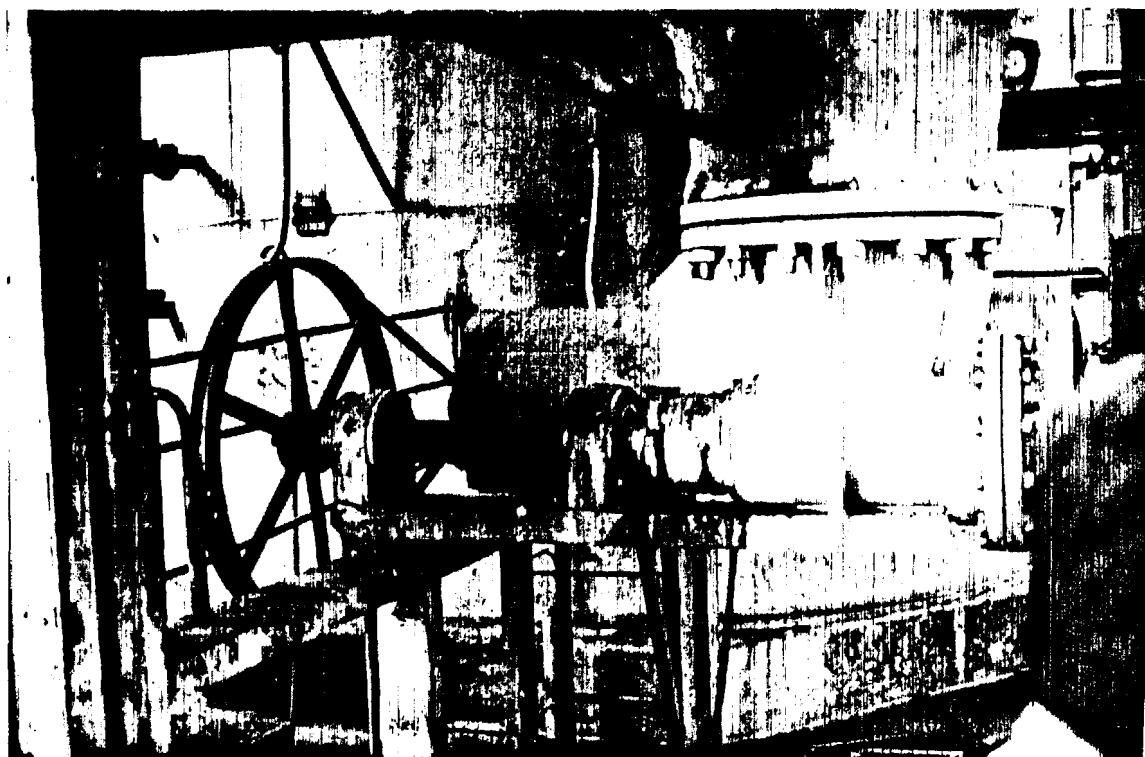
El digestor (Foto #4) consiste en dos tubos horizontales de 0,76 m de diámetro por 6m de largo, conectados entre si y recubiertos internamente con acero inoxidable dentro de los cuales giran transportadores helicoidales que conducen la fibra sucesivamente por los dos tubos (primer y segundo paso), entregando el material por la parte final del segundo tubo al gusano descargador (Foto #5), que se encarga de impulsar la pulpa hacia el orificio de salida.

La presión de vapor utilizada en este proceso es de 0,76-0,79 MPa (110-115) lb/pulg<sup>2</sup> y el tiempo en que se efectúa la cocción es de aproximadamente 20 minutos, transcurridos los cuales la fibra y el liquido que contiene los reactivos quimicos gastados y la solución de las sustancias indeseables, denominada licor negro pasan a través del sistema de descarga y de un refinador, que separa los haces



DIGESTOR DE DOS ETAPAS (AREA DE COCINIENTO)

Foto # 4



TORNEO DE DESCARGA (SALIDA DEL DIGESTOR)

Foto # 5

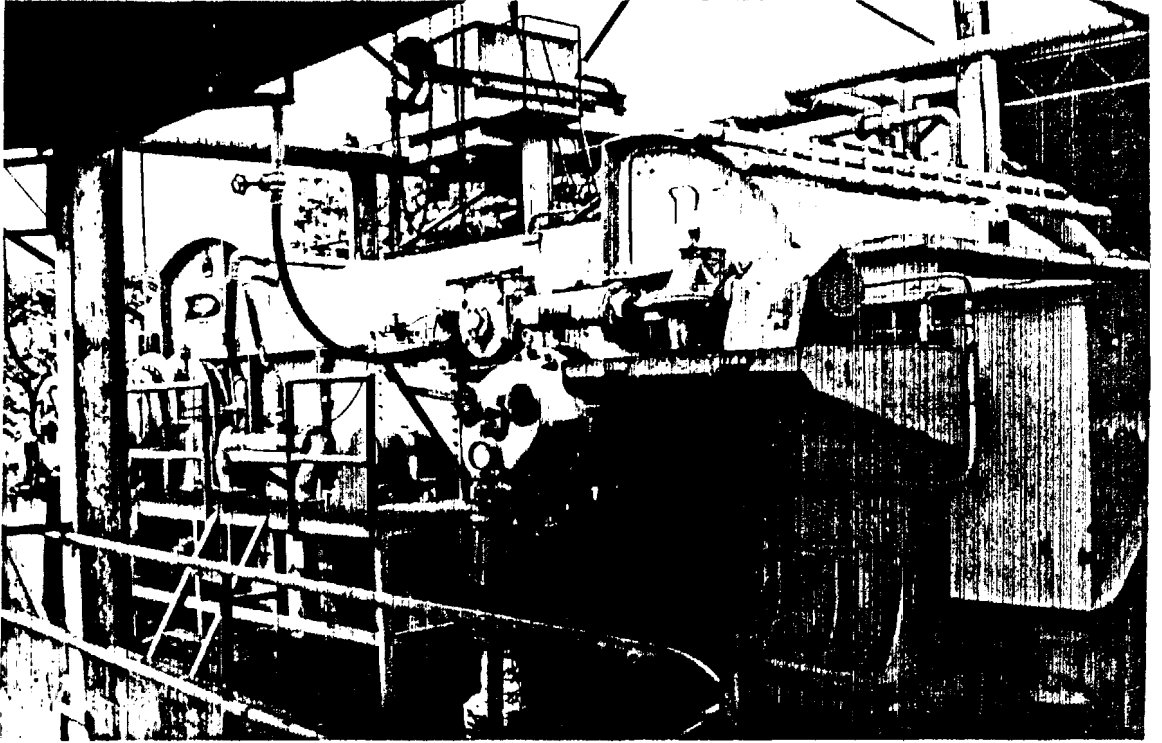
fibroso mediante la acción mecánica de discos ranurados; llegando luego al tanque de soplado (blow-tank) con una consistencia aproximada de 24 %.

LAVADO Y ALMACENAMIENTO.- En el tanque de soplado (blow-tank) se adiciona licor negro hasta una consistencia de aproximadamente 4 %, luego la pulpa es enviada al lavado.

