

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**GUÍA DEL MONTAJE Y MANTENIMIENTO DEL MOLINO DE CAÑA DE  
AZÚCAR No. 1 DEL INGENIO SANTA ANA, ESCUINTLA**

**TESIS**

**PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**POR**

**EUGENIO LEONEL DE LEÓN SALAZAR**

**AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO - INDUSTRIAL**

Guatemala, octubre de 1,997.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

08  
T(4111)  
C.4

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

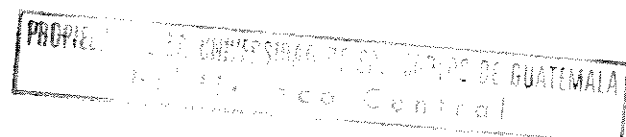
Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

**GUÍA DEL MONTAJE Y MANTENIMIENTO DEL MOLINO DE CAÑA DE AZÚCAR No. 1 DEL INGENIO SANTA ANA, ESCUINTLA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica - Industrial, con fecha uno de febrero de 1,996.



EUGENIO LEONEL DE LEÓN SALAZAR



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**MIEMBROS DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
VOCAL 1°	Ing. Miguel Ángel Sánchez Guerra
VOCAL 2°	Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano
VOCAL 3°	Ing. Juan Adolfo Echeverría Méndez
VOCAL 4°	Br. Víctor Rafael Lobos Aldana
VOCAL 5°	Br. Wagner Gustavo López Cáceres
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR	Ing. Luis Antonio Tello Castro
EXAMINADOR	Ing. Juan Merck Cos
EXAMINADOR	Ing. Sergio Antonio Torres Méndez
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

Guatemala, 14 de julio de 1,996

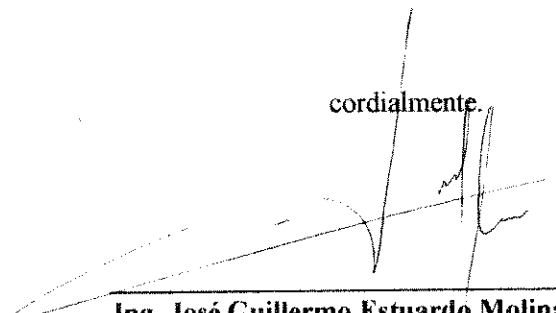
Ing. Pedro Quiroa  
Coordinador de E.P.S.  
Ingeniería Mecánica Industrial  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Quiroa:

Me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que he revisado y efectuado las correcciones del caso para el trabajo de tesis titulado **GUÍA DEL MONTAJE Y MANTENIMIENTO DEL MOLINO DE CAÑA DE AZÚCAR No. 1 DEL INGENIO SANTA ANA, ESCUINTLA**. Del estudiante **Eugenio Leonel de León Salazar, Carnet: 87-11736**, trabajo para el cual fui designado asesor.

Trabajo que satisface los objetivos planteados y que presenta un aporte importante para el área de maquinaria de un ingenio azucarero, por lo que, con la aprobación respectiva, lo remito a esa dirección para lo pertinente.

cordialmente.

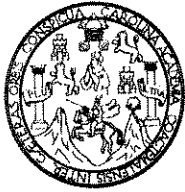


---

Ing. José Guillermo Estuardo Molina Charnaud  
Colegiado No. 1871

José Guillermo Estuardo Molina Charnaud  
Ingeniero Mecánico Industrial  
Colegiado 1871

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA

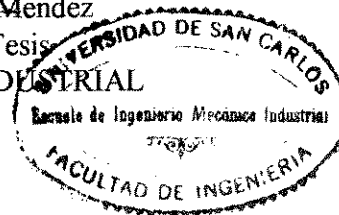


FACULTAD DE INGENIERIA

El Catedrático Revisor de Tesis de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor de Tesis al trabajo de tesis titulado **GUIA DEL MONTAJE Y MANTENIMIENTO DEL MOLINO DE CAÑA DE AZUCAR No. 1 DEL INGENIO SANTA ANA, ESCUINTLA**, presentado por el estudiante universitario **Eugenio Leonel de León Salazar**, aprueba el presente trabajo y recomienda la autorización del mismo.

LEER Y ENSEÑAR A TODOS

Ing. Sergio Antonio Torres Méndez  
Catedrático Revisor de Tesis  
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL



Guatemala, septiembre de 1,997



**FACULTAD DE INGENIERIA**  
Unidad de Prácticas de Ingeniería  
Ejercicio Profesional Supervisado  
**E.P.S.**

Ciudad Universitaria, Zona 12  
01012 Guatemala, Centroamérica

**REF.EPS.G.049.97**

Guatemala, 1 de abril de 1,997

Señor  
Ing. Juan Merck Cos  
Coordinador de la Unidad  
de Prácticas de Ingeniería y E.P.S.  
Presente

Señor Coordinador:

Por medio de la presente, informo a usted que, como Supervisor de la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Mecánica Industrial, **EUGENIO LEONEL DE LEON SALAZAR**; procedí a revisar el Informe Final de la práctica de EPS, realizada en el Ingenio "Santa Ana", Escuintla, cuyo título es: **GUIA DEL MONTAJE Y MANTENIMIENTO DEL MOLINO DE CAÑA DE AZUCAR No. 1 DEL INGENIO SANTA ANA, ESCUINTLA**; el cual cumple con los requisitos de Ley, así como con los objetivos planteados.

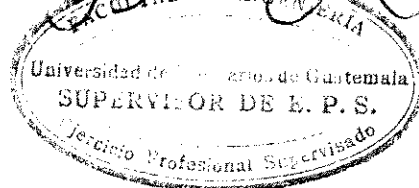
Los resultados plasmados en este trabajo, producto del **EPS**, constituyen un valioso aporte de nuestra Universidad, a uno de los problemas que padece el país en el Sector Industrial.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite correspondiente.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted.

Muy Atentamente;

  
Ing. Luis Antonio Tello Castro  
**SUPERVISOR DE E.P.S. INDUSTRIAL**



LATC/lgg.  
c.c.: Archivo



**FACULTAD DE INGENIERIA**

Unidad de Prácticas de Ingeniería  
Ejercicio Profesional Supervisado  
E.P.S.

Ciudad Universitaria, Zona 12  
01012 Guatemala, Centroamérica

REF.EPS.C.062.97

Guatemala, 2 de abril de 1,997

Señor

Ing. Francisco Gómez Rivera  
Director de la Escuela  
de Ingeniería Mecánica Industrial  
Presente

Señor Director:

Por medio de la presente, envío a usted el Informe Final correspondiente a la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.) titulado **GUIA DEL MONTAJE Y MANTENIMIENTO DEL MOLINO DE CAÑA DE AZUCAR No. 1 DEL INGENIO SANTA ANA, ESCUINTLA.**

Este trabajo, lo desarrolló el estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Mecánica Industrial **EUGENIO LEONEL DE LEON SALAZAR**, quien fue debidamente asesorado por el Ingeniero **José Guillermo Estuardo Molina Charnaud** y supervisado por el Ingeniero **Luis Antonio Tello Castro.**

Por lo que, habiendo cumplido con los objetivos y los requisitos de Ley del referido trabajo, y existiendo la **APROBACION** del mismo por parte del Asesor y Supervisor, esta **COORDINACION** también **APRUEBA** su contenido; solicitándole darle el trámite respectivo.

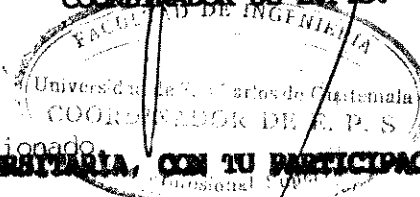
Sin otro particular, me suscribo de usted, como su más atento y seguro servidor.

Deferentemente,

"DID Y ENSEÑAD A TODOS"

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial  
Escuela Central

ING. JOAN MERCK COS  
COORDINADOR DE E.P.S.



JMC/igg.  
c.c.: Archivo

Asunto: El Informe Final mencionado

1995 AÑO DE LA REFORMA UNIVERSITARIA, CON TU PARTICIPACION LA REFORMA AVANZA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Coordinador de Area, del Coordinador General de Tesis y del Licenciado en Letras, al trabajo de tesis titulado GUIA DE MONTAJE Y MANTENIMIENTO DEL MOLINO DE CASA DE AZUCAR No. 1 DEL INGENIO SANTA ANA, ESCUINTLA, presentado por el estudiante universitario Eugenio Leonel De León Salazar aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

Y ENSEÑAR A TODOS

Ing. Francisco Gómez R.  
DIRECTOR  
INGENIERIA MECANICA INDUSTRIAL



Guatemala, octubre de 1,997.

emds



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA

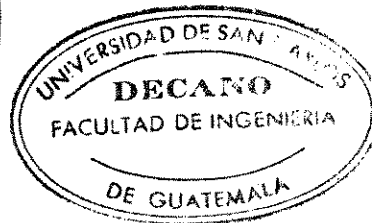


FACULTAD DE INGENIERIA

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de tesis titulado GUIA DE MONTAJE Y MANTENIMIENTO DEL MOLINO DE CAÑA DE AZUCAR No. 1 DEL INGENIO SANTA ANA, ESCUINTLA, presentado por el estudiante universitario Eugenio Leonel De León Salazar procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE

  
Ing. Herbert Rene Miranda Barrios  
DECANO



Guatemala, octubre de 1,997.

## ACTO QUE DEDICO A:

- Dios: por guiarme por el sendero del conocimiento
- Mis padres: Higinio Abel de León Moreira  
María Emilia Salazar de de León  
con amor por sus múltiples sacrificios
- Mis hermanos: Javier Adolfo de León Salazar  
Ligia Lilibeth de León Salazar  
con amor fraternal
- Mis abuelos: María Victorina Moreira de de León  
Eugenio Abel de León Martínez (Q.E.P.D.)  
  
María Feliciano Gonzalez de Salazar (Q.E.P.D.)  
Antonio Salazar Espinoza (Q.E.P.D.)  
por su apoyo
- Mis tíos, primos y demás familiares: con cariño
- Mis amigos y compañeros: Nicolás Guzmán, Karla Gutierrez, Héctor Meléndez,  
Silvia Barillas, Renardo Chang, Alba Guerrero, William Lux,  
Luz M. Roldan, Manuel Castro, Mónica Herrera,  
Juan Miguel Martínez, Francisco Monzón, Juan Ignacio Pellecer,  
Byron González.
- Mi patria: por ser el país que me vio nacer
- La Facultad de Ingeniería.
- La Universidad de San Carlos de Guatemala.

## **AGRADECIMIENTO ESPECIAL**

Al Ingeniero José Guillermo Estuardo Molina Charnaud, por el asesoramiento, enseñanza y colaboración prestada al presente trabajo de tesis.

A los Ingenieros Alejandro Sinibaldi Fahsen y Juan Carlos Corcuera por darme la oportunidad de convivir con ellos en dicho proyecto y por el apoyo brindado.

Al Ingeniero Erick Monroy Gudiel por su compañerismo y amistad.

A mi compañero de E.P.S. William Lux Casasola por los momentos vividos dentro del Ingenio.

A los Ingenieros Werner Klusman, Julio Ruiz, Alejandro Santizo, Rolando Escobar, Gustavo de León, Hugo Taracena, Rolando Perez de la División Industrial del Ingenio, por sus enseñanzas.

A los Ingenieros Samuel Palacios, Osman Moscozo, Alfredo Lemus; de las demás divisiones del Ingenio con las que tuve la oportunidad de colaborar y de quienes me llevo gratos recuerdos.

Al personal de la Compañía Agrícola Industrial Santa Ana S.A., especialmente al departamento de molinos (Don Pedro Abel y Miguel Paiz) por las experiencias compartidas.

Al Ingenio Santa Ana por darme la oportunidad de poner en práctica los conocimientos aprendidos durante la vida estudiantil.

## ÍNDICE GENERAL

	Pag.
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	iii
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	v
<b>GLOSARIO</b>	vi
<b>INTRODUCCIÓN</b>	x
<b>1. GENERALIDADES</b>	1
1.1 Monografía geográfica y socioeconómica del lugar	1
1.2 Descripción del Ingenio Santa Ana	3
1.2.1 Origen y desarrollo	4
1.3 Nociones sobre azucarería	7
<b>2. DESCRIPCIÓN DE UN MOLINO DE CAÑA</b>	8
2.1 El molino de caña	8
2.2 Función del molino de caña	11
2.3 Tipos de molinos de caña	11
<b>3. PRINCIPALES COMPONENTES DEL MOLINO No. 1 DE CAÑA DE AZÚCAR</b>	15
3.1 Bancazo	15
3.2 Virgen	15
3.3 Chumacera plana	15
3.4 Mazas	16
3.4.1 Cañera	20
3.4.2 Bagacera	20
3.4.3 Superior	21
3.4.4 4ta. Maza	22
3.5 Bisagra	22
3.6 Cabezote hidráulico	23
3.7 Acumulador de presión	24
3.8 Cuchilla central	24
3.9 Peine	25
<b>4. MAQUINARIA DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA AL MOLINO</b>	26
4.1 Turbina de vapor	26
4.2 Reductor de alta velocidad	28
4.3 Reductor intermedio	29
4.4 Reductor de baja velocidad	30
<b>5. PROCEDIMIENTO DEL MONTAJE DEL MOLINO DE CAÑA DE AZÚCAR No. 1</b>	32
5.1 Introducción al montaje de maquinaria	32
5.2 Características a estudiar y tener en consideración en las cimentaciones de maquinaria	33
5.3 Procedimiento del montaje del molino de caña	34

5.4	Estructura de los cimientos del molino	34
5.5	Platinas	35
5.6	Virgen	36
5.6.1	Nivelación, alineación y escuadración	36
5.7	Asentamiento de chumaccras a muñones de maza	36
5.8	Instalación de la cuchilla central	40
5.9	Instalación de la maza cañera	40
5.10	Instalación de la maza bagacera	41
5.11	Setting de la maza cañera, Bagacera y Cuchilla central	42
5.12	Implementación del sistema de enfriamiento	43
5.13	Instalación del peine de la 4ta. maza	44
5.14	Instalación de la 4ta. maza	45
5.15	Setting del peine de la 4ta. maza	45
5.16	Instalación de la maza superior	46
5.17	Instalación del peine de la maza superior y la maza bagacera	46
5.18	Instalación del cabezote hidráulico	46
5.19	Instalación del acumulador de presión	47
5.20	Implementación del sistema de lubricación	47
5.21	Instalación de las coronas de las mazas	49
<b>6.</b>	<b>MANTENIMIENTO DEL MOLINO</b>	<b>53</b>
6.1	Concepto general del mantenimiento	53
6.2	Funciones específicas del mantenimiento	53
6.2.1	Mantenimiento de avería	53
6.2.2	Mantenimiento correctivo	53
6.2.3	Mantenimiento preventivo	54
6.3	Programación de actividades de mantenimiento	55
6.3.1	Mantenimiento preventivo primario	55
6.3.2	Reparación y reemplazo planeado	56
6.3.3	Reparación de Emergencia	56
6.4	Mantenimiento en época de reparación	57
6.5	Mantenimiento en época de zafra	57
<b>7.</b>	<b>COSTO - BENEFICIO</b>	<b>62</b>
7.1	Inversión	62
7.2	Producción	62
7.3	Gastos de operación	66
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>xii</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>xiii</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>xiv</b>
	<b>REFERENCIAS</b>	<b>xv</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>xvi</b>