El proceso se lo efectúa utilizando dos lavadoras de tambor rotatorio (Foto #6) marca Dorr-Oliver, consistiendo cada una en un tanque rectangular de 2 m de ancho por 4 m de largo y 1,8 m de altura. En el interior del tanque gira un cilindro instalado en forma horizontal de 2 m de diámetro por 1,8 m de largo el cual está recubierto por malla de acero inoxidable (mesh 40) que permite el paso del licor negro hacia el interior del cilindro, descargándolo por la parte central del eje sobre el cual gira. La fibra al quedar libre del licor negro, queda adherida a la cara externa del cilindro donde recibe lavado adicional con chorros de agua a 50 grados centígrados, luego de lo cual es retirado por medio de rodillos ranurados de caucho que se encargan de separarla de la malla y depositarla en un tanque intermedio, pasando luego a la segunda lavadora que con el mismo sistema de la primera, completa el lavado.

Esta pulpa limpia y con una consistencia aproximada al 8 %, va al tanque de almacenamiento de alta densidad que contiene en su interior un agitador con el propósito de mantener homogénea la pulpa.





AREA DE LAVADO DE PULPA (LAVADORAS #1 Y #2)

Foto # 6

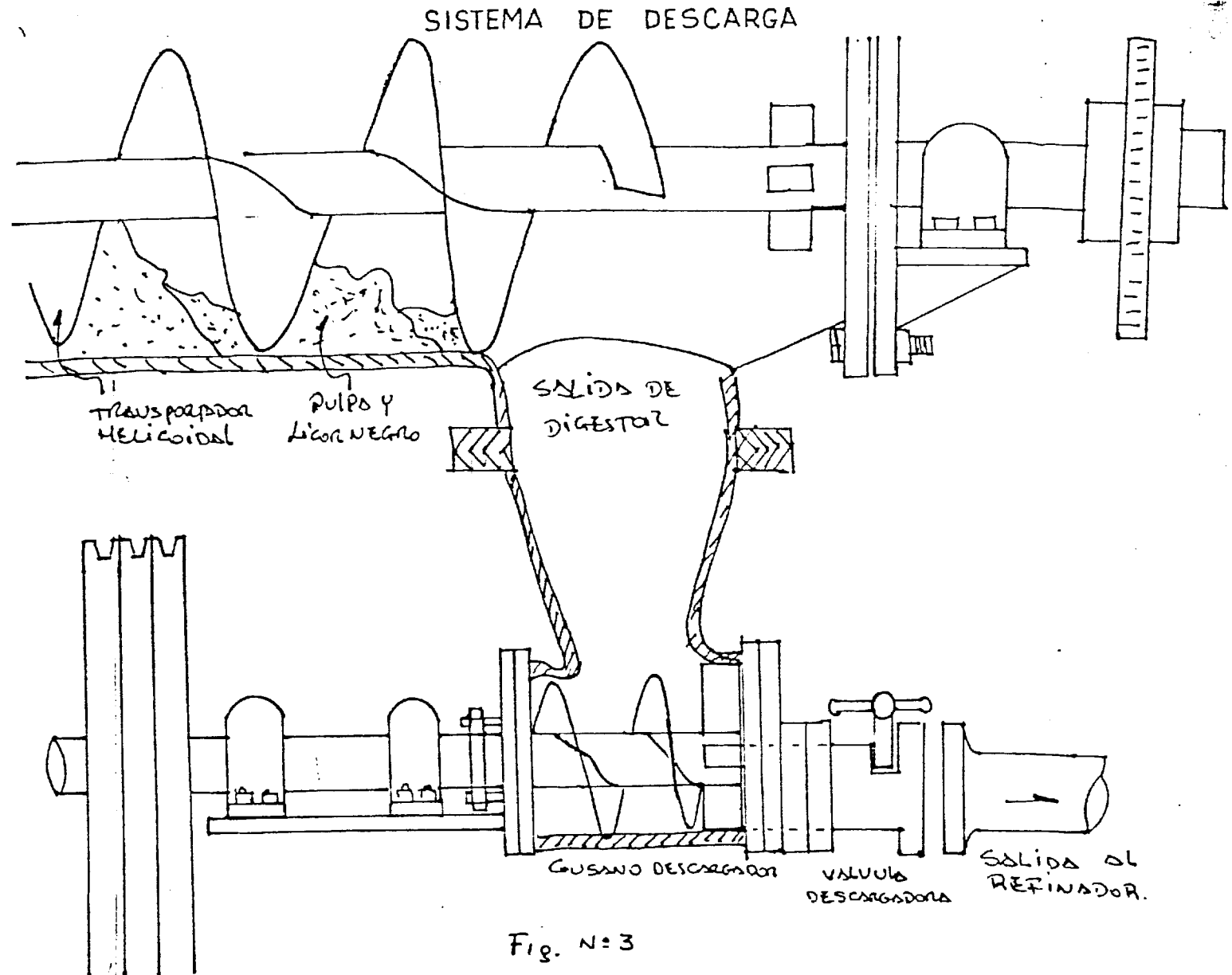
Si la capacidad de producción de la planta es lo suficientemente alta, esta pulpa es enviada a una máquina extractora de agua (wet-lap machine) que elimina un alto porcentaje de humedad convirtiendo la pulpa en fardos de láminas para su almacenamiento o venta.

## 1.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE DESCARGA

El sistema de descarga (Fig. #3) se encuentra al final del área de digestión y consiste de dos partes principales: el gusano descargador y la válvula de descarga o soplado.

El gusano de descarga, consiste en un transportador de tornillo helicoidal encargado de recoger todo el material que sale de la última etapa del digestor y enviarlo hacia la válvula de descarga; tiene en su extremo cuatro aspas que al girar impiden que se obstruya la pequeña abertura de aproximadamente 1 pulg<sup>2</sup> que tiene la válvula de soplado o descarga. Otra función importante del gusano descargador es la de dosificar la salida de pulpa a través del sistema.

La válvula de descarga o soplado es una parte importante del sistema ya que debe cumplir varios requisitos: a) debe ser lo suficientemente rápida en su accionar para que manualmente se la cierre o abra y de esta forma evitar obstrucciones que no han podido ser eliminadas por las aspas del gusano descargador; b) ser suficientemente resistente para soportar los continuos cambios de temperatura y c) que por una área reducida de descarga



SISTEMA DE DESCARGA

TRANSPORTADOR  
HELICOIDAL

PULPA Y  
LICOR NEGRO

SALIDA DE  
DIGESTOR

GUSANO DESCARGADOR

VALVULA  
DESCARGADORA

SALIDA AL  
REFINADOR.

Fig. N:3

permite el paso a altas velocidades de la fibra de bagazo la cual es sumamente abrasiva. Esta válvula por sus características presta una importante ayuda en mantener presurizado el digestor.

### 1.3.- ANALISIS DEL SISTEMA EXISTENTE

Por ser una planta experimental el funcionamiento del sistema existente nos permitio descubrir problemas que constantemente procurábamos resolver, siendo uno de ellos el excesivo desperdicio de vapor que ocurría a través de la válvula de descarga y que se detectaba como una salida continua de vapor por la parte superior del tanque de soplado (blow-tank).