## LISTA DE FIGURAS

No.	Título	Pag.
1.1	Localización geográfica del departamento de Escuintla	2
1.2	Localización del ingenio Santa Ana	3
1.3	Organigrama de la división industrial del ingenio Santa Ana	6
2.1	Chumacera plana con canal de lubricación	9
2.2	Molino visto en corte	10
2.3	Molino vista lateral	11
2.4	Virgen con pernos reales y pernos horizontales	12
2.5	Virgen Squier	12
2.6	Virgen Five. Modelo C-46	13
2.7	Virgen Cail	13
3.1	Bancazo y virgen	15
3.2	Cubierta y lámina con fieltro y chumacera	16
3.3	Maquinado del eje de la maza	17
3.4	Eje con la camisa colocada lista para su rectificación	17
3.5	Rayado de una maza en el torno	18
3.6	Chorreado de la maza	19
3.7	Maza terminada con guardajugos (Flange) colocado	19
3.8	Maza superior lista para ser montada	21
3.9	Maza superior a la cual se le maquina "Chevrón"	22
3.10	Bisagra cerrada	23
3.11	Vista del cabezote hidráulico colocado en el molino	23
3.12	Acumulador de presión	24
3.13	Cuchilla central	25
3.14	Peines maquinados, listos para su colocación	25
4.05	Diagrama de transmisión del movimiento al molino	26
4.1	Turbina de vapor	27
4.2	Reductor de alta velocidad	29
4.3	Reductor intermedio	30
4.4	Reductor de baja velocidad	31
4.5	Acople del reductor de baja velocidad al molino a través de dados y el puente	31
5.1	Estructura de cimentación del molino	35
5.2	Platinas para montar sobre ellas a la virgen	36
5.3	Nivelación de las platinas	37
5.4	Instalación del gramil y el cordel para alinear las virgenes	37
5.5	Alineación de una virgen respecto a la otra por medio del cordel y el gramil	38
5.6	Asentamiento de una chumacera a muñón de maza	38
5.7	Puente con su cuchilla central en su parte inferior	39
5.8	Montaje de la excéntrica en la virgen	40
5.9	Instalación del puente sobre los soportes	41
5.10	Montaje de la maza cañera	41
5.11	Maza bagacera montada en la virgen	42
5.12	Medición del setting de las mazas y la cuchilla central	42
5.13	Vista del tornillo de potencia usado para corregir el setting	43

5.14	Instalación de la plataforma para el registro del agua de enfriamiento	43
5.15	Fabricación del registro del agua de enfriamiento	44
5.16	Instalación del registro del agua de enfriamiento	45
5.17	Montaje de la 4ta. Maza	45
5.18	Llevando a cabo el "setting" de la 4ta. Maza	46
5.19	Cabezote instalado en el molino	48
5.20	Instalación del acumulador de presión	48
5.21	Válvulas de medición del sistema Farval	49
5.22	Coronas ya instaladas lado motriz	50
5.23	Seguros colocados a las cuñas y vista parcial de los inyectores	50
5.24	Vista de las coronas lado colero	51
5.25	Instalación del panel de control de presión de los cabezotes	51
5.26	Instalación del brazo de inclinación de la cuchilla central	52
6.1	Relación costo y nivel de mantenimiento preventivo	54
6.2	Enfriamiento externo de las chumaceras a través de agua	58
6.3	Medición de temperatura de la chumacera	58
6.4	Vista del panel de control de presión hidráulica de los cabezotes	59
6.5	Hoja de mantenimiento No. 1	60
6.6	Hoja de mantenimiento No.2	61

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Definición</b>	<b>Dimensional</b>
PSI	Presión absoluta	Lbs/plg <sup>2</sup>
PSIG	Presión manométrica	Lbs/plg <sup>2</sup>
T	Temperatura	°C, °F
HP	Potencia	
Lbs	Libras	
R.P.M	Revoluciones por minuto	
Min.	Minutos	
Pulg.	Pulgadas	
% pol.	Porcentaje de polarización del jugo de caña	
% humedad	Porcentaje de humedad del bagazo	
gls/ton.	Galones por tonelada	
kW	Potencia	
kWh	Energía	
kVA	Capacidad.	



## GLOSARIO

**Acero fundido:** es el que se obtiene haciendo quemar, en aparatos adecuados, parte del carbono que tiene el hierro elaborado por fusión.

**Acumulador de presión:** dispositivo, encargado de mantener la compresión de la caña y permitir la flotación de la maza.

**Asentamiento:** es permitir el contacto de dos superficies en toda su área.

**Bancazo:** estructura de metal, diseñada para mantener a la maquinaria en su posición de operación.

**Bisagra:** cierre metálico, encargado de alojar a la maza en su posición de funcionamiento, va pivoteada en su parte inferior, sujeta en su parte superior por dos tornillos conteniendo en el centro al tornillo de potencia.

**Brazo tensor:** unidad de metal, hecha para mantener al peine encajado, sobre el rayado de la maza a través de resortes.

**Buril:** herramienta de corte de alta resistencia, utilizada para maquinar piezas metálicas.

**Cabezote hidráulico:** sistema hidráulico, encargado de mantener una conexión entre el acumulador de presión y la chumacera de la maza.

**Camisa:** es un cilindro de hierro fundido, que va colocado sobre el eje de la maza, al cual se le hace el rayado.

**Caña de azúcar:** planta gramínea, originaria de la India, con el tallo leñoso, de unos dos metros de altura, hojas largas, lampiñas y flores purpúreas en panoja piramidal; el tallo está lleno de un tejido esponjoso y dulce del que se extrae azúcar.

**Carcaza:** cubierta metálica, utilizada para cubrir un mecanismo.

**Catarina:** engranaje de grandes dimensiones, hecho para reducir la velocidad y aumentar el torque.

**Chevrón:** desbastado en "V" sobre el rayado de una maza, a todo lo largo de la misma.

**Chorrear:** es depositar, soldadura esparcida no homogénea, en el rayado de la maza.

**Chumacera plana:** pieza semicilíndrica de bronce, sobre la cual va a girar un eje.

**Corona:** engranajes de acero fundido, encargados de transmitir el movimiento, de una maza a otra.

**Coupling:** elemento mecánico, utilizado para transmitir el torque de un eje a otro.

**Cuarta cuchilla:** unidad de hierro fundido, encargada de limpiar el rayado de la cuarta maza.

**Cuchilla central:** unidad de hierro fundido, que sirve de soporte al paso de la caña y extrae la caña que queda alojada en el rayado de las mazas cañera y bagacera.

**Cuñero:** desbastado de un eje para alojar una cuña.

**Dado:** también llamado cuadro, es el coupling utilizado entre el reductor de baja velocidad y el molino.

**Desfibrar:** separación de las fibras de la caña.

**Eficiencia:** relación entre la potencia que sale de un sistema, respecto a la potencia que se le entrega, en porcentaje.

**Ensamble:** instalación de piezas mecánicas en su sitio de operación.

**Extracción:** es la separación del jugo de caña de la fibra.

**Fibra:** material sólido que queda después de extraer el jugo de caña.

**Flange:** son discos de metal, utilizados, para evitar que el jugo caiga sobre el muñón de la maza.

**Flotar:** es el movimiento que tiene la maza superior sobre la caña.

**Gramil:** pieza sencilla, que sustituye al eje del molino, para el ajuste del setting.

**Hierro fundido:** hierro extraído de desperdicios de metal ferroso, fundido para fabricar piezas rústicas y utilizarlas en la industria.

**Holgura:** espacio existente entre dos superficies.

**Ingenio azucarero:** industria dedicada al proceso de la caña de azúcar, para su transformación en azúcar.

**Inyector:** dispositivo, hecho para la pulverización de aceite o grasa.

**Lado colero:** es el extremo opuesto al lado motriz.

**Lado motriz:** es el extremo del eje, donde se va a ejercer la torsión de la maza.

**Mantenimiento:** serie de trabajos ejecutados a algún equipo, con el fin de conservarlo.

**Maza:** rodillo de hierro fundido, utilizado para comprimir la caña de azúcar entre las mismas y extraer el jugo de sus fibras.

**Maza lotus:** es una maza que tiene una serie de drenajes para desalojar con rapidez el jugo de caña.

**Molienda:** proceso por el cual la caña, es comprimida para extraer el jugo.

**Molino de caña:** maquina diseñada para la compresión de la caña y la extracción del jugo de la misma.

**Monografía:** descripción de un lugar en particular.

**Muñón:** extremo de un eje.

**Parada:** dejar a la maquinaria fuera de operación por un corto período.

**Peine:** unidad de hierro fundido utilizado para limpiar el rayado de una maza.

**Pernos de anclaje:** espárragos utilizados para sujetar la maquinaria al cimiento.

**Piñón:** engranaje motriz.

**Platina:** plancha de metal, que tiene agujeros roscados en sus extremos, utilizada para la nivelación de la maquinaria.

**Puente:** estructura robusta, de acero fundido, encargada de sujetar la cuchilla central entre las virgenes.

**Ratio:** es la relación existente, entre el giro del eje de entrada, respecto al eje de salida de una serie de engranajes acoplados.

**Rayado:** es el ranurado de una maza, fabricado con el fin de aumentar el área de compresión de la misma.

**Reductor de velocidad:** conjunto de engranajes, acoplados entre sí, que permiten la reducción de velocidad, aumentando así el torque.

**Registro:** dispositivo, hecho para saber las características de funcionamiento de determinado mecanismo.

**Sacarosa:** glúcido del grupo de los ósidos que, por hidrólisis, se desdobra en glucosa y en fructosa, y constituye el azúcar de caña y el de remolacha.

**Setting:** espacio existente entre las mazas, para permitir el paso de la caña y la compresión de la misma.

**Tornillo de potencia:** es un tornillo que tiene los hilos cuadrados.

**Torno:** máquina herramienta, utilizada para la fabricación de piezas concéntricas.

**Turbina de vapor:** dispositivo mecánico, que convierte la energía proporcionada por el vapor en energía mecánica.

**Vejiga:** bolsa elíptica de hule grueso, que contiene al gas nitrógeno que forma parte del acumulador de presión.

**Velocidad periférica:** es la velocidad que tiene una pieza, perpendicular al radio de la misma.

**Virgen:** estructura robusta, de acero fundido, que aloja a las piezas del molino.

**Zafra:** tiempo en que se cosecha la caña de azúcar y se procesa en un ingenio azucarero.

## INTRODUCCIÓN

En el proceso de producción de azúcar existen varias áreas, y son:

- » Patio de caña: sección de descarga de caña, lavado con agua caliente y triturado de caña en las picadoras.
- » Molinos: lugar donde se extrae el jugo de caña de la fibra de la misma a través de compresión.
- » Calderas: es el área destinada a la combustión del bagazo de caña para la producción de vapor el cual mueve las turbinas de los molinos y los turbogeneradores que generan energía eléctrica para el Ingenio y un excedente para la venta a la EEGSA y el resto de vapor es utilizado para la fabrica de azúcar.
- » Clarificación: aquí se lleva a cabo la purificación del jugo de caña.
- » Evaporación: es el área donde se extrae el agua del jugo de caña a través de evaporación.
- » Tachos: es donde se lleva a cabo la cristalización del jugo concentrado a través de la saturación del jugo de caña, alta temperatura y vacío.
- » Centrifugas: maquinaria destinada a la separación de las mieles (jugo de caña espeso) y el azúcar.

En el proceso de extracción del jugo de caña para la elaboración del azúcar, que realizan los Ingenios azucareros, una de las principales áreas de dicho proceso es la correspondiente al tandem de molinos, que es donde se lleva a cabo la operación de extracción.

El presente trabajo de tesis consiste en la elaboración y presentación de una guía para el montaje de los molinos, resultado del seguimiento y supervisión del montaje del molino No. 1 en el Ingenio Santa Ana.

Esta guía contiene información general del Ingenio, del proceso de extracción del jugo y del montaje y mantenimiento de los molinos.

La guía anteriormente descrita contiene los siguientes capítulos y cada uno de ellos se encuentra ilustrado:

- Primera parte: en las generalidades se escribe la monografía del lugar y se muestra la ubicación del Ingenio en el departamento de Escuintla, las coordenadas geográficas y datos del clima así como las fincas que colindan con la finca Cerritos que contiene al Ingenio Santa Ana y la descripción del mismo, se mencionan los tipos de azúcar producidos durante la época de zafra y la capacidad instalada de generación de energía eléctrica, mostrándose también las divisiones con las que cuenta dicho Ingenio para tener un mejor control del mismo.
- Segunda parte: descripción de un molino de caña. Describe qué es un molino de caña, sus partes principales en los diferentes tipos de molinos y la función del mismo.
- Tercera parte: principales componentes del molino No. 1 de caña de azúcar. En esta parte se describen c/u de las partes más importantes, su funcionamiento y los datos técnicos que diferencian a una parte de otra.
- Cuarta parte: maquinas de transmisión de potencia al molino. En esta parte se da una pequeña reseña de lo que ahora es. La turbina de vapor, así mismo se describen los reductores de alta velocidad, intermedio y el de baja velocidad mencionándose de c/u de ellos sus datos técnicos, también se muestra un gráfico del acople de dicha maquinaria y el giro de cada eje de reductor hasta finalizar con el giro de la maza superior.
- Quinta parte: procedimiento del montaje del molino de caña de azúcar No. 1. Aquí se describe, en secuencia ordenada, cómo se fue armando el molino de caña, partiendo desde la estructura de la cimentación hasta su finalización. Se describe como se llevo a cabo la nivelación, alineación y escuadración que es indispensable para su buen funcionamiento, mencionando también los ajustes (setting), la descripción de su enfriamiento y la fabricación de los registros de agua; la instalación de los peines, la cuchilla central y su colocación respecto al eje de la maza y la descripción de la lubricación de los sistemas de inyección Farval y Lincoln.
- Sexta parte: mantenimiento del molino. Parte en la cual se describe que es el mantenimiento, sus funciones específicas, los tipos existentes, los programas de mantenimiento a realizar y los planes aplicados al mantenimiento del área de molinos.
- Séptima parte: costo-beneficio. Aquí se menciona la inversión realizada por la compra y montaje del molino, la comparación existente entre la zafra 94-95 y 95-96, el mejoramiento obtenido en rendimiento por el montaje del molino No. 1, se efectúa un análisis costo-beneficio de la inversión, se analiza la ganancia obtenida por vender el azúcar de la zafra 95-96, los gastos de operación hechas por dicho molino y se concluye con que dicha inversión es recuperada en 5 años.

Se espera que tal presentación se convierta en una guía beneficiosa para la Industria Azucarera en los próximos montajes de molinos.

## 1. GENERALIDADES

### 1.1 Monografía de los aspectos geográficos y socioeconómicos de Escuintla

Escuintla es uno de los trece municipios del departamento de Escuintla, ubicado al sur de Guatemala. El área aproximada es de 332 km<sup>2</sup>, y es una municipalidad de tercera categoría. Colinda al norte con Yepocapa (Chimaltenango) y Alotenango (Sacatepéquez); al este con Palin, San Vicente Pacaya y Guazacapan (Escuintla); al oeste con la Democracia, Siquinalá y Santa Lucía Cotzumalguapa (Escuintla); al sur con Masagua (Escuintla). El monumento de elevación del IGN en el parque de la cabecera está a 346.91 mts. sobre el nivel del mar, con latitud 14° 18' 13", longitud 90° 47' 08".

El municipio es atravesado de norte a sur por la carretera interoceánica CA-9 que del puerto de San José, va a Puerto Barrios y Santo Tomás de Castilla en el golfo de Honduras, mar Caribe. La carretera que de México llega a enlazar con el sistema vial de El Salvador se conoce como Internacional del Pacífico CA-2, así como otras rutas nacionales, departamentales y municipales. La vía férrea atraviesa el municipio y en jurisdicción municipal de Masagua, en la estación denominada Santa María, parte un ramal hacia el sur a San José y otro con rumbo aproximado oeste hacia Tecún Umán (cabecera municipal de Ayutla, departamento de San Marcos, en su frontera con México).

Los principales ríos que corren en este municipio son: El Michatoya, Guacalate, Achiguate y María Linda, así como riachuelos y quebradas, se encuentran también algunas cascadas y manantiales. La orografía, contiene algunas montañas como: Del Salto, El Nispero, El Peñón, El Zapote, Hermosa, etc., además de varios cerros y una gruta.

El departamento de Escuintla se encuentra dentro de la región cañera productora de azúcar, en Guatemala. Se localiza en la vertiente del océano pacífico a lo largo de la planicie costera. La planicie costera comprende una extensa franja de 300 kilómetros de largo desde la frontera con la República Mexicana al poniente, hasta la de El Salvador al oriente y los terrenos agrícolas se localizan desde los 1,829.27 metros sobre el nivel del mar, hasta la costa. Es la región más rica del país, allí se encuentran las plantaciones de caña de azúcar, café, banano, arroz, cacao, algodón, maíz y potreros para ganado; por lo que la principal industria consiste en la elaboración de azúcar, panela, papel, etc. Escuintla cobra cada vez mayor auge, ya que por su excelente ubicación enlaza con la red vial de la República. Gracias a las carreteras asfaltadas, los productos de la zona son transportados constantemente a otros países de América Central. ( ver figura 1.1)

Socioeconómicamente, Escuintla es uno de los departamentos más productivos del país, debido a su amplia infraestructura comercial; posee gran variedad de industrias, especialmente la azucarera. Cuenta con los siguientes ingenios: SANTA ANA, San Diego, Concepción, Pantaleón, La Unión, Magdalena, Madre Tierra, El Baúl, Los Tarros, Trinidad, Guadalupe y Tierra Buena. Esto crea un beneficio económico a la población del lugar, principalmente en la época de cosecha, y atrae a inmigrantes de otros departamentos para trabajar por temporadas en estos ingenios.

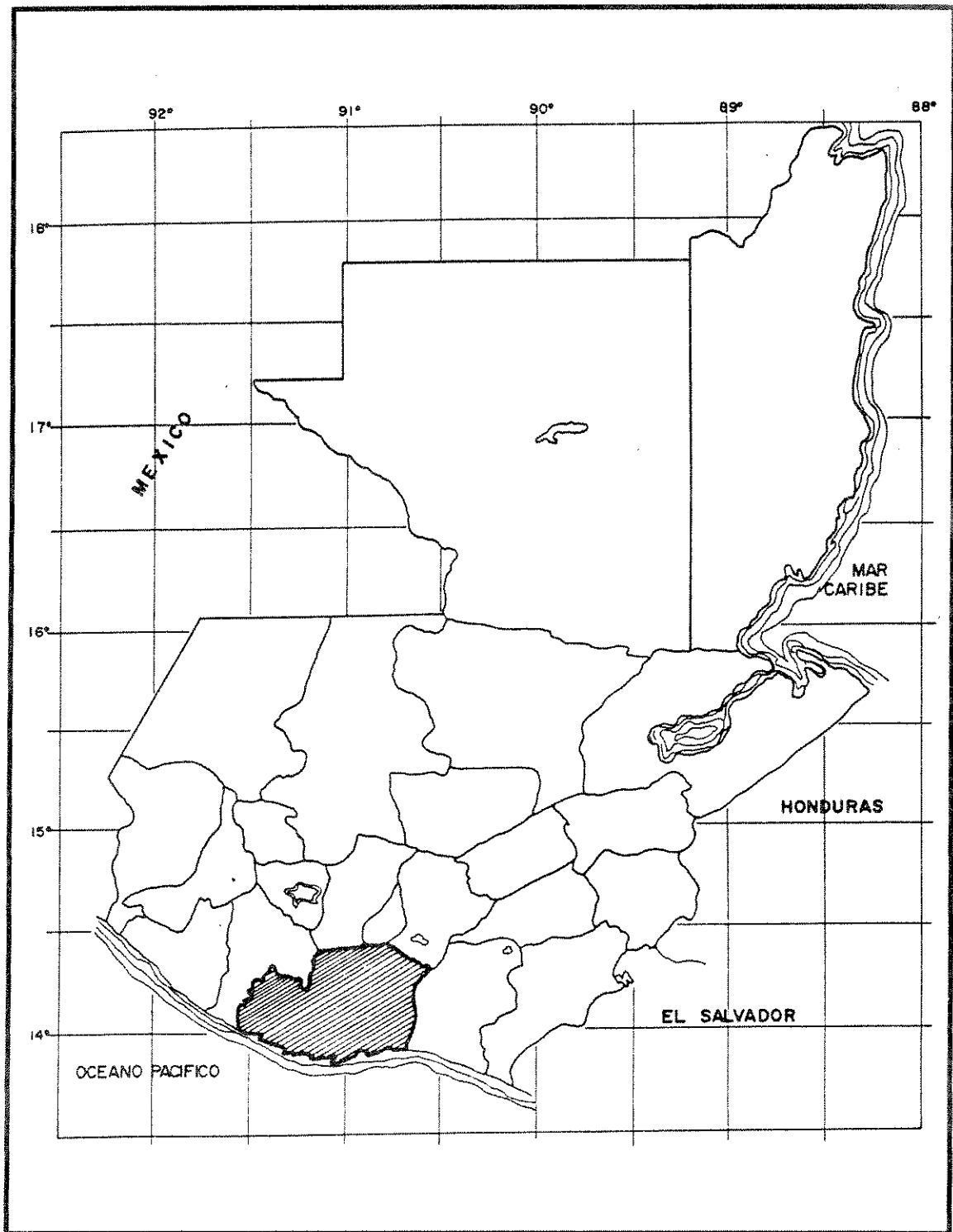


Figura 1.1 *Localización geográfica del departamento de Escuintla.*





### 1.2.1 Origen y desarrollo

El ingenio Santa Ana tuvo sus inicios en 1,968, cuando un grupo de empresarios adquirió parte del equipo de los ingenios Santa Juana y Canóvanas de Puerto Rico, iniciándose así la construcción del Ingenio Santa Ana.

La primera zafra de prueba se hizo en 1,969/70 moliéndose 154,973.75 toneladas de caña, y produjo 239,525 quintales de azúcar en 136 días; la capacidad instalada en esa época era de 3,500 toneladas por día.

En 1,983 se molía a 7,500 toneladas por día, a partir de esa fecha se iniciaron varios proyectos encaminados a mejorar la capacidad de molienda y la eficiencia; para ello hubo necesidad de renovar patios de caña, laboratorio, molinos, calderas, bodegas de azúcar, etc., de manera que en la zafra de 1,984 se superó el millón de quintales de azúcar envasada con 500,000 toneladas de caña molida.

En 1,990 se impone un nuevo récord, al moler más de un millón de toneladas de caña, con una producción de más de dos millones de quintales de azúcar envasada, y en la zafra actual 1,995/96 se molieron 1,395,355.48 toneladas de caña y se produjeron 2,713,988.78 quintales en 159 días.

En 1,991 se inició el montaje de la **refinería**, que comenzó a operar el 2 de febrero de 1,993 con una capacidad de 500 toneladas de azúcar por día. Está diseñada para elaborar refino de alta calidad, a partir de azúcar blanco estándar. Cuenta con 3 tachos, 5 filtros, 6 centrifugas automáticas, una secadora y una enfriadora, para la zafra 1,994/95 la refinería produjo 750 toneladas de azúcar por día, al instalar un clarificador de azúcar disuelta, para poder trabajar con azúcares afinados.

Se cuenta con bodegas para almacenaje de azúcar a granel con capacidad de 40,000 toneladas de azúcar cruda; las bodegas para azúcar en sacos tienen capacidad para 51,750 toneladas y una bodega de refino con capacidad de 40,000 toneladas.

En lo referente a **cogeneración**, el Ingenio Santa Ana produjo su propia energía eléctrica obtenida de la quema de bagazo de caña en sus calderas desde el comienzo de sus operaciones. En efecto, desde 1,969 contó con 3 generadores con una potencia instalada de 3,500 KW, y para la zafra 1,982/83 ya tenía una capacidad de 7,250 KW. En 1,983 debido a fallas en el sistema hidroeléctrico nacional, la empresa eléctrica de Guatemala, buscó fuentes alternas de energía, y pidió al Ingenio Santa Ana que le vendiera el excedente de su producción. Así pues, durante la zafra 1,983/84 se inició la cogeneración entregando a la empresa eléctrica de Guatemala una potencia de 800 KW. La experiencia fue positiva y evidenció que el proyecto era viable. En 1,990 se adquirió un generador de 7,500 KW y en 1,991 se inició la construcción de la subestación de 69 KW., que entró en servicio el 28 de enero de 1,993. Este mismo año el Ingenio adquiere un turbogenerador tipo condensación con capacidad para generar 25,000 KW. y otro de contrapresión con capacidad para generar 15,600 KW. al construir una caldera de 850 libras de presión con una producción de 240,000 libras de vapor por hora, la cual quema en época de zafra bagazo de caña y en época de no zafra combustible Bunker C No.6.

El 28 de abril de 1,994 se realiza un contrato entre la empresa eléctrica de Guatemala y el ingenio Santa Ana, mediante el cual se pacta entregar 35,000 KW  $\pm$  10 % durante el periodo de zafra y 25,000 KW  $\pm$  10 % durante el periodo de no zafra.

Las empresas subsidiarias desarrollaron otras actividades, en apoyo directo a la fábrica: en 1,977 se inició el servicio de transporte de caña a grancl; en esa época la cosecha se realizaba en forma mecanizada y por razones de adaptación se transformó en una operación semi-mecanizada, por medio de alzadoras. Al transcurrir el tiempo, se logró optimizar la operación, llegando actualmente a proveer el 73 % de la materia prima, que el Ingenio procesa. El 27 % restante lo aportan proveedores externos.

Las operaciones de corte de caña se iniciaron en el periodo 1,977/78, y se empleaban 1,200 cortadores para cortar 1,000 toneladas de caña diarias, con machete convencional, después se utilizó el machete Australiano, con lo cual se incrementó la eficiencia en el corte, este cambio dio como resultado que en la zafra 1,993/94 se emplearan 1,350 cortadores para cosechar 7,500 toneladas diarias.

La compañía, a través de la supervisión directa de la división agrícola, provee caña en óptimas condiciones aplicando labores agrícolas manuales y mecanizadas, con el apoyo de los departamentos de ingeniería agrícola, investigación varietal y fitosanitaria. Durante la zafra 1,992/93 se inauguró el taller de reparaciones automotrices y de maquinaria agrícola, que con base en un programa de mantenimiento preventivo tiene a su cargo el equipo agrícola y de transporte de la empresa (tractores, alzadoras, cabezales, autobuses, vehículos livianos, etc.).

Dicho Ingenio para tener una mejor organización de sus operaciones se dividió en departamentos ( ver figura 1.3 ), éstos son:

- División industrial (área destinada a la fabricación del azúcar, almacenamiento de la misma).
- División de recursos humanos (área destinada a la administración, contratación, selección de personal y la administración de las instalaciones).
- División de generación eléctrica (área destinada a la generación y venta de energía eléctrica durante el periodo de no zafra y a la cogeneración durante el periodo de zafra).
- División agrícola (área destinada a la planificación, corte de la caña de azúcar y mantenimiento de las vías de acceso a las mismas, transporte de la caña y mantenimiento de transporte pesado).
- División de informática (área destinada a la generación de sistemas de programación en la aplicación de procesos de fábrica y campo).

Ver en el Anexo I el diagrama de flujo del área de molinos del proceso de fabricación de azúcar y en el Anexo II, el plano del área de fabricación de azúcar del Ingenio.



### 1.3 Nociones sobre azucarería

En el proceso de fabricación de azúcar, están las operaciones siguientes:

El proceso se inicia cuando la caña que viene del campo ( plantaciones de caña de azúcar ) es pesada en romanas hidráulicas, luego es transportada a las plataformas de recibo y de aquí es puesta en el tablero sin fin que la conduce a 2 masas provistas de cuchillas que dan alrededor de 300 a 400 revoluciones por minuto. Estas masas cortan la caña en pedazos, para ser pasadas luego en otro tablero sin fin que los conduce a una batería compuesta de 2 cilindros o masas de estrilla que se llaman *desmenzadores*. Otro tablero conduce la caña machacada a la primera batería compuesta de 3 masas o molinos, formados de masas estrilladas que dan poco más o menos 1 y  $\frac{3}{4}$  revoluciones por minuto y son movidos por un motor de 200 HP. La masa superior soporta una presión de aproximadamente 225 toneladas. El jugo de la caña es recibido en un canal que la lleva a un depósito provisto en su parte superior de un colador, donde queda el bagasillo. El guarapo propiamente dicho (ver glosario), que se filtra es conducido a la sulfitación. El bagasillo que se queda en el filtro regresa nuevamente siendo conducido junto con el bagazo que se sale del primer trapiche y pasa por el segundo trapiche.

El segundo trapiche está constituido por 3 masas estriadas que dan poco más o menos 1 y  $\frac{1}{2}$  revoluciones por minuto, y la masa superior soporta una presión de 300 toneladas. El jugo de la caña que sale de aquí, sigue el mismo camino que el jugo del primer trapiche, pues siempre contiene bagasillo en suspensión. El bagazo al salir del segundo trapiche, lleva más o menos 48% de humedad, 47% de fibra y 5% de sacarosa.

Cada uno de los trapiches o molinos extractores de guarapo está conectado a una serie de acumuladores hidráulicos, los cuales regularizan la presión sobre las masas superiores de los trapiches; así pues, en caso de que pase una piedra o material de hierro o acero, las masas superiores se levantan automáticamente dejando el paso libre a estos cuerpos extraños, para que las estrias de los molinos no se arruinen.

En algunos ingenios, y por cierto en la mayor parte de ellos, se acostumbra el uso del agua caliente que se agrega al bagazo a la salida del primer trapiche. Esta se usa a razón de 6.5% del peso de la caña, y tiene el objeto de extraer la mayor cantidad de sacarosa.

Sobre esta base, el ingenio Santa Ana trabaja de la siguiente manera: se inicia al desmenuzar la caña a través de las picadoras de caña las cuales separan la fibra de la corteza y la misma es hecha pequeños trozos desfibrados luego de pasar la caña por cuatro de ellas es transportada a través de conductores al molino que está conformado por una serie de rodillos dispuestos uno sobre otro los cuales son los encargados de comprimir la fibra hasta extraer el jugo de caña, dentro de la molienda se tiene una serie de siete molinos el cual se denomina tandem.

Para que este tandem trabaje eficientemente hay que analizar el montaje de cada uno de los molinos, ya que debido a una mala alineación, nivelación o inclusive escuadración provocara fricción en las chumaceras por consiguiente calentamiento excesivo, eliminando así la película de lubricante, lo que conlleva a una vida útil corta que repercutirá en una pérdida de fuerza de la turbina, lo cual reduce las revoluciones de la misma y evitando que sea molida mayor cantidad de caña por razón de molida.

## 2. DESCRIPCIÓN DE UN MOLINO DE CAÑA

### 2.1 El molino de caña

Es la maquinaria compuesta por una serie de rodillos ubicados adecuada y convenientemente; con un rayado para permitir el paso de la caña de azúcar y así lograr la mayor y mejor extracción de la sacarosa, de las células internas y externas de la misma.

Los rodillos o mazas como son llamadas comúnmente, son cuatro:

1. Maza cañera
2. Maza bagacera
3. Maza superior
4. 4ta. maza

Las mazas están arregladas en forma triangular (cañera, bagacera y superior), con la maza superior colocada inmediatamente encima de las otras dos y que, sometidas a una presión hidráulica suficiente, harán el trabajo de compresión sobre la caña.