Durante la normal operación de la planta, la válvula permanece totalmente abierta para permitir la libre salida de la pulpa, pero como la descarga de la segunda etapa del digestor al gusano descargador es efectuada también por un transportador helicoidal, debido a su lenta rotación (1,4 r.p.m.), ocasiona que la salida de pulpa se efectúe en una forma intermitente, esto es, permitiendo que existan periodos en los cuales no sale fibra sino solamente vapor.

La salida alternada de vapor y de pulpa con licor, imprime a ésta una alta velocidad, recorriendo el trayecto (12 m) entre la válvula de descarga y el tanque de soplado (pasando por el refinador) en aproximadamente 1 seg. Toda esta gran cantidad de vapor que se escapa hace que el

tanque de soplado se presurice aproximadamente a 35 kPa (5 lb/pulg<sup>2</sup>).

Lo óimamente expuesto nos lleva a la conclusión que además de existir un gran desperdicio de vapor, se estaba llevando a cabo una refinación muy deficiente debido a que por su alta velocidad la fibra es retenida solo fracciones de segundo en el refinador; esto era corroborado por la gran cantidad de haces fibrosos de gran tamaño presentes en la pulpa lavada.

#### 1.4 JUSTIFICACION Y OBJETIVOS.

Una vez que se habfa detectado el problema, se pasó a estudiar la posibilidad de rediseñar el sistema de descarga existente, por uno que no tenga pérdida de vapor, tenga mejor eficiencia y además sea mas confiable, evitando los innumerables problemas ocurridos en el gusano y válvula de descarga que ocasionaba pérdidas de tiempo de producción, por mantenimiento y reparaciones realmente altas que se las consideró inaceptables.

Financieramente se determinó que la recuperación del total de la inversión que requería éste proyecto se la lograría en aproximadamente ocho y medio meses; valor éste que por ser tan bajo, justificaba sin duda alguna emprender la realización del rediseño.

## CAPITULO II

### SOLUCION DEL PROBLEMA

#### 2.1 ALTERNATIVAS PROPUESTAS

Considerando que las causas principales de los problemas de producción y mantenimiento eran : a) que la válvula de descarga permitía el libre flujo de vapor, b) el gusano de descarga tenía continuas obstrucciones y c) el refinador daba una inadecuada refinación, se estudiaron las siguientes alternativas:

- 1.- Mantener el gusano mezclador sin modificaciones y cambiar la válvula de descarga por una de mayor diámetro, operada neumáticamente con orden manual.
- 2.- Cambiar la ubicación de la válvula de descarga e instalar sensores de nivel sobre el gusano descargador.
- 3.- Rediseño de la descarga con cambio de tipo y ubicación de la válvula de descarga e instalación de un control de flujo del vapor que escapaba del digestor.

#### 2.2 ALTERNATIVA USADA

Se decidió por la alternativa #3, debido a que los elementos necesarios o sus reemplazos para la instalación estaban a nuestra disposición y además brindaba mayores perspectivas de éxito.

Esta alternativa consistía en la eliminación de la válvula de descarga instalada, correctaneo en su lugar un tanque (reservorio) transitorio, llenado parcialmente de fibra y licor negro, hasta un nivel precalculado, con una descarga en la parte inferior que impediría la salida del vapor y además detendría las materias extrañas como pernos, tuercas, tornillos, etc. que cruzan con el flujo de pulpa y que al pasar por el refinador, malogran sus discos.

Se instaló, además una válvula de compuerta en V automática en la salida de este reservorio; esta válvula deberá tener elementos sensibles que reciban la señal para cierre y abertura desde el transmisor del control de nivel instalado en el tanque reservorio de pulpa.

### 2.3 CONSTRUCCION E INSTALACION

Primeramente fue necesario diseñar el control para el flujo del vapor de escape que consistió en un tanque-trampa de vapor que detendría también los objetos extraños que venían en el flujo de la pulpa (Fig. #4).

Datos:

Volumen aprox. de fibra y licor negro (que sale por la descarga intermitentemente).....	25.800 cm <sup>3</sup>
Tiempo de duración de cada periodo de descarga.....	43 segundos

SISTEMA DE CONTROL DE ESCAPE DE VAPOR

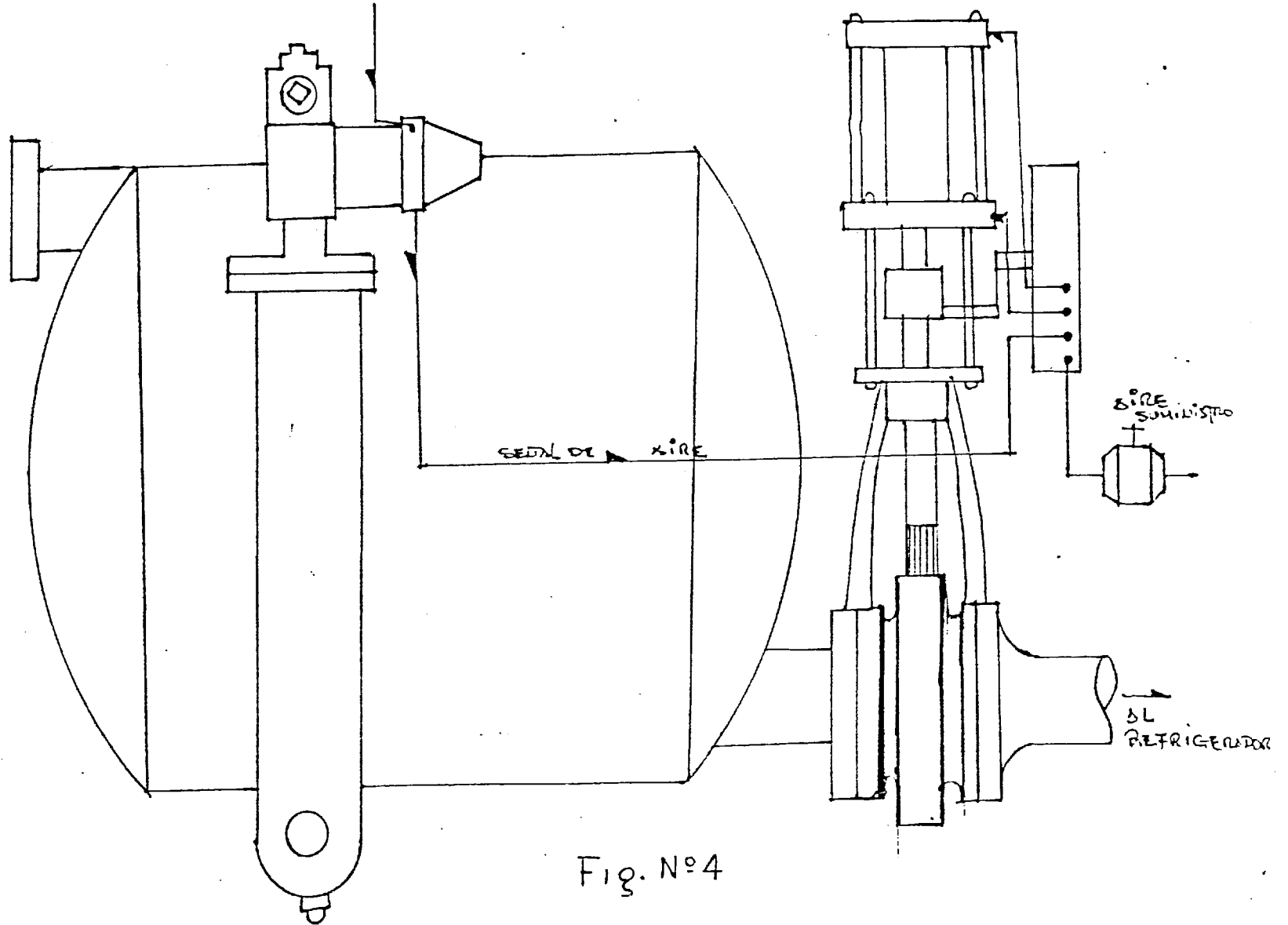


Fig. N°4



**Condiciones:**

- La válvula de descarga, en la salida del tanque, debe mantener su posición o variar lo menos posible para que el proceso de refinación sea estable.