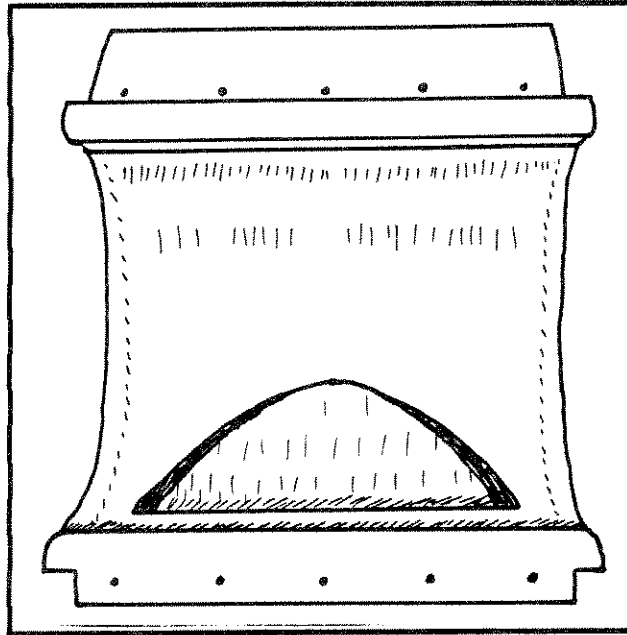
Una maza consiste en un eje de acero con muñones para girar sobre chumaceras planas, uno en cada extremo, en la parte central del eje irá una camisa de hierro fundido de un diámetro mayor; en uno de los extremos va colocada la corona.

La chumacera es fabricada en bronce, con un canal en forma de "U" ver Fig. 2.1, para efectuar una eficiente lubricación a través de grasa o aceite y un laberinto dentro de ella para la circulación de agua y llevar a cabo su enfriamiento.

La camisa de hierro fundido es rayada en torno, en todo el perímetro a todo lo largo de su longitud, para dar lugar a que la maza tenga mayor tracción con la caña y más área de compresión entre una maza y otra.

Las chumaceras donde giran los ejes de las mazas, tanto superior, como cañera, bagacera y 4ta. maza, van soportados en una estructura robusta llamada "virgen", ésta puede ser de acero fundido o de acero de bajo carbono. La virgen va anclada a la cimentación a través de pernos de anclaje.

La fuerza necesaria para hacer la compresión de la caña se obtiene a través de un pistón hidráulico que actúa sobre los muñones de la maza superior, el cual a su vez es interconectado a través de una manguera a un acumulador hidráulico de presión, cargado de Nitrógeno dentro de una membrana que actúa como diafragma. De esta manera la maza superior flota de acuerdo a la mayor o menor cantidad de caña que pase entre las mazas del molino, las mazas cañera, bagacera y 4ta. maza permanecen fijas.



**Fig. 2.1 Chumacera plana con canal de lubricación**

La potencia para mover los molinos es obtenida por medio de una turbina de vapor o motor eléctrico. La reducción de velocidad se logra a través de reductores de engranes, que hacen una primera reducción a través del reductor de alta velocidad, luego una segunda reducción a través del reductor intermedio y una reducción adicional a través del reductor de baja. La maza accionada es la maza superior. Esta maza superior transmite la potencia y movimiento a las mazas cañera, bagacera y 4ta. maza por medio de un conjunto de coronas.

Al centro del molino, y bajo la maza superior existe una unidad de hierro fundido que sirve de soporte al paso de la caña, ya que la extracción se realiza entre las mazas superior-cañera, superior-bagacera, además la función de esta cuchilla central es limpiar la maza cañera ya que cuenta para ello con el rayado apropiado. Otras unidades de limpieza de las mazas superior, bagacera y 4ta. maza reciben el nombre de peine superior o peine bagacero dependiendo de la maza que limpian.

Tanto los peines como la cuchilla central llevan dientes que encajan con el rayado de las mazas.

La 4ta. maza tiene a su cargo la función de introducir la caña desmenuzada entre las mazas superior-cañera ya que su velocidad periférica es mayor a la de las otras tres mazas.

La distancia entre las mazas superior-cañera, superior-bagacera, superior-4ta. maza, superior-cuchilla central, tienen una holgura dada en base a cálculos elaborados tomando en cuenta la razón de molida de acuerdo a fibra % en caña, la capacidad instalada, la velocidad periférica, la ubicación del molino. Esta distancia recibe el nombre de "setting".

Esta distancia, "setting", es decreciente y sigue el flujo de la caña, el cual es mayor en los primeros molinos y menor en los últimos y en un mismo molino la abertura entre superior-cañera es mayor que la abertura entre superior-bagacera a razón de 2 a 1.

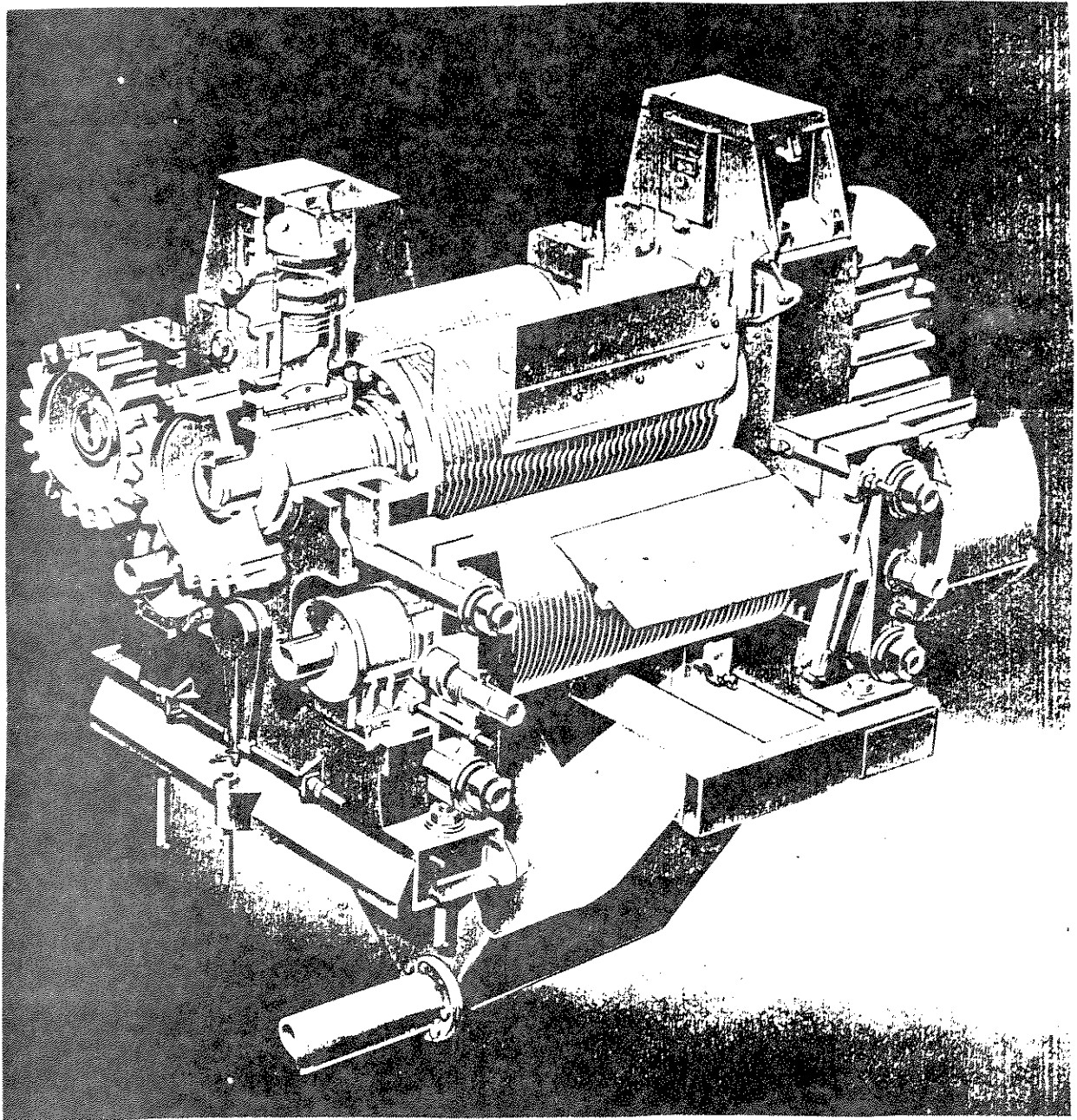
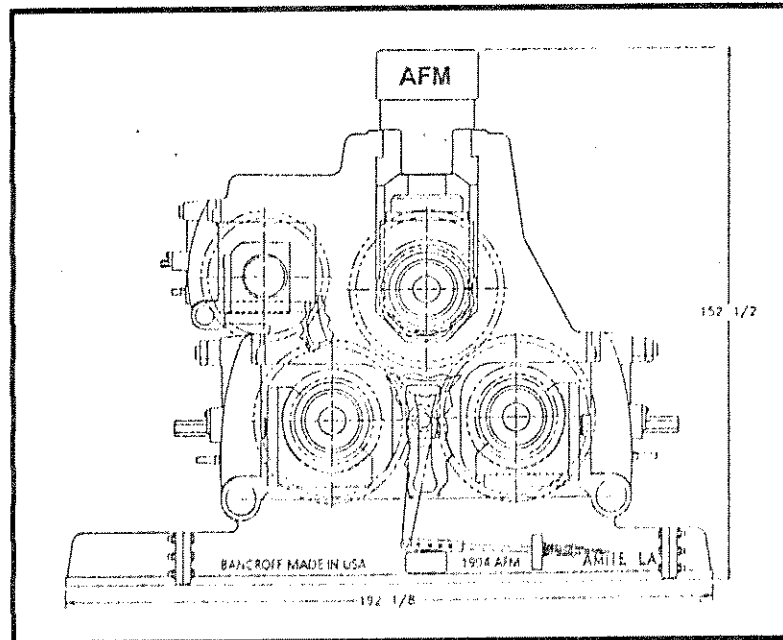


Fig. 2.2 molino visto en corte





**Fig. 2.3 Molino vista lateral**

## 2.2 Función del molino de caña

- Mantener una compresión de caña uniforme entre las mazas aunque el volumen de caña a través del movimiento de la maza superior y la presión hecha por el pistón hidráulico del cabezote varíe.
- Aprovechar toda el área de las mazas a través del rayado para poder comprimir mayor cantidad de caña y aprovechar el mismo como drenaje del jugo de caña.
- Desmenuzamiento de la caña de azúcar y rompimiento de sus células para extraer la mayor cantidad de sacarosa.
- Desfibración de la caña de azúcar para lograr la separación de sus fibras y así poderse utilizar como combustible fácil de incinerar dentro del hogar de las calderas.

## 2.3 Tipos de molinos de caña

En el mundo se fabrica un número diverso de molinos; pero solamente se estudiarán los tipos principales y, particularmente, los tipos franceses.

Estos se clasifican así:

Por sus vírgenes:

Virgen con pernos reales y pernos horizontales,  
Virgen Squier.

Por la inclinación de los cabezotes:

Virgen Fives,  
Virgen Cail.

Las armaduras laterales de los molinos se designan con el nombre de “vírgenes”. El modelo clásico de virgen Fig. 2.4

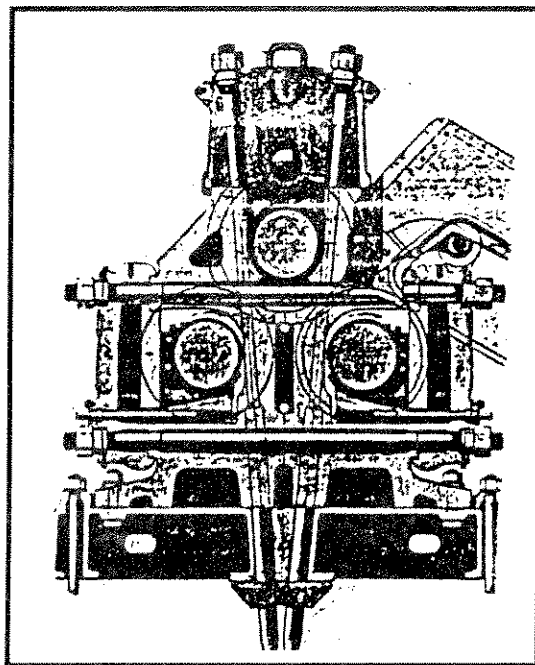


Fig. 2.4 virgen con pernos reales y pernos horizontales

tiene dos pernos largos más o menos verticales, denominados “pernos reales”, que soportan el esfuerzo del levantamiento del cilindro superior transmitido a los “cabezotes” por la cámara de aceite del pistón hidráulico.

Recientemente, se ha logrado construir molinos sin pernos reales. El diseño más característico y mejor es el de Squier Fig. 2.5

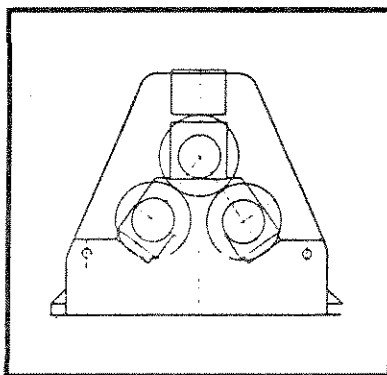


Fig. 2.5 Virgen Squier

En el cual, el esfuerzo se recibe enteramente en los dos pasadores que fijan las piezas laterales de la virgen.

Otra tendencia moderna consiste en inclinar las placas de apoyo de las mazas inferiores, de manera que el ajuste de las aberturas de entrada y de salida y el ajuste por desgaste de las mazas se haga sin modificar el ángulo de abertura del molino. El molino Squier realiza correctamente esta idea.

Así como se han suprimido los pernos reales se han podido reducir y después suprimir, los largos pernos horizontales que atravesaban la virgen de un cabezote lateral al otro y que absorbían la componente horizontal del esfuerzo de las dos mazas inferiores Fig. 2.4.

La virgen clásica es simétrica. Si se rompe lo hace, generalmente, del lado de salida. Algunos constructores, tienen en cuenta la diferencia entre la reacción de salida y la reacción de entrada, construyen virgenes con cabezotes inclinados. Fives Fig. 2.6 y Cail Fig. 2.7

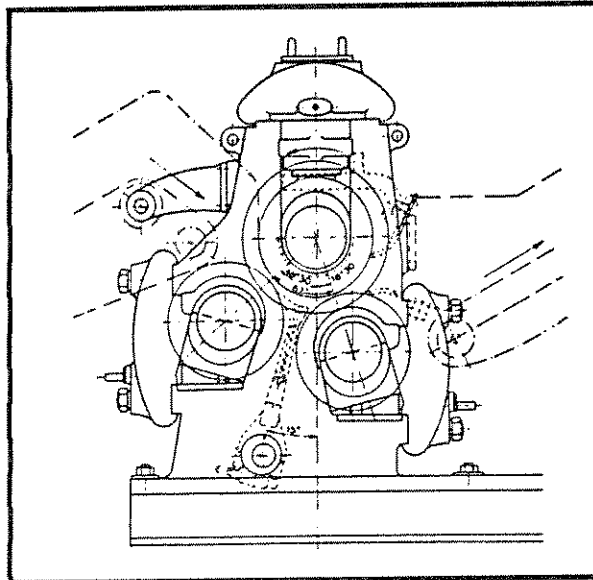


Fig. 2.6 Virgen Fives, Modelo C-46

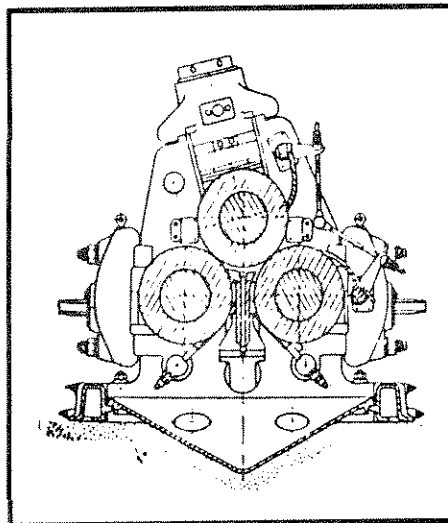


Fig. 2.7 Virgen Cail

En Francia, han adoptado como solución, la idea original de Fives, que una vez inclinado el cabezote  $15^\circ$  hacia atrás, hacer girar toda la figura  $15^\circ$  hacia adelante, para restablecer la verticalidad del cabezote. De esta manera se proyectó la virgen que se muestra en la Fig. 2.7, en la que las dos mazas inferiores no están a la misma altura. Esta rotación de  $15^\circ$  tiene, teóricamente, el inconveniente de aumentar en cierta medida el trayecto del jugo sobre la cara trasera de las mazas inferiores, inconveniente que, prácticamente, no se refleja en la extracción. El sistema tiene la ventaja de mejorar sensiblemente la toma de las dos mazas inferiores a la que ayuda la gravedad (maza de entrada), o a la que obstaculiza menos (maza de salida).

### 3. PRINCIPALES COMPONENTES DEL MOLINO N<sup>o</sup>. 1 DE CAÑA DE AZÚCAR

#### 3.1 Bancazo

Es la base de las vírgenes y los separadores de las mismas de acero fundido que mantienen a las vírgenes paralelas sobre la cual va a ir colocada la estructura del molino y todos aquellos accesorios que contribuyen a complementar el molino, ver Fig. 3.1 este bancazo va fijo al cemento a través de pernos para evitar movimientos axiales sobre su base.

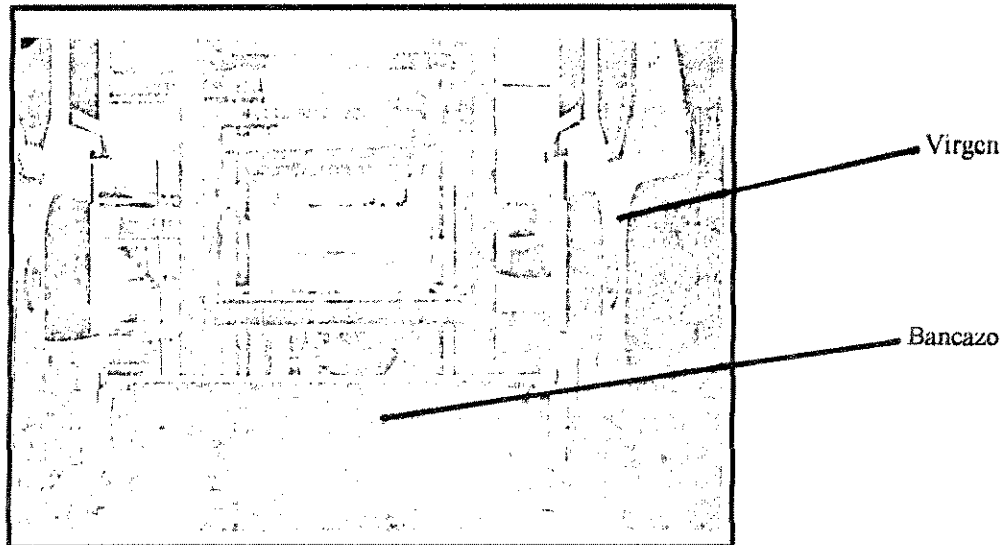


Fig. 3.1 bancazo y Virgen

#### 3.2 Virgen

Es una estructura robusta, que puede ser de acero fundido o de acero de bajo carbono. La virgen va a soportar a todas las piezas que conforman el molino y sus accesorios, va anclada a la cimentación con pernos de anclaje, ver Fig. 3.1

Sus dimensiones varían dependiendo de la cantidad de caña a moler y de la compresión necesaria de la misma, etc.

Antiguamente dichas vírgenes eran fabricadas para tres mazas, hoy en día se vio en la necesidad de fabricarlas con 4 cavidades para alojar a 4 mazas y así aumentar la efectividad del molino.

#### 3.3 Chumacera plana

Son piezas semicilíndricas fabricadas en bronce, provistas de pasos para la circulación del agua de enfriamiento y de ranuras para la lubricación en la superficie de rozamiento, esta chumacera cubre la mitad del muñón, por lo que en el Ingenio, se fabrica una cubierta de lámina con fieltro en las orillas para evitar así que penetre la suciedad y el jugo de caña, ver Fig. 3.2

La lubricación debe hacerse por medio de una ranura que se traza al seguir una generatriz, a 45°, aproximadamente, adelante de la zona de presión máxima y que termina en bisel en el sentido del movimiento; la ranura es más acentuada al centro que en las extremidades.

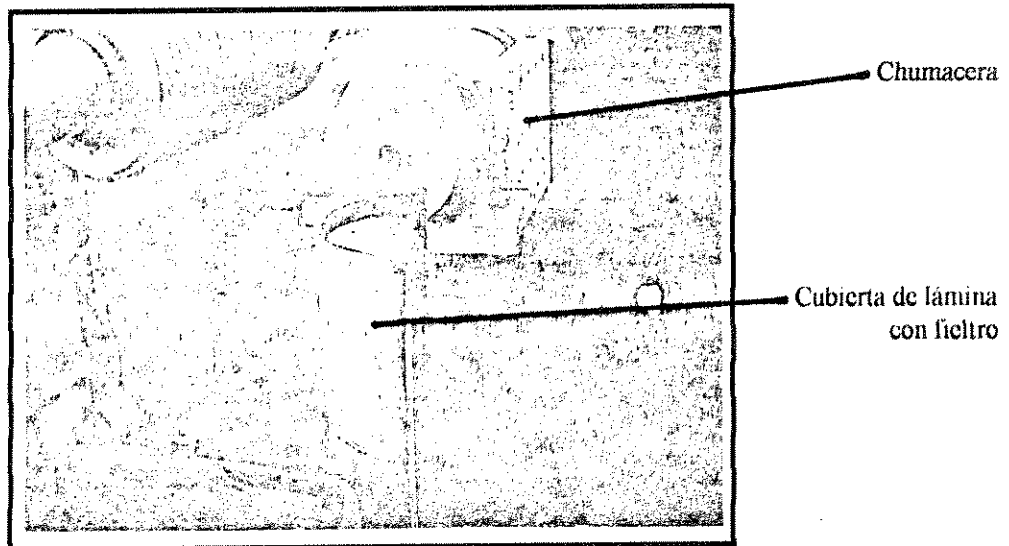


Fig. 3.2 Cubierta de lámina con fieltro y chumacera.

### 3.4 Mazas

Son piezas cilíndricas de hierro fundido de grandes dimensiones formadas por un eje, camisa, rayado y chorro. Dichos términos se describen a continuación.

#### a) Eje

Consiste en un cilindro sólido, de acero el cual es maquinado, su longitud varía dependiendo de la distancia entre vírgenes. Aproximadamente es de 176 pulgadas de longitud. Se le fabrican los muñones en los extremos, los cuales son maquinados en el Ingenio; también se le maquina al eje en un extremo una superficie plana formando un cuadrado para colocar la corona y un desgaste fabricando un cuñero ahora si es eje para maza superior esta superficie en ambos extremos y el cuadrado sirve para evitar que gire la corona y el cuñero para empotrar en dicha cavidad la cuña que va a evitar la salida de la corona, ver Fig. 3.3

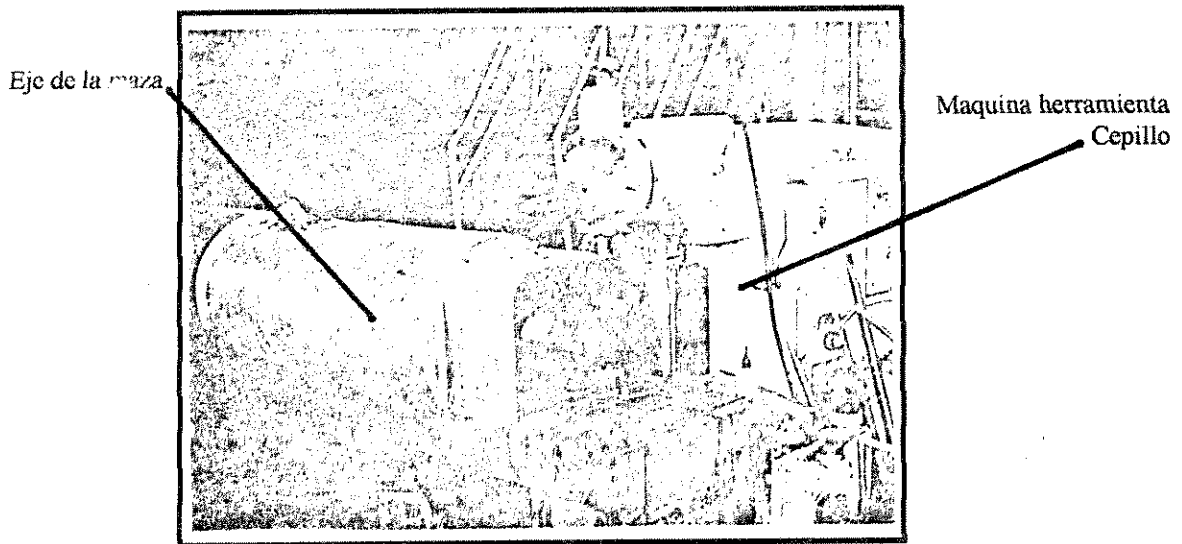


Fig. 3.3 Maquinado del eje de la maza

b) Camisa

Consiste en un cilindro de hierro fundido, es fabricado en una fundidora donde se encargan de dilatarlo hasta que haya alcanzado el diámetro interno del cilindro un diámetro mayor que el del eje para alcanzar así el apriete deseado y se dice que es ( $\frac{1}{2}$  milésima de pulgada por cada pulgada del diámetro del eje), además el eje es sumergido en hielo seco pudiendo así lograr una dilatación negativa logrando la reducción del diámetro del mismo, para lograr su ensamble cuando se enfríe la camisa sobre el eje, ya que el eje de la maza es de mayor diámetro que el diámetro interno de la camisa, la misma tiene una longitud de 84 pulgadas, ver Fig. 3.4

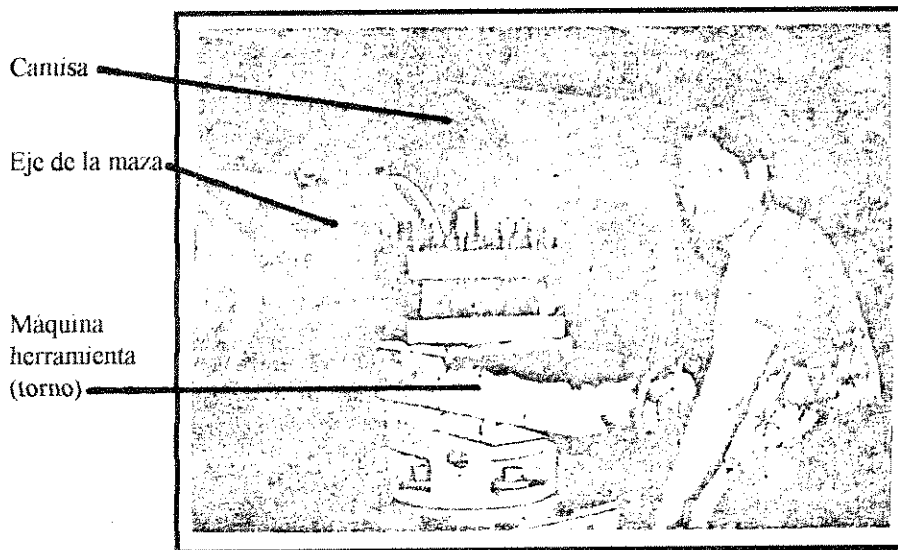


Fig. 3.4 Eje con la camisa colocada lista para su rectificado

### c) Rayado

El rayado se lleva a cabo en el Ingenio, colocando la maza en el torno, y con un buril se hacen dientes concéntricos de 3 pulgadas de longitud en la cara del diente por 3 pulgadas de paso, tiene 26 ó 27 dientes, el número de dientes varía dependiendo del diámetro de la maza, su longitud y el ángulo que se le quiera dar, ver Fig. 3.5

### d) Chorreado

Es el proceso por medio del cual al rayado se le deposita soldadura esparcida de manera no homogénea por medio de un electrodo (azúcar 80) el cual se adhiere mejor al hierro fundido y es de fácil aplicación, altamente resistente al desgaste y al ácido del jugo de caña. Ver en la Fig. 3.6 la aplicación del chorreado.

El objetivo primordial del chorreado es evitar el patinaje de las mazas sobre la caña, este va colocado sobre el flanco del diente, exactamente a una pulgada del fondo del mismo.

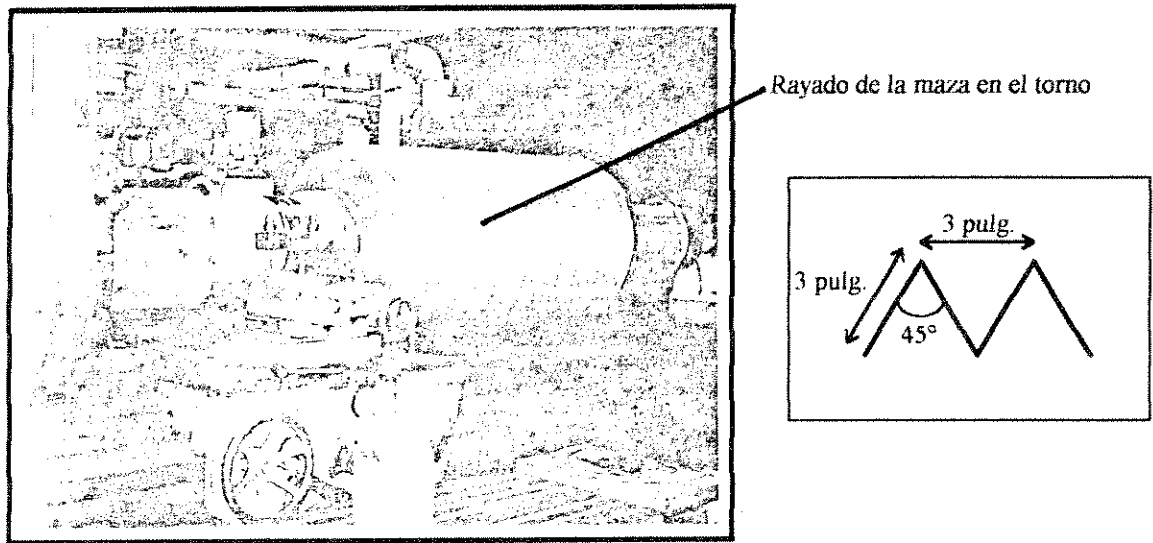
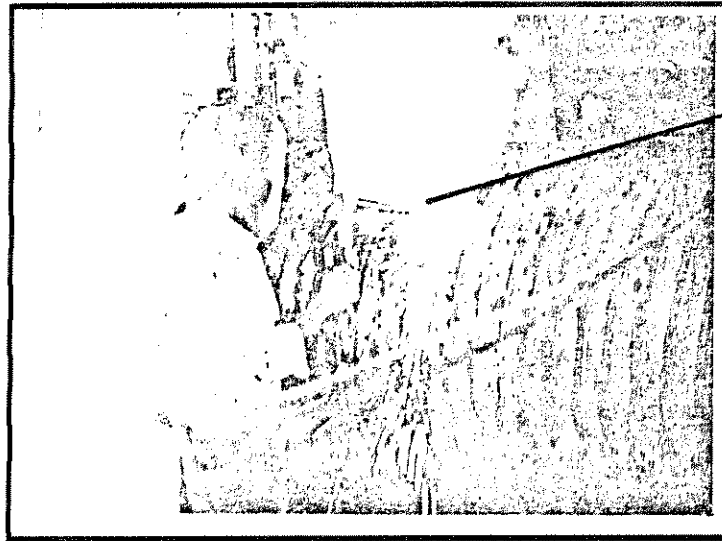
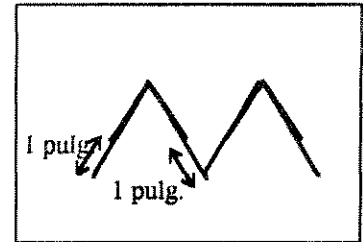