-Variación del nivel de pulpa y licor negro.....+/- 5 cm

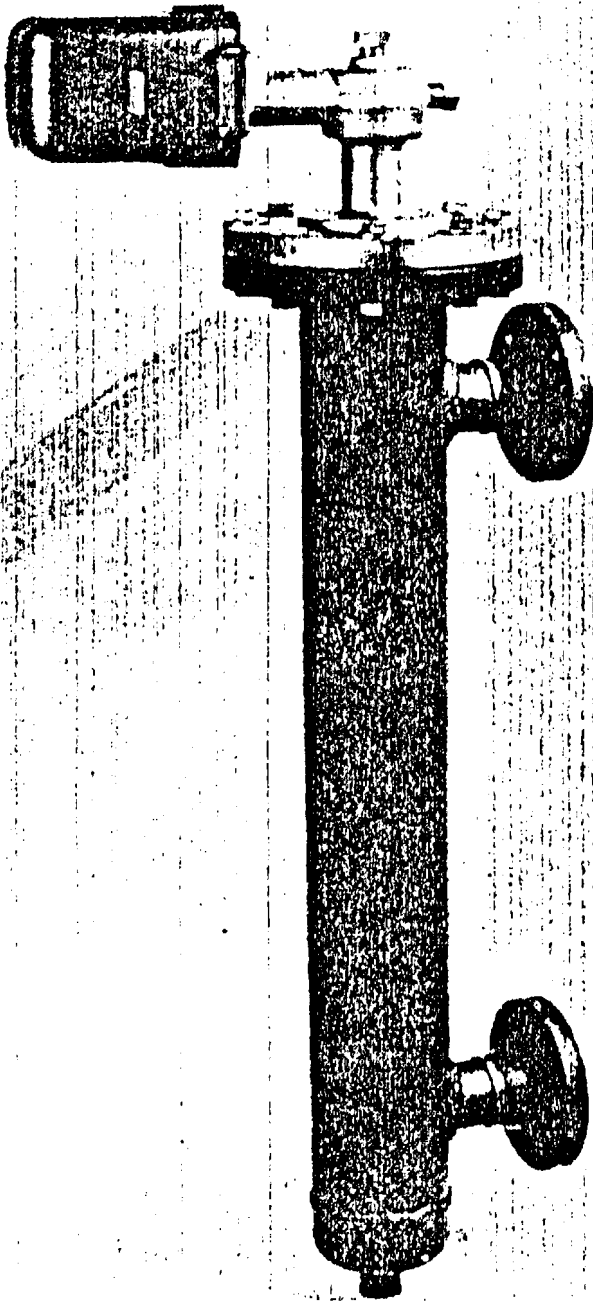
**Desarrollo:**

Se contaba con un tanque para 3,1 MPa (450 lb/pulg<sup>2</sup>) de 0,60 m de diámetro y 1,5 m de altura utilizado anteriormente como tanque reservorio de aire, que colocado verticalmente no satisfacía la condición de variación de altura de llenado que debía recibir el tanque; resolviéndose esta dificultad al cambiar la posición del tanque de vertical a horizontal que nos dio una superficie de 9.000 cm<sup>2</sup> lo que significaba que la variación de nivel cada 43 segundos sería de 2,5 cm, que estaba dentro de los límites de nuestras condiciones impuestas.

Se instalaron al tanque dos entradas de 114 mm de diámetro (una superior y otra inferior). La entrada superior serviría para el ingreso de la pulpa y la inferior para la salida. Los soportes del tanque fueron lo suficientemente flexibles para absorber su expansión térmica, cuidando también que el resto de las instalaciones tengan el material técnicamente adecuado como tubería SCH 80 y accesorios para 2,05 MPa (300 lb/pulg<sup>2</sup>)

**SELECCION DE TIPO DE CONTROLADOR DE NIVEL**

Sobre nuestro tanque descrito se instaló el instrumento controlador de nivel (Fig. #5).



17BC buoyancy transmitter

Fig. No 5

Para seleccionar un tipo de controlador de nivel automático, el factor principal que debe considerarse es "que precisión" de control se requiere (los resultados deseados) y "cuan dificultoso" es el control del proceso (la controlabilidad).

Los resultados deseados. En algunos casos es el preciso apego al punto de control y otros casos, es solo necesario mantener la medida en un rango comparativamente amplio. Por esta razón, para facilitar la selección del controlador y para un bajo costo inicial, se debe de seleccionar el controlador mas simple que produzca los resultados deseados.

La controlabilidad. Envuelve un completo análisis de todos los factores que contribuyen a la "dificultad" de un proceso y está fuera del análisis de este informe.

Condiciones que debía de reunir el controlador de nivel:

- 1.- Medir cambios de nivel en un recipiente presurizado
- 2.- Adaptarse adecuadamente a los cambios de temperatura
- 3.- Poder sensar cambios de nivel con precisión y exactitud.
- 4.- No ser influenciado por los cambios de consistencia de la pulpa ni por los haces fibrosos que normalmente estropearían el transmisor.
- 5.- Resistir el ataque de sosa cáustica.

6.- Trabajar adecuadamente en una área de alta utilización de chorros de agua.