Fig. 3.5 Rayado de una maza en el torno



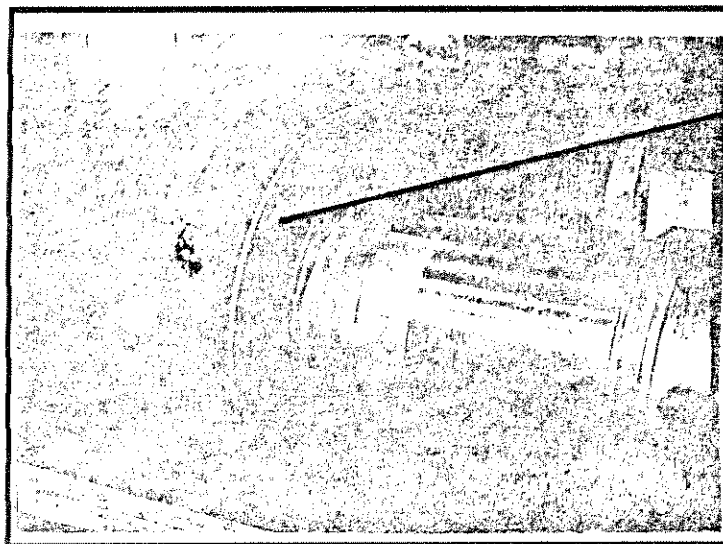


Aplicación del chorreado con soldadura eléctrica



**Fig. 3.6** Chorreado de la maza

La maza terminada tiene entre el muñón y la camisa un flange guardajugo, el cual evita que el jugo de caña penetre entre la chumacera y el muñón, y lave el lubricante; ver Fig. 3.7.



Flange (guardajugos)

**Fig. 3.7** Maza terminada con guardajugos (flange) colocado

### **3.4.1 Cañera**

Esta maza lleva una corona instalada en un extremo, la cual va acoplada a la corona de la maza superior, la misma va colocada en la entrada de la caña; de aquí se le da su nombre característico. Lleva un peine cañero encargado de limpiar el rayado de la maza.

Diámetro de la maza = 43 pulgadas.  
Largo de la maza = 84 pulgadas.  
No. de dientes de la corona = 17 dientes.  
Ángulo del rayado = 45 grados.  
Punta del diente = 0.1250 pulgadas.  
Fondo del diente = 0.0625 pulgadas.  
Profundidad del diente = 3.37500 pulgadas.

Es la única maza que tiene un rayado de 45° ya que se quiere aumentar el drenaje de salida del jugo y por lo regular lleva chevrón, (que es un desgaste en forma de "V" a lo largo de la maza. Se utiliza debido a que la caña va más entera y la tracción es mayor, para mayor información leer lo que es la maza superior con chevrón.).

Es un tipo de maza hembra al centro ya que exactamente el centro de la misma coincide en dos dientes que es donde entra el diente central de la maza superior.

### **3.4.2 Bagacera**

Esta maza es idéntica a la maza cañera, con la diferencia que va colocada en el lado de salida de la caña, su peine se llama peine bagacero y además sus características son:

Diámetro de la maza = 45 pulgadas.  
No. de dientes de la corona = 17 dientes.  
Ángulo del rayado = 50 grados.  
Profundidad del diente = 3 pulgadas.

Esta maza es de mayor diámetro que la cañera debido a que se quiere lograr lo siguiente:

Conservar el triángulo de trabajo de las coronas,  
Aumentar la velocidad de la salida de la caña,  
Disminuir el ajuste de salida de la caña entre las mazas superior-bagacera.

Es un tipo de maza hembra localizada al centro de la misma, ya que coincide también en dos dientes que es donde entra el diente central de la maza superior.

### 3.4.3 Superior

Esta maza tiene un eje más largo, ya que cuenta con dos coronas, una en cada extremo, utiliza dos flanges para evitar que el jugo de caña y el bagazo caiga fuera del molino y lleva un cuadrado después de la corona lado motriz, ya que es la maza que transmite el movimiento a las demás mazas del molino; ver Fig. 3.8.

- Diámetro de la maza = 44 pulgadas.
- No. de dientes de la corona lado motriz = 17 dientes.
- No. de dientes de la corona lado colero = 20 dientes.
- Ángulo del rayado = 50 grados.
- Profundidad del diente = 3 pulgadas.
- Diámetro de los flanges = 52.50 pulgadas.

A esta maza por lo regular se acostumbra hacerle chevrón también, para aumentar la tracción entre la maza y la caña.

Es el único tipo de maza macho al centro, ya que cuenta con un rayado impar y al centro queda exactamente un diente.

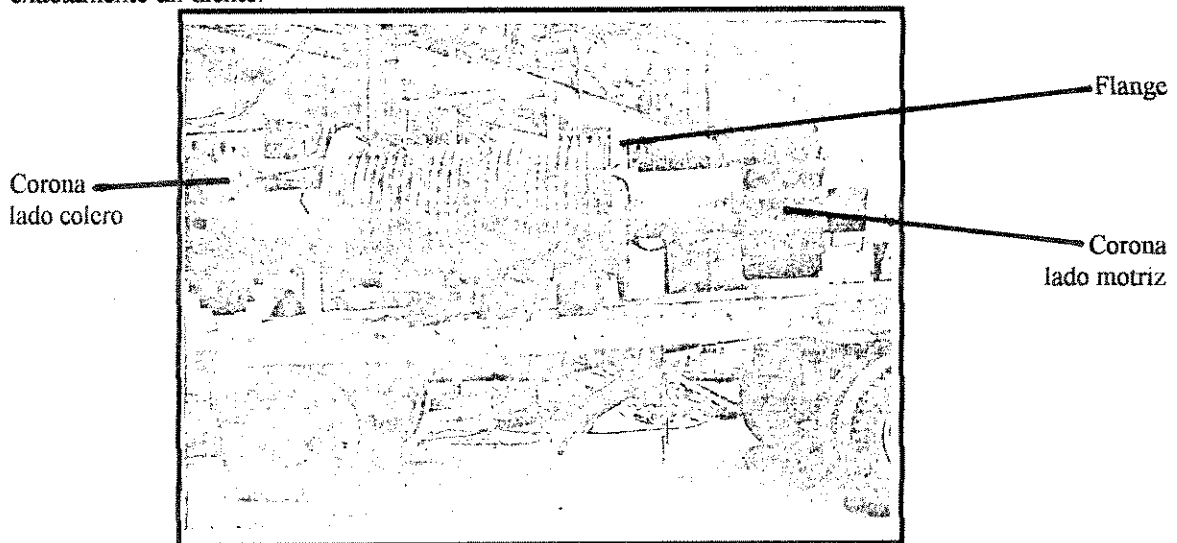


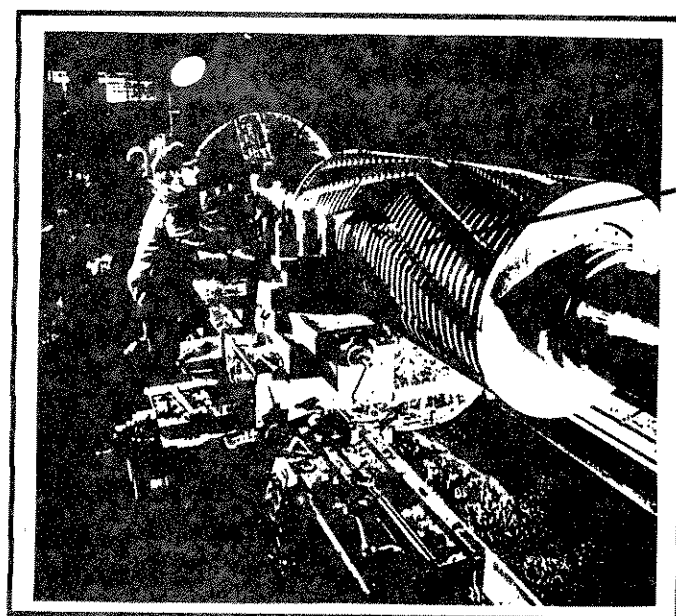
Fig. 3.8 Maza superior lista para ser montada

Las mazas superiores por su fabricación pueden ser:

- a) Con Chevrón
- b) Del tipo Lotus

a) Con Chevrón:

Es igual a una maza convencional, con la diferencia que se le hacen unas ranuras en "V" para que la tracción de la caña sea mayor y no resbale; ver Fig. 3.9. La distancia entre un chevrón y otro, así como el ángulo del mismo varía de un ingenio a otro.



Chevrón

**Fig. 3.9 Maza superior a la cual se le maquina "Chevrón"**

**b) Del tipo Lotus:**

Es un tipo especial de maza superior, ya que aumenta el drenaje del jugo y no existe una columna de guarapo por arriba de la maza, evitando así que el guarapo se vaya por el peine raspador y por consiguiente al bagazo de salida; esta maza lleva agujeros que van en la base del rayado hacia unos canales que van a todo lo largo de la maza, el jugo de caña es desalojado por los extremos de la misma, es considerada el mejor tipo, ver plano en el anexo III.

**3.4.4 4ta. maza**

Es una maza de diámetro inferior a las otras tres mazas, lleva una corona de diámetro menor en el lado opuesto al lado motriz de la maza superior ya que gira a mayor velocidad periférica que las otras tres mazas. Su misión es introducir la caña a presión entre la maza superior y la maza cañera, va colocada sobre la maza cañera y a la par de la maza superior en el lado de ingreso de la caña.

Diámetro de la maza = 36 pulgadas.

No. de dientes de la corona = 15 dientes.

Ángulo del rayado = 50 grados.

Es un tipo de maza hembra al centro, ya que coinciden los dos dientes centrales con el diente central de la maza superior.

**3.5 Bisagra**

Es el cierre que permite el alojamiento de la chumacera de la maza y al mismo tiempo en ella va colocado un tornillo de potencia que es utilizado para empujar la maza hacia el eje del molino y así poder realizar el setting. Esta bisagra va sujeta por dos pernos en su parte superior y un eje pivote en su parte inferior que es el que la convierte en bisagra, ver Fig. 3.10

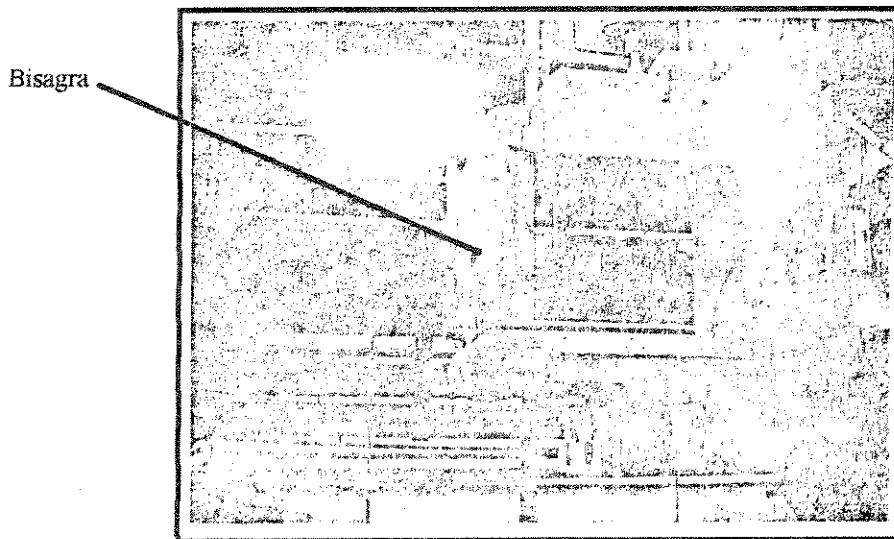


Fig. 3.10 Bisagra cerrada

### 3.6 Cabezote hidráulico

Es un cilindro que contiene en su interior un pistón y entre el pistón y el cilindro unos sellos que son utilizados para evitar la fuga de fluido hidráulico, este pistón se mantiene a una presión de 2000 PSI. debido al fluido hidráulico y actúa independientemente de su levantamiento. Con este tipo de presión, las chumaceras de la maza superior pueden moverse dentro de las cavidades de la virgen y reciben, con o sin la interposición de una pieza intermedia, la presión del pistón; la presión hidráulica llega al pistón por medio de una tubería de aceite a presión, la que se obtiene a través del acumulador de presión, ver la Fig. 3.11 donde se muestra el cabezote del molino No. 1.

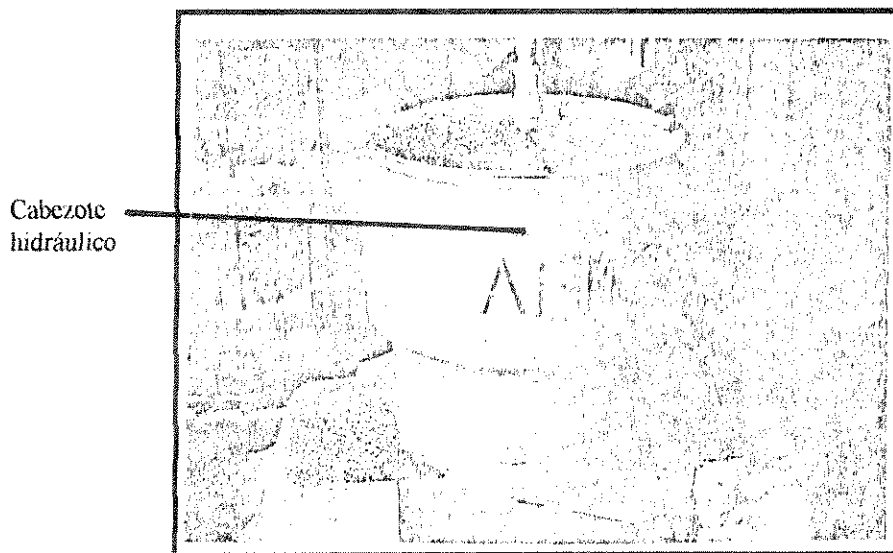


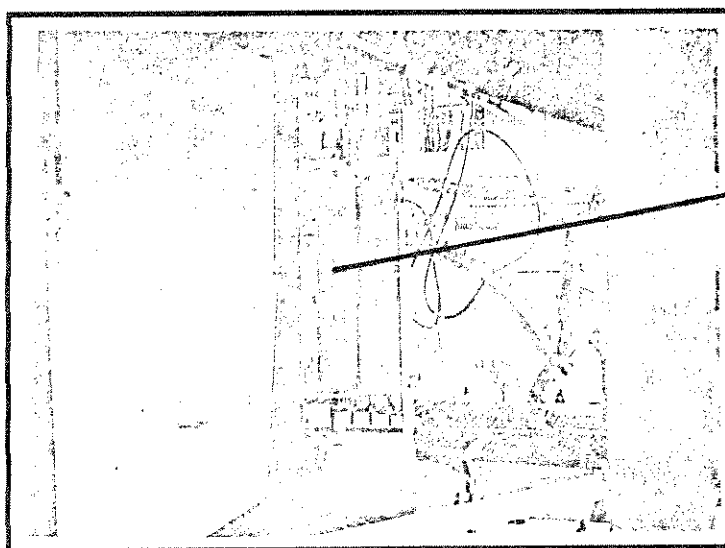
Fig. 3.11 Vista del cabezote hidráulico colocado en el molino

### 3.7 Acumulador de presión

Es un cilindro de metal que aloja en su interior una vejiga de hule, la cual contiene al gas nitrógeno a 2,000 PSI, este acumulador de presión en su parte inferior lleva acoplada una tubería de alta presión la cual va unida al cabezote hidráulico; el fluido hidráulico es aceite y es suministrado por la parte inferior del mismo, por un sistema de bombeo de presión hidráulica marca "Lincoln", la cual mantiene una presión en el sistema menor a 2,000 PSI., ver Fig. 3.12. Su función es soportar la presión hidráulica ejercida por el sistema de bombeo Lincoln y si en algún caso aumenta el colchón de caña permitir la flotación de la maza superior venciendo la presión contenida dentro de la vejiga de hule.