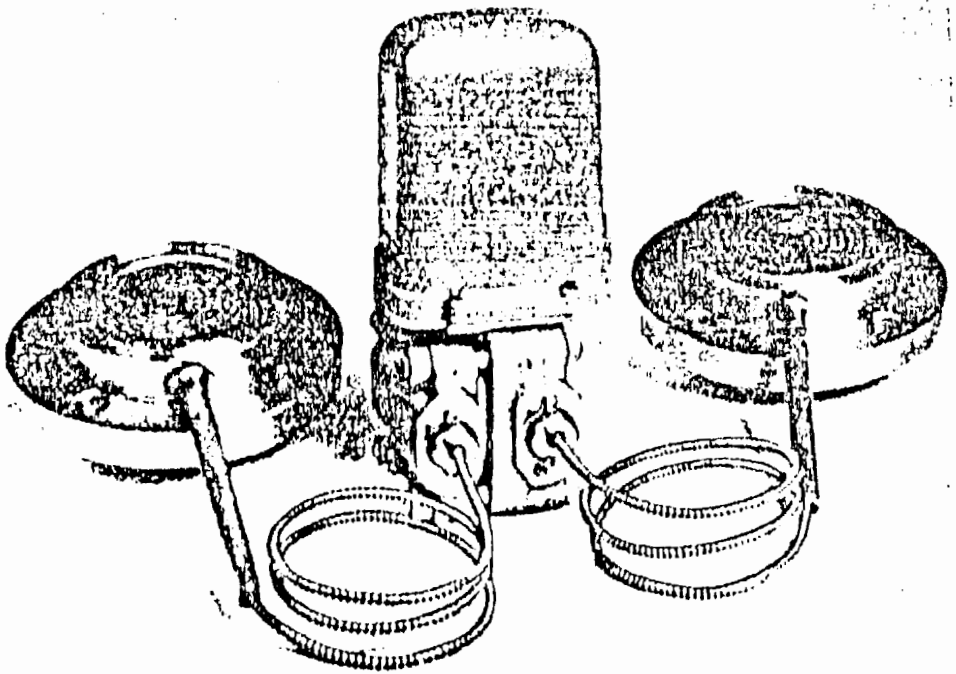
El transmisor que reunía los requisitos anteriormente enumerados, era el transmisor remoto de nivel por celdas de líquido sellado modelo 13DMF marca Foxboro (Fig. #6).

#### CONTROL DE NIVEL INSTALADO

Debido a las dificultades de conseguir el modelo 13DMF por sus complejas características y su largo tiempo de entrega (en caso de importación), se decidió por la instalación de un transmisor de densidad que teníamos como repuesto y que se adaptó para que funcione bajo las condiciones impuestas como controlador de nivel. El controlador disponible era el modelo 17BC de flotador que, a pesar de ser diseñado para medir y controlar densidad se le efectuó las correcciones necesarias (bajando el peso del flotador) para que funcione como boya. En el caso de controlar densidad el "flotador" debe de ir sumergido totalmente en el líquido a medirse y su peso debe de estar exactamente calculado para que en el momento de un cambio en la densidad, este, reaccione posicionándose en diferente lugar, dando como consecuencia un cambio en la señal de salida del instrumento.

Una vez que se instaló el flotador con su peso original disminuido, este reaccionó como esperábamos, es decir flotando sobre el nivel del líquido, estando de esta forma listo para trabajar como controlador de nivel. Es de anotar que la instalación de este tipo de controlador ~~causó~~





13DMP remote seal liquid level transmitter

Fig. No 6

problemas durante la corrida de pruebas, ya que la pulpa que ingresaba por la parte inferior del instrumento se acumulaba e impedía el normal desplazamiento de la boya con la consiguiente errática señal de salida del transmisor. Este problema se lo solucionó instalando en la parte superior una entrada controlada de agua a través de un rotámetro, manteniendo un flujo de 4-4,5 litros por minuto con lo que se solucionó definitivamente el problema.

La señal neumática de salida del transmisor de este modelo (17BC) es de 20,5-105 kPa (3-15 lb/pulg<sup>2</sup>) la cual es enviada a la válvula automática de control de salida de pulpa.

#### DESCRIPCION DE LA VALVULA AUTOMATICA

Dentro de los requisitos que debía cumplir ésta válvula, podemos citar los siguientes:

- 1.- Recibir señal neumática de 20,5-105 kPa (3-15 lb/pulg<sup>2</sup>)
- 2.- Estar diseñada para trabajar a 1,05 MPa (150 lb/pulg<sup>2</sup>) a una temperatura de saturación de 180 grados centígrados.
- 3.- Controlar adecuadamente pequeños y grandes flujos de pulpa sin sufrir obstrucciones y
- 4.- Resistir la acción abrasiva de la pulpa de bagazo.

La válvula que cumplía los requisitos enumerados era la modelo SPV-Foxboro, diseñada especialmente para pulpa y con control neumático (Fig. #7).

Al igual que para conseguir el controlador de nivel, se

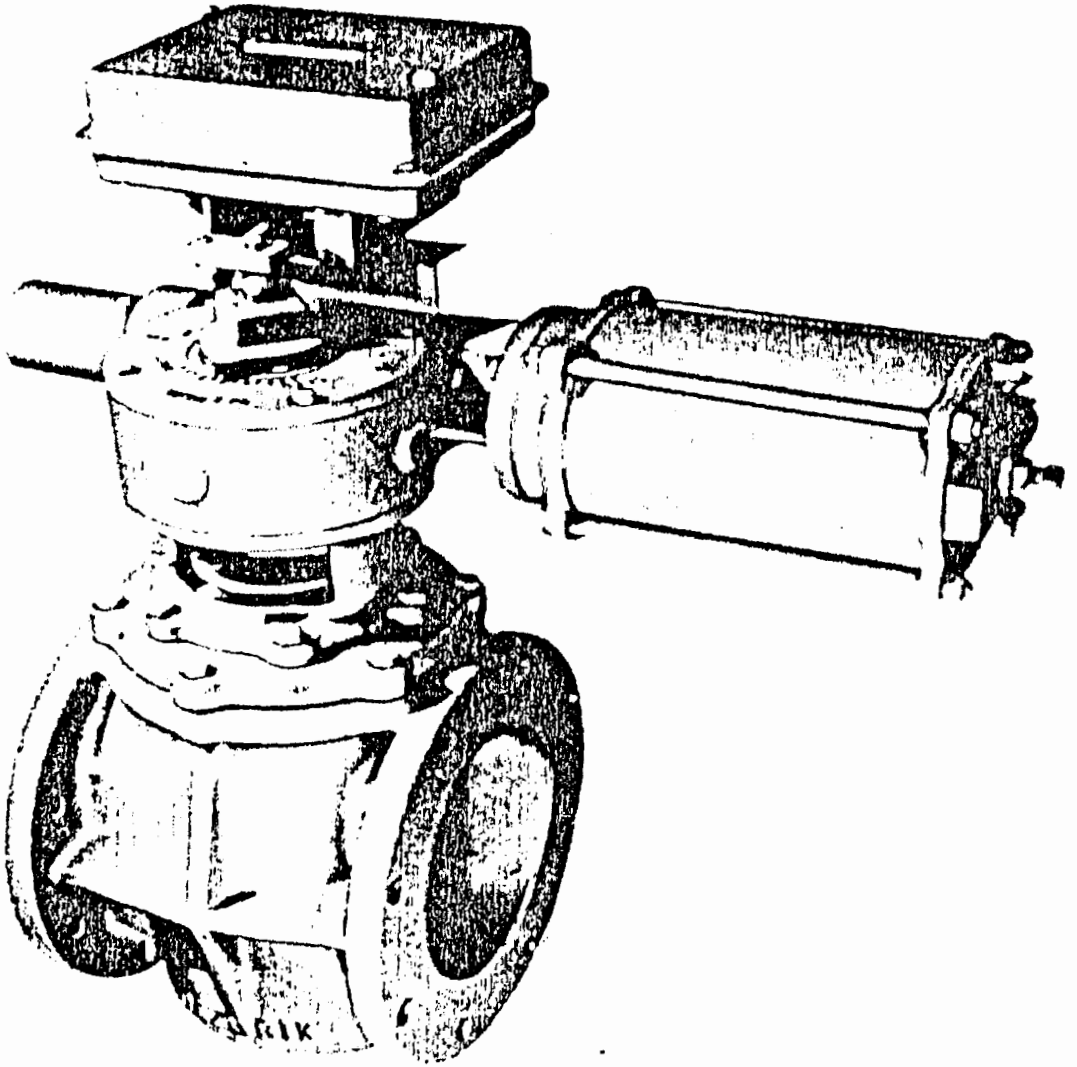


Fig. B9144  
V-port, plug-cock type pulp stock valve.

Fig. No 7

dificultó su adquisición en el mercado por lo que se instaló una válvula Dezurik de 4" con cuerpo, compuerta y asiento en "V" de acero inoxidable (que había sido retirada de otra instalación de la planta), pero solo tenía dos posiciones: abierta y cerrada de operación neumática. Ante este inconveniente se adaptó un controlador Bailey (existente en bodega) con posicionador que trabajaba en todo el rango de abertura de la válvula, eliminándose el inconveniente de trabajar solo en dos posiciones. Este controlador Bailey (Foto #7), trabajaba con señal de 20,5-105 kPa (3-15 lb/pulg<sup>2</sup>).

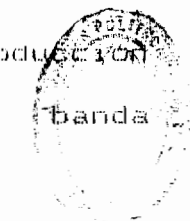
Durante las pruebas fué necesario cambiar la señal de aire al pistón neumático de 205 a 415 kPa (30-60 lb/pulg<sup>2</sup>) para asegurar un buen funcionamiento de la compuerta de la válvula.

#### CONEXION DE VALVULA NEUMATICA A REFINADOR (Fig. #8)

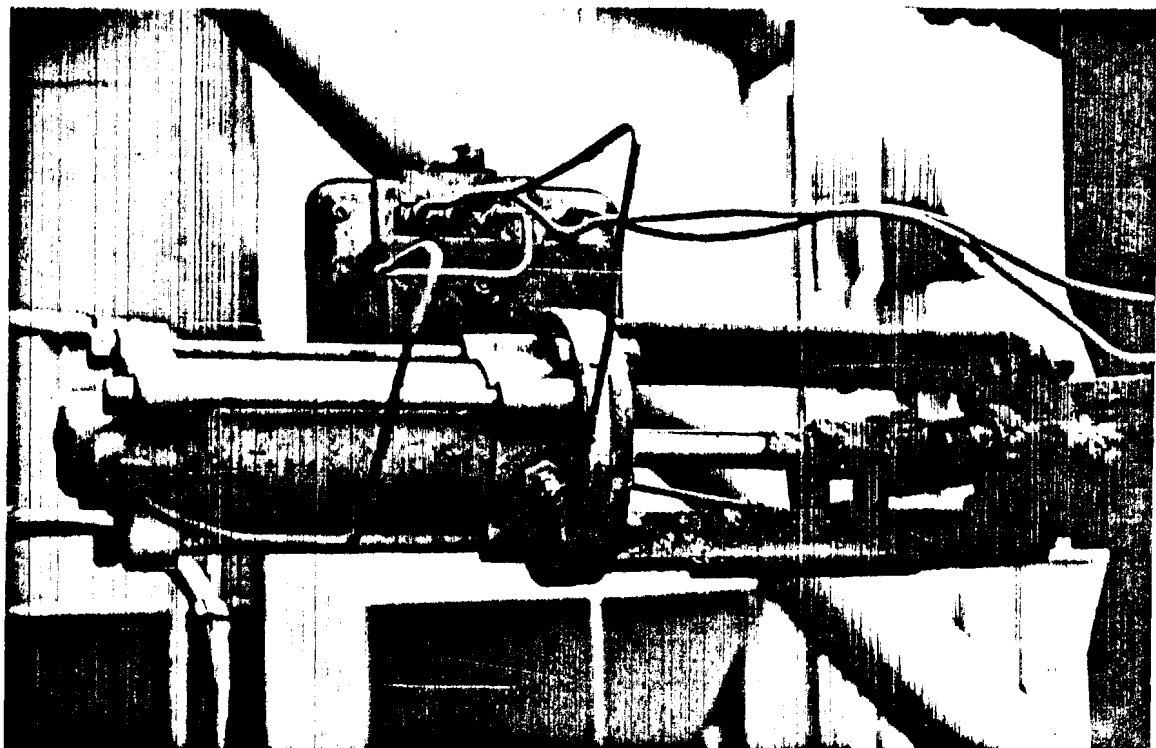
Se realizó esta conexión con tubería de 4" SCH 80 para evitar el fallo prematuro del tubo por la alta abrasividad de la pulpa. Se instalaron codos de 45 grados para evitar cambios bruscos de flujo hasta llegar a la entrada del refinador, cuidando que la geometría del sistema, absorbiere las expansiones térmicas.

#### 2.4 EVALUACION DEL SISTEMA

Evaluamos el sistema en operación normal de producción después de recalibrar la sensibilidad y la banda