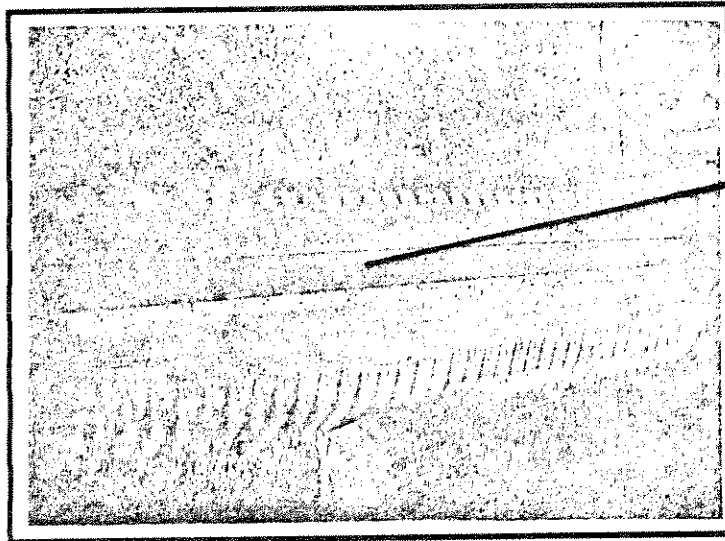
### 3.8 Cuchilla central

Es una unidad de hierro fundido con dientes en ambos lados de la misma con el inconveniente que los dientes que van del lado de la maza bagacera son cortos y sin punta. Esta cuchilla se compra en bruto para luego ser maquinada en el cepillo, va colocada sobre el puente, entre las mazas cañera y bagacera y bajo la maza superior; su función es servir de soporte al paso de la caña, y extraer la caña que queda alojada en el rayado de la mazas cañera y bagacera, ver Fig. 3.13.



Acumulador  
de presión

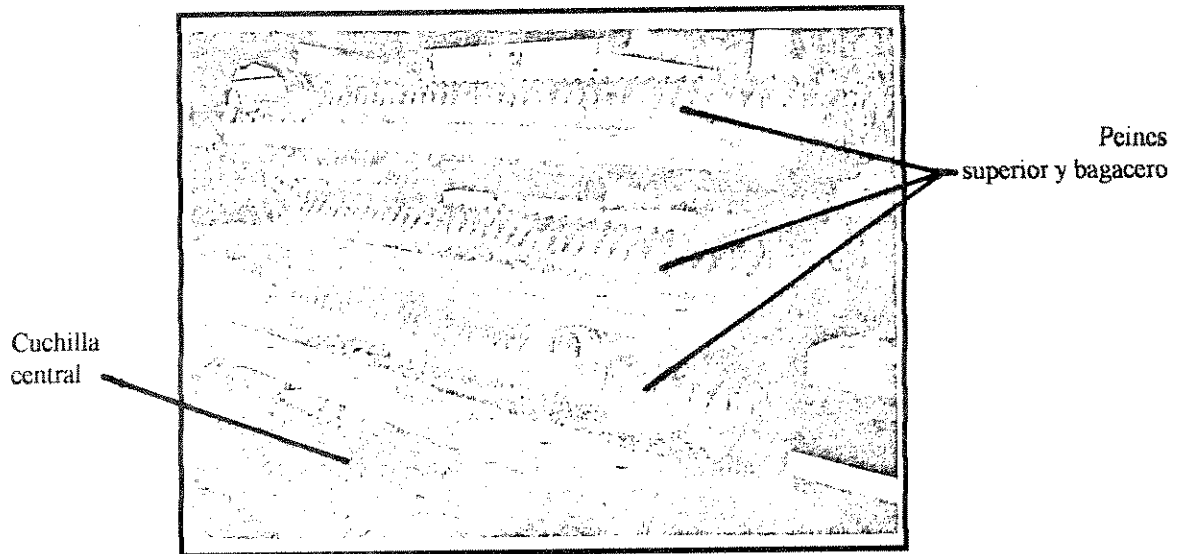
Fig. 3.12 Acumulador de presión



**Fig. 3.13 Cuchilla central**

### 3.9 Peine

Es una unidad de hierro fundido, la cual llega al ingenio en bruto y es maquinada en el cepillo; lleva dientes de un sólo lado, específicamente en la parte curva y su función es extraer continuamente la caña que se queda alojada en el rayado de la maza, para su instalación se fabrica una base, la cual tiene un pivote soldado a la virgen y unos brazos tensores, que son los que mantienen al peine raspador en contacto con la maza ver Fig. 3.14.



**Fig. 3.14 Peines maquinados, listos para su colocación**

## 4. MAQUINARIA DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA AL MOLINO

### 4.1 Turbina de vapor

Durante más de 150 años se han utilizado máquinas de vapor del tipo Corliss, pero en la actualidad son obsoletas. Alrededor de 1,923 se comenzó a utilizar el motor eléctrico para el movimiento del molino; sin embargo, éstos presentan ventajas y desventajas. Muchos creían que las ventajas del mejor control de los molinos, la facilidad de arranque y parada, las reducciones en los costos de operación y mantenimiento, la mayor higiene y limpieza en la estructura de los molinos quedaban neutralizados por los mayores costos de instalación, la necesidad de montar una planta generadora separada de electricidad para los molinos y la necesidad de personal especializado. La impulsión mediante turbinas de vapor, introducidas en 1,947, combina las mejores características de la máquina de vapor y la del motor eléctrico, y casi todos los ingenios más modernos son movidos con esta clase de equipo. El vapor se utiliza directamente en vez de ser transformado en energía eléctrica. La turbina posee la flexibilidad y las características de control del motor eléctrico, así como también la limpieza y ausencia de aceite en el vapor de escape propias de las máquinas de vapor. Asimismo, la turbina permite la alta gama de variaciones de velocidad para cada molino individual que se obtienen con las máquinas de vapor y exige menos vigilancia y mantenimiento. Muchas de las instalaciones más antiguas movidas por vapor han sido modernizadas mediante la instalación de turbinas de vapor. El regulador de velocidad de las turbinas, especialmente el que se utiliza para el primer molino, debe ser altamente sensible.

Ver en la figura 4.05 el diagrama de transmisión del movimiento al molino desde la turbina de vapor hasta la maza superior.

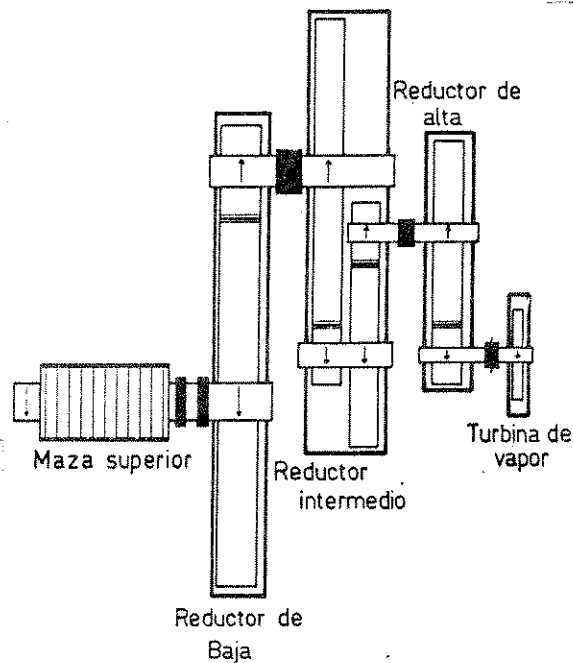


Fig 4.05 Diagrama de transmisión del movimiento al molino.



## Turbina de vapor utilizada en el Molino No. 1 del Ingenio Santa Ana

Marca = ELLIOTT

Tipo = DYRPG

### CONDICIONES DE TRABAJO

Potencia = 1,200 HP

Velocidad = 4,200 R.P.M.

Presión de admisión = 200 PSIG

Temperatura de trabajo = 381.82 °F

Presión de escape = 20 PSIG

### CONDICIONES EXTREMAS

Potencia = 1,200 HP

Velocidad = 5,198 R.P.M.

Presión de admisión = 250 PSIG

Temperatura de trabajo = 400.97 °F

Presión de escape = 60 PSIG

Velocidad Crítica = 9,100 R.P.M.

Tipo de "coupling" utilizado entre turbina de vapor y reductor de alta velocidad = Falk 1025G20

Este tipo de coupling utiliza internamente como acople un engranaje, en cada extremo, tanto del eje de la turbina como del eje del reductor de alta velocidad; y la carcasa tiene un ranurado en forma de engranaje de manera que une ambos coupling; este tipo de coupling es diferente que los otros utilizados en la unión del mismo sistema de reductores, ya que gira a altas revoluciones y el mismo reduce significativamente las vibraciones.

La turbina utilizada en el molino No. 1 se presenta a continuación, ver Fig. 4.1.

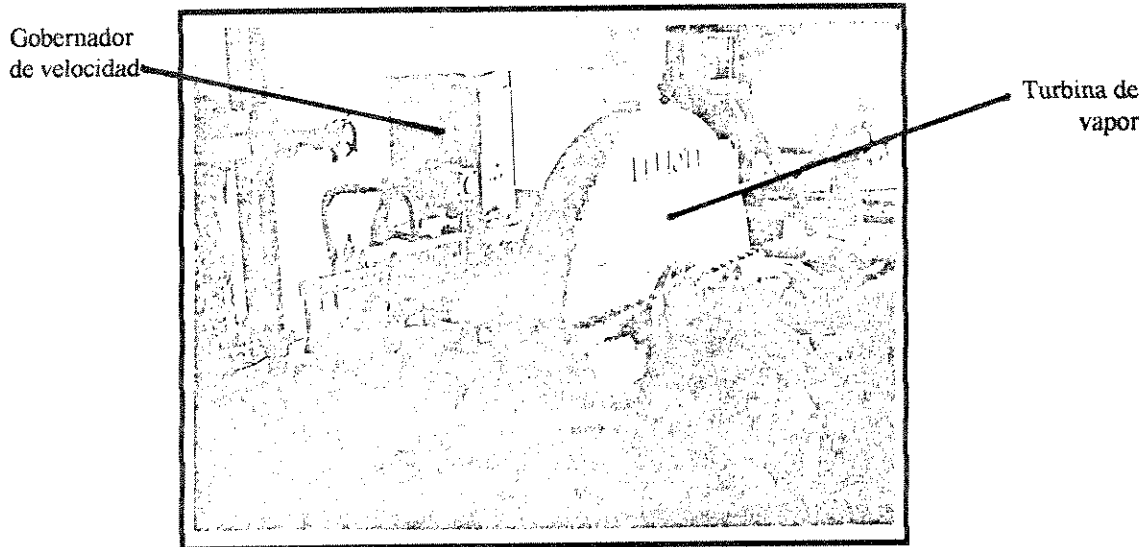


Fig. 4.1 Turbina de vapor

## 4.2 Reductor de alta velocidad

Un reductor es un conjunto de engranajes acoplados entre sí, colocados sobre chumaceras planas, dispuestos dentro de una carcasa metálica sólida que en su interior contiene, además de los engranajes, el lubricante y una bomba capaz de mantener lubricados a los engranes durante su funcionamiento. Este lubricante es enfriado a través de un intercambiador de calor por el cual circula agua y se encuentra en la parte externa del reductor.

La función del reductor de velocidad es aumentar el torque y disminuir las revoluciones del eje motriz con respecto al eje de salida. Va colocado entre la turbina de vapor y el reductor intermedio.

### Reductor de alta velocidad utilizado en el molino No. 1

Marca = LUFKIN  
Modelo No. = NM1600C

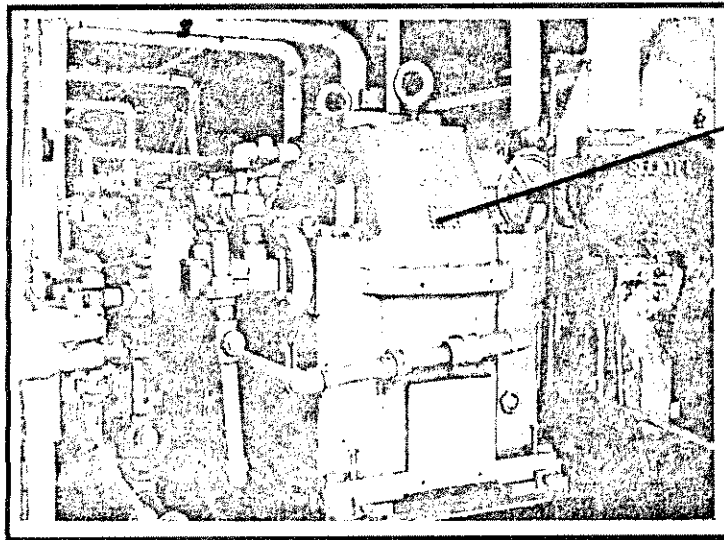
#### CONDICIONES DE DISEÑO

No. de ejes = 2  
Ratio = 5.618: 1  
Velocidad = 5,175 R.P.M.  
Unidad de Capacidad = 2,190 HP  
Factor de Aplicación = 1.82  
Potencia de Aplicación = 1,200 HP  
Capacidad de Aceite = 30 Gals.  
Tipo de dientes = helicoidales

Tipo de "coupling" utilizado entre reductor de alta velocidad y reductor intermedio = Falk 1160T10

Este tipo de coupling es el más utilizado entre reductores, ya que no requiere de altas revoluciones, más que todo es torque y alineamiento. Este coupling internamente tiene una rejilla que une ambos ejes; esta rejilla amortigua el movimiento de torsión de los ejes y si en dado caso hay una avería en uno de los reductores evita que se traslade el movimiento de un reductor al otro.

Reductor de alta velocidad utilizado en el 1er. molino, ver Fig. 4.2.



Reductor de  
alta velocidad

**Fig. 4.2 Reductor de alta velocidad**

### **4.3 Reductor intermedio**

Este reductor de velocidad es igual al reductor anterior, con la variante que es de un torque mayor.

Va colocado entre el reductor de alta velocidad y el reductor de baja velocidad a través de unos "coupling".