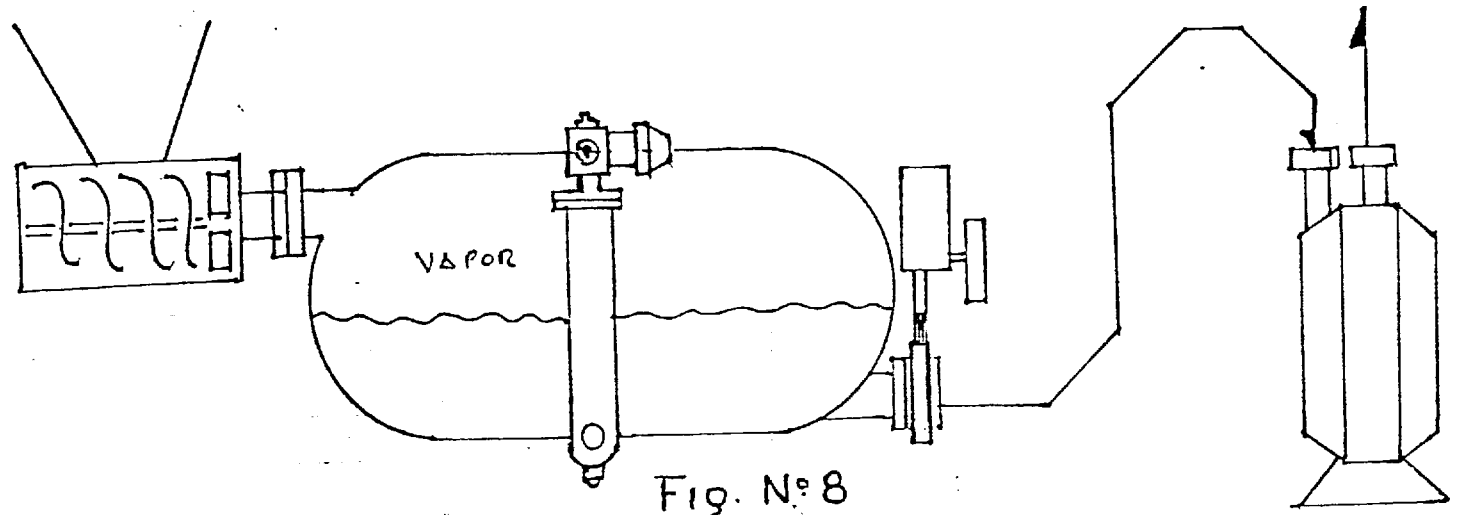
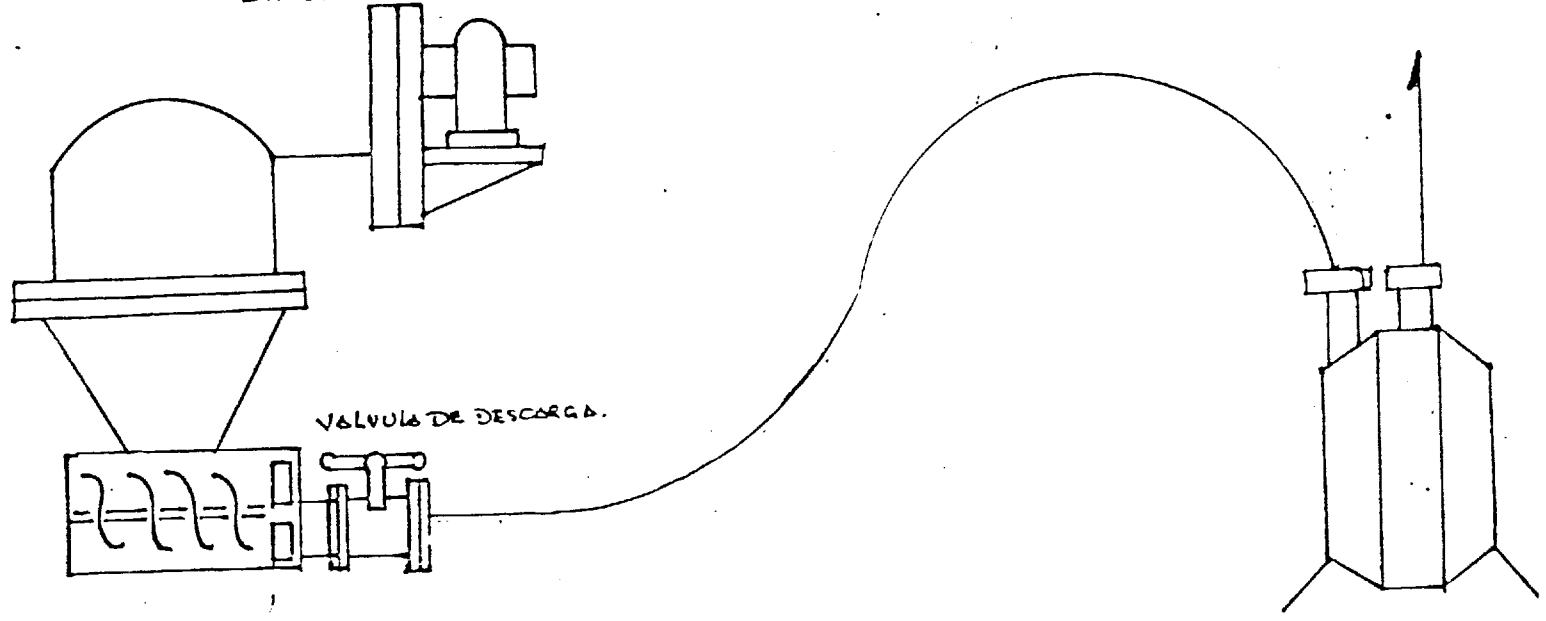




VALVULA AUTOMATICA DE DESCARGA DE FULPA  
CONTROLADOR BAILEY Y POSICIONADOR ADAPTADOS  
TANQUE DE SOPLADO (Al fondo)

Foto # 7

DIAGRAMA DE CAMBIOS EN EL SISTEMA DE DESCARGA



proporcional del sistema de control neumático, observando en primer lugar que el tanque-trampa de vapor trabajaba como estaba previsto, pues se eliminó la salida de vapor a la atmósfera por la parte superior del tanque de soplado (blow-tank). Así mismo el flujo intermitente de pulpa había cambiado por un flujo, casi continuo del producto, respondiendo al sistema de control de nivel y manejo automático en su abertura y cierre de la válvula en forma gradual.

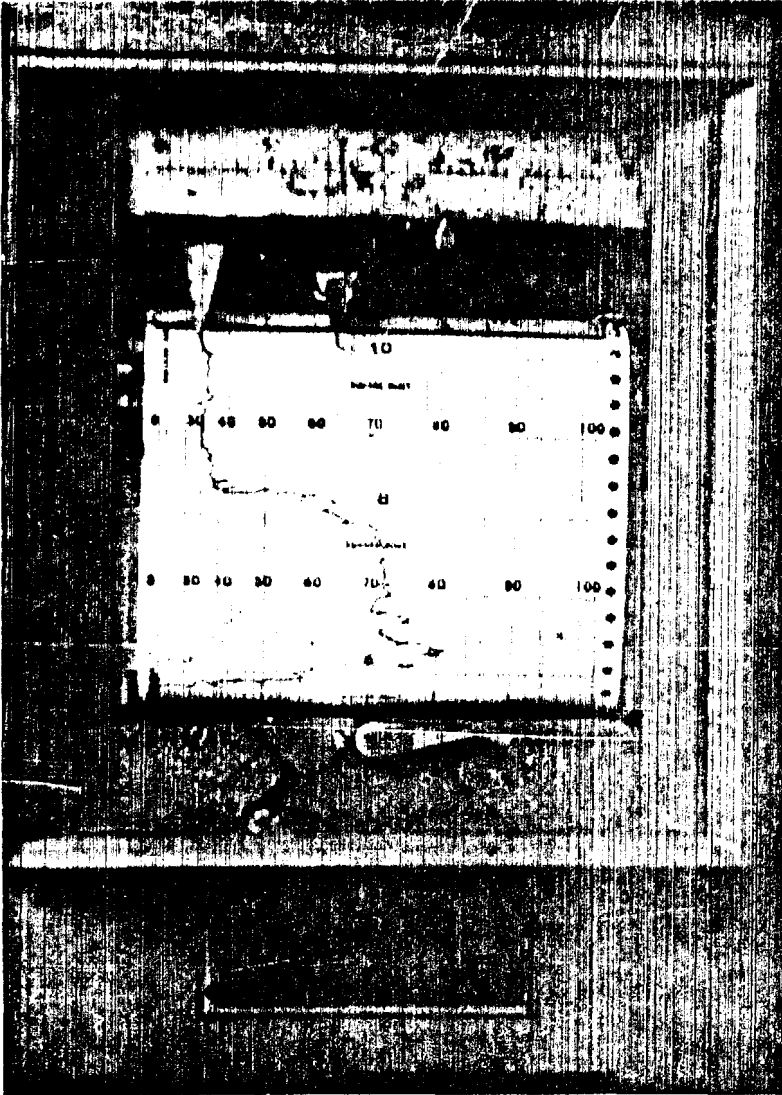
Se observó en el instrumento indicador-registrador del flujo de vapor que su valor había descendido de 3.630 kg/h a 1.540 kg/h (8.000 a 3.400 libras de vapor por hora), para las mismas condiciones de producción (Fotos #1 y #8).

Estos valores nos indicaban que tanto la válvula como el tanque estaban cumpliendo su cometido, esto es, detener el libre flujo de vapor que se desperdiciaba a la atmósfera.

Sin embargo se observó en pruebas de laboratorio que la calidad de refinación no había variado de acuerdo a nuestras expectativas. Al analizar este problema se llegó a la conclusión que si bien había disminuido la velocidad de paso de pulpa por el refinador, este cambio no había sido lo suficientemente grande para que la pulpa tuviera la textura deseada.

Es de importancia anotar que a pesar de haber sido detenido el paso del vapor libre, en la salida de la válvula automática ocurría el fenómeno de "flash" lo que





REDIDOR REGISTRADOR DE FLUJO DE VAPOR

Foto # 8

causaba que se formen "bolsas" de vapor que impulsaban la pulpa a apreciable velocidad a travez de todo su recorrido hasta el tanque de soplado (blow-tank).

Se consultó a los fabricantes del refinador la posibilidad de presurizarlo a 760 kPa (110 lb/pulg<sup>2</sup>), con el objeto de cambiar la posición de la válvula a la salida de éste (Fig. #9), lo cual presurizaba el sistema hasta la salida del refinador, disminuyendo la velocidad de paso de pulpa a travez de este equipo.

La respuesta fué positiva con la recomendación del cambio de empaque para que resista la nueva presión de trabajo. El empaque que cumplía todos los requisitos exigidos por el fabricante fué el de fibras trensadas de grafito puro.

## 2.5 PRUEBAS

Al efectuarse las pruebas con esta nueva ubicación de la válvula automática, el análisis de laboratorio (prueba de freennes), nos dió como resultado que se estaba efectuando una mejor refinación de la pulpa; es decir, se encontraba dentro de los parámetros deseados por el control de calidad. Se comprobó así mismo que el nuevo tipo de empaquetadura instalada, cumplía a cabalidad su cometido.

UBICACION FINAL DE VALVULA AUTOMATICA

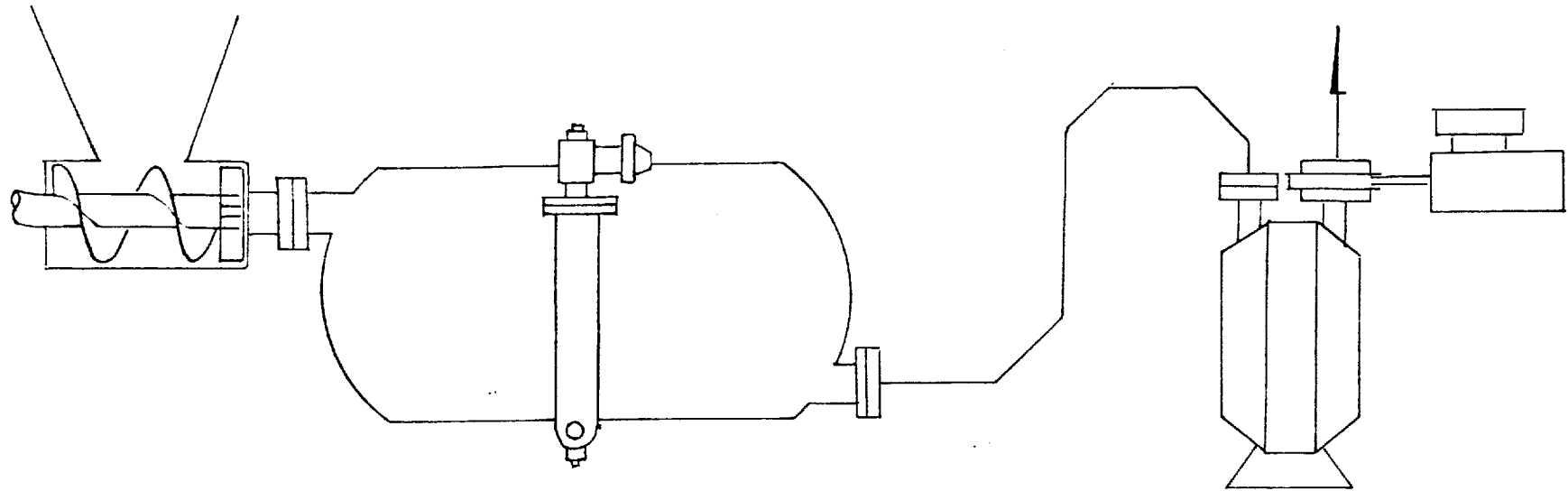


Fig. N°9

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez realizados los trabajos de instalación del tanque reservorio intermedio de pulpa y de sus accesorios (control de nivel, válvula automática, etc.), se ha podido observar lo siguiente:

- 1.- El consumo de vapor disminuyó drásticamente al no tener paso libre hacia la atmósfera.
- 2.- El vapor "flash" que se forma después de la válvula automática es el único utilizado para calentamiento de agua para las lavadoras.
- 3.- Se estabilizó el amperaje del motor del refinador al recibir un flujo constante de pulpa de bagazo.
- 4.- Se obtienen mejores valores de refinación y sin variaciones apreciables.
- 5.- Se eliminaron totalmente las paradas de producción por obstrucciones de material en la válvula de descarga.
- 6.- Las piedras o pieza metálica no causaron inconveniente alguno, ya que se depositaban al fondo del tanque intermedio.
- 7.- Los discos de refinación, extendieron su tiempo de vida útil, al no sufrir en su interior daños causados por objetos metálicos.

## RECOMENDACIONES

- La válvula de control de salida de pulpa deberá ser cambiada posteriormente por una que tenga insertos de



BIBLIOTECA

estelita, vidia o cerámica para evitar el rápido desgaste que sufriría cualquier otro material.

- Para mejorar la homogenización de la pulpa antes de la refinación, instalar el sensor de nivel 13DMF de Foxboro en la parte superior del gusano descargador.

- que las industrias nacionales les brinden la oportunidad a nuestros ingenieros bien preparados para que optimicen equipos obsoletos, presentando alternativas económicamente convenientes y puedan realizar mejoras o construcción de gran parte de los equipos que generalmente se importan, ahorrando gran cantidad de divisas e impulsando y alentando de esta manera el desarrollo tecnológico nacional.



## B I B L I O G R A F I A

- Tyler G. Hicks, Standard Handbook of Engineering Calculations (New York, U.S.A.: McGraw-Hill Book Company).
- Paper Trade Journal, Maintenance of Pulp and Paper Mill Equipment (New York, U.S.A.: Lockwood Trade Journal).
- John R. Lavigne, Instrumentation Applications for the Pulp and Paper Industry (Massachusetts, U.S.A.: The Foxboro Company).
- Trupai, Manual de Operacion Planta de Pulpa (Lima, Peru: 1969).
- F.A.O., Guide for Planning Pulp and Paper Enterprises (Roma, Italia: 1986).
- The Foxboro Company, General Catalog 569 (Massachusetts, U.S.A.: 1969).
- The Foxboro Company, General Catalog 577 (Massachusetts, U.S.A.: 1977).
- Alford-Bangs, Production Handbook (New York, U.S.A.: The Ronald Press Company).