#### **Reductor intermedio utilizado en el molino No. 1**

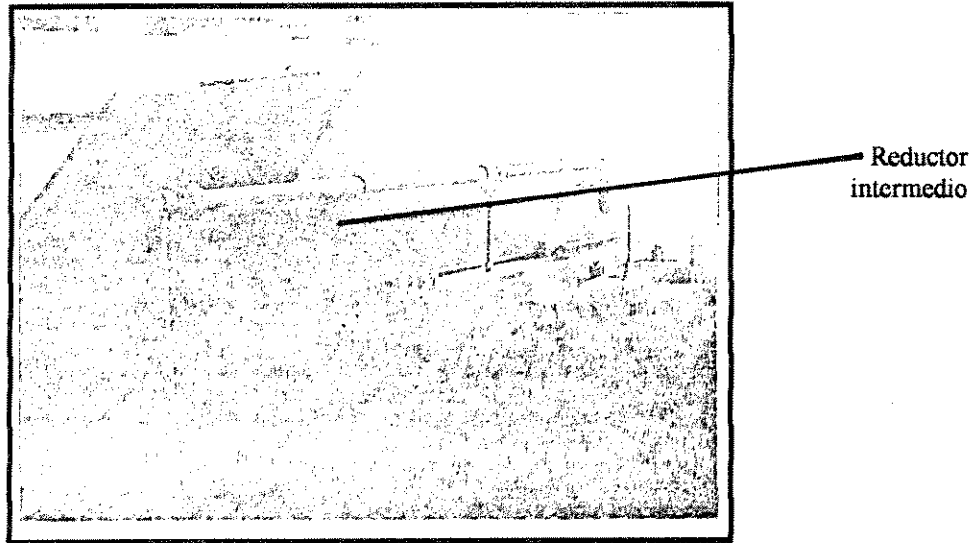
Marca = LUFKIN  
Modelo No. = DF710D

#### **CONDICIONES DE DISEÑO**

No. de ejes = 3  
Ratio = 28.77 : 1  
Velocidad = 800/921 R.P.M.  
Unidad de capacidad = 2,151 HP  
Factor de aplicación = 1.71  
Potencia de aplicación = 1,200 HP  
Capacidad de aceite = 325 Gals.  
Tipo de dientes = helicoidales

Tipo de "coupling" utilizado entre reductor intermedio y reductor de baja velocidad = Falk 1220T10

Reductor intermedio mostrado en la Fig. 4.3.



**Fig. 4.3 Reductor intermedio**

#### **4.4 Reductor de baja velocidad**

Consiste en un par de engranajes acoplados entre sí, que constan de un piñón y una catarina, van montados sobre chumaceras planas de bronce a las cuales les ingresa a presión el lubricante a través del sistema de bombeo, su enfriamiento es a través de agua. Este sistema no viene provisto de cubierta metálica, por lo que para evitar accidentes y mantener limpieza en los engranes se hizo indispensable hacer una carcasa metálica., ver Fig. 4.4.

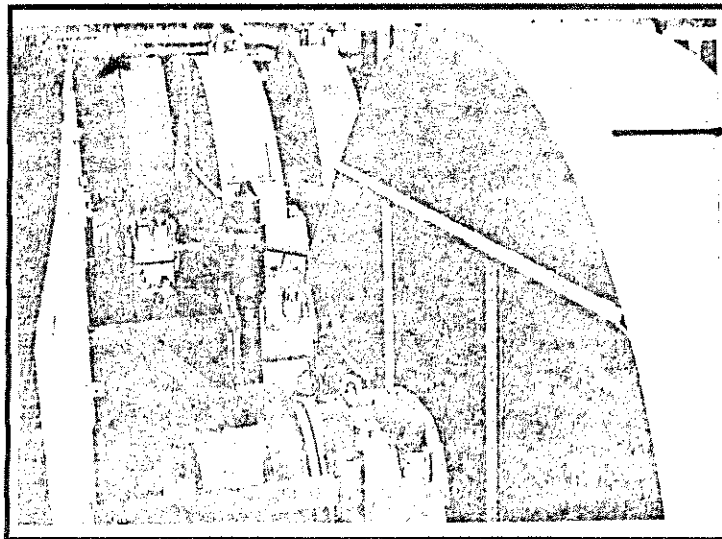
Va colocada entre el molino No. 1 y el reductor intermedio, en relación con el eje de la maza superior del molino, el eje del reductor de baja velocidad va colocada a  $\frac{3}{4}$  de pulgada más arriba que el eje de la maza superior, pretendiéndose que cuando la maza flote quede alineado el sistema.

El acople entre el reductor intermedio y el reductor de baja velocidad se efectúa a través de un coupling y para el acople entre el molino y el reductor de baja velocidad se utilizan unos dados y un puente que son los que van a llevar a cabo el movimiento tanto de torsión como de pandeo debido a la flotación de la maza., ver Fig. 4.5.

#### **CONDICIONES DE DISEÑO**

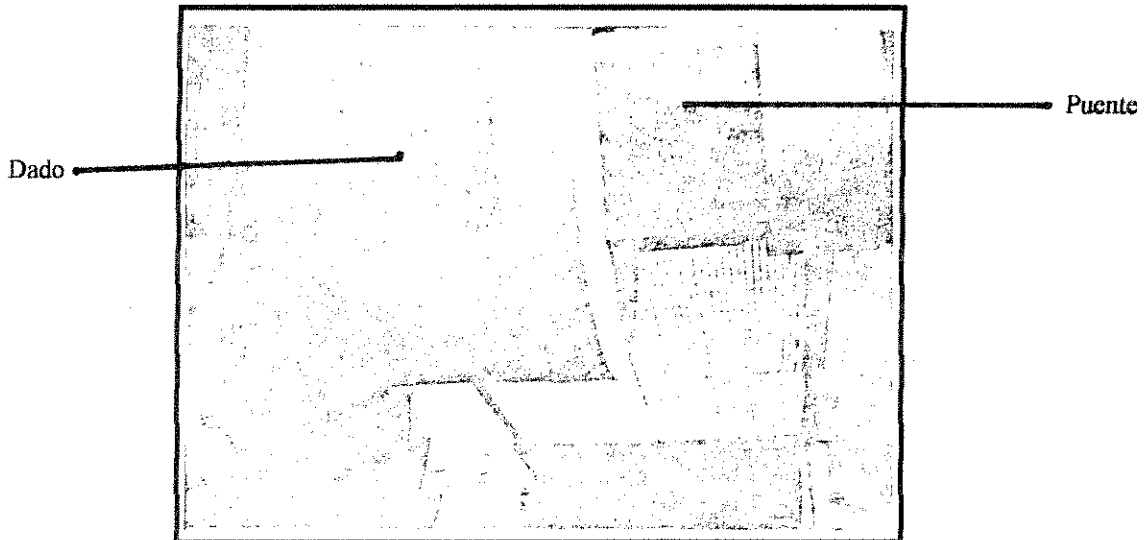
No. de ejes = 2  
 No. de dientes de la catarina = 124  
 No. de dientes del piñón = 32  
 Ratio = 3.875 : 1  
 Tipo de dientes = rectos

Tipo de "coupling" utilizado entre el reductor de baja velocidad y el molino = dado o cuadro



Reductor de baja velocidad

**Fig. 4.4 Reductor de baja velocidad**



**Fig. 4.5 Acople del reductor de baja velocidad al molino a través de dados y el puente**

La velocidad resultante de la maza superior se encuentra de la siguiente manera.  
datos:

Revoluciones de la turbina = 4,200 r.p.m.

Ratio del reductor de alta velocidad = 5.618 : 1

Ratio del reductor intermedio = 28.77 : 1

Ratio del reductor de baja velocidad = 3.875 : 1

$$\text{Ratio total} = 5.618 * 28.77 * 3.875 = 626.32$$

$$\text{Revoluciones del molino} = 4,200 \text{ r.p.m.} / 626.32 = \mathbf{6.71 \text{ r.p.m.}}$$

## 5. PROCEDIMIENTO DEL MONTAJE DEL MOLINO DE CAÑA DE AZÚCAR No. 1

### 5.1 Introducción al montaje de maquinaria:

Para llevar a cabo la cimentación de maquinaria, se dice que es más un arte que un ciencia. Hay consideraciones teóricas que deben tenerse presentes, pero se adquiere mucha más información útil por la experiencia. En realidad, la escuela de la experiencia es excelente y su enseñanza es muy importante. Por ellos se debe procurar aprovecharse de los resultados obtenidos por otros ingenieros en el pasado, en lugar de intentar aprender por el pesado camino del ensayo y el error propios. Entre los que deben ser consultados están los fabricantes de diversos equipos. El proyectista no debe dudar en solicitar su opinión.

Las cimentaciones de máquinas se preparan generalmente antes de que se pueda colocar, en fecha posterior, el equipo sobre ellas. Estas cimentaciones deben proyectarse de modo que se puedan montar las máquinas (a menudo con grúas) y nivelarlas, conectar los acoplamientos y ajustar y poner en condiciones de funcionamiento todo el equipo, con motores y elementos auxiliares. Debe disponerse, además, en forma que pueda desmontarse, repararse y volverse a montar la maquinaria en partes o en su totalidad.

Como las cimentaciones de maquinaria están hechas generalmente de hormigón, no puede esperarse que se construyan con tanta exactitud, que se pueda montar el equipo directamente sobre ellas. Hay que hacer provisiones para los ajustes embebiendo anclajes a los que se dará algún "juego" a través de pernos con tuercas, las cuales van a variar la altura de los cimientos de la maquinaria.

Las cimentaciones de hormigón para máquinas son generalmente pesadas. Se montarán si es posible, en terreno firme, no perturbado; en otro caso, una instalación formada por máquinas o partes de ellas, unidas entre sí, se debe cimentar sobre una losa común suficientemente fuerte y rígida para que el grupo asiente como una unidad (en todo caso) en lugar de permitir asientos diferentes o inclinaciones desiguales que ocasionarían daños al equipo. Es evidente, que las cimentaciones raramente descansan encima del terreno, sino que tienen un empotramiento suficiente para desarrollar una buena sustentación vertical y lateral. La cara superior está muchas veces muy por encima de la superficie del piso, sirviendo de pedestal a la maquinaria.

Quizá una de las fuentes principales de problemas en las cimentaciones de hormigón para maquinaria es el tratar de usar pedestales estrechos elevados individuales para motores y cajas de cambio, y luego otros separados para las máquinas principales. Esta disposición puede ser causa de falta de alineación y de vibraciones fuera de fase, que originan la rotura de los ejes, fallos en los acoplamientos y desigual sustentación de los apoyos. En general, es aconsejable aislar las cimentaciones de hormigón para maquinaria de las losas de piso de hormigón contiguas por medio de rellenos premoldeados, que evitan que las vibraciones de las cimentaciones sean transferidas a través del piso a otras partes del edificio. Se evitará así también el trastorno de las cimentaciones y el agrietado de la losa a causa de la dilatación o la consolidación del piso. En el hormigón del piso se colocarán juntas para evitar tal agrietamiento.

## 5.2 Características a estudiar y tener en consideración en las cimentaciones de maquinaria:

### a) Resistencia al asiento vertical:

En general es buena práctica limitar la presión en el terreno al 40 ó 60 por 100 del valor que puede usarse con seguridad en las cimentaciones de estructuras. Esto hará mínima cualquier deformación que se pueda originar a causa de las sobrecargas, choques o fuerzas de impulsión. No se confiará en las arcillas flojas o linos, salvo que las cimentaciones de la maquinaria puedan repartir la carga de modo que la presión unitaria sea muy pequeña; de otro modo, pueden ser necesarios pilotes.

### b) Asientos diferentes:

Esto, puede ser muy destructivo para los pedestales si no se utilizan acoplamientos flexibles e incluso pueden romperse los bastidores de las máquinas, si es suficiente la deformación. En general, el centro de gravedad del área de sustentación coincidirá lo más cerca posible con la resultante de las fuerzas aplicadas, incluida la propia cimentación y todas las sobrecargas y fuerzas de impacto. La cimentación será lo suficientemente rígida y tendrá el espesor preciso para que el alabeo del hormigón debido a variaciones en la mezcla o en la temperatura que causen deformación desigual de la cara superior y la inferior, no produzca movimientos verticales apreciables equivalentes a asientos diferentes.

### c) Vuelco

Muchas cimentaciones de maquinaria están sometidas a esfuerzos de vuelco. Un ejemplo corriente de esto son las correas transportadoras. Las poleas de cabeza y final, lo mismo que las motrices, pueden estar sujetas a grandes tracciones por la correa. Es obvio que será muy beneficioso el ampliar la cimentación para tener una gran anchura en el plano del par de vuelco, y la presión ejercida sobre el terreno en la base será suficientemente baja para evitar el movimiento apreciable del centro del pedestal, si no se prevén acoplamientos flexibles.

### d) Torsión:

Un equipo puede originar grandes pares de torsión en un plano horizontal, con tendencia a retorcer la cimentación. Esto puede requerir el empleo de medios especiales para resistir tal acción.

### e) Provisiones para accesorios:

A menudo sucede que la cimentación debe llevar en su interior varios accesorios para el enfriamiento, lubricación, etc. Las tuberías de varias clases pueden ser bastante complicadas y los fosos próximos o zanjas, pueden afectar a la profundidad y otras dimensiones. Puede haber necesidad de ganchos de soporte de cables, escalones, transportadores que alimenten de materiales a las máquinas o se los lleven, y muchos otros elementos auxiliares.

### f) Dilatación:

Las fuentes de calor pueden causar dilataciones que produzcan deformaciones de la cimentación, en el equipo que hay en ella, o en ambos. Si el bastidor de una máquina se pone mucho más caliente que su cimentación, esto puede originar la rotura del uno o de la otra. Aunque los hornos y zonas refrigeradas es posible que no sean máquinas, sus cimentaciones suelen ser también importantes y puede ser necesaria la ventilación de las mismas o la provisión para la dilatación del equipo.

g) Vibración:

Este problema puede ser causa de muchas preocupaciones, porque puede agrietar la cimentación pero para ello existen amortiguamientos elaborados por los fabricantes de maquinaria y estos pueden ser de caucho o madera, incluso materiales plásticos.

h) Protección:

Una de las cosas que hay que evitar es la corrosión de los bastidores de las máquinas y de los pernos de anclaje. Una forma de ayudar a evitar esto, es elevar el hormigón por encima del piso, a manera de proteger la maquinaria de los desagües no mojen directamente el metal, las máquinas que están fuera del edificio deben tener el hormigón suficientemente alto para mantener el equipo por encima del nivel del agua, también, es de tomar en cuenta los bastidores de protección al personal.

### **5.3 Procedimiento del montaje del molino de caña:**

Para llevar un mejor control de lo que es este procedimiento se describirá cada una de las fases del montaje explicando la operación realizada en cada inciso, para ello en forma generalizada se presenta la secuencia del procedimiento del montaje en el diagrama de operaciones del, anexo IV.

### **5.4 Estructura de los cimientos del molino**

Antes de llevar a cabo cualquier montaje es indispensable hacer un estudio de suelos para luego tomar en consideración el tipo de carga, aplicación de la carga, momentos, profundidad de los estratos de apoyo del suelo, capacidad de apoyo del suelo, asentamiento anticipado bajo la carga y el tipo de estructura a soportar.

El amortiguamiento en estructuras, que tiene por causa fricciones y otros factores, resiste el movimiento impuesto por las cargas dinámicas. En general, el efecto es reducir la amplitud y alargar el periodo de las vibraciones. Si el amortiguamiento es suficientemente grande, las vibraciones pueden ser eliminadas.

Los fabricantes de molinos para Ingenios Azucareros por la experiencia que tienen en la fabricación de este diseño consideran necesario para la sujetación de las virgenes a la cimentación tres espárragos por virgen de 2 ½ pulg. de diámetro por 80 pulg. de longitud, debido a las tensiones que se crean en el movimiento torsionante de las mazas para ello es necesario una estructura de cimentación, de hormigón armado robusta, que a la vez amortigüe significativamente las vibraciones efectuadas por el molino al comprimir la caña, debido a que también es necesario ahorrar material en el diseño de la estructura e instalar una cajucla que reciba al jugo de caña y que a través de la gravedad sea enviado el fluido a las bombas de succión de guarapo se crea el siguiente diseño, ver Fig. 5.1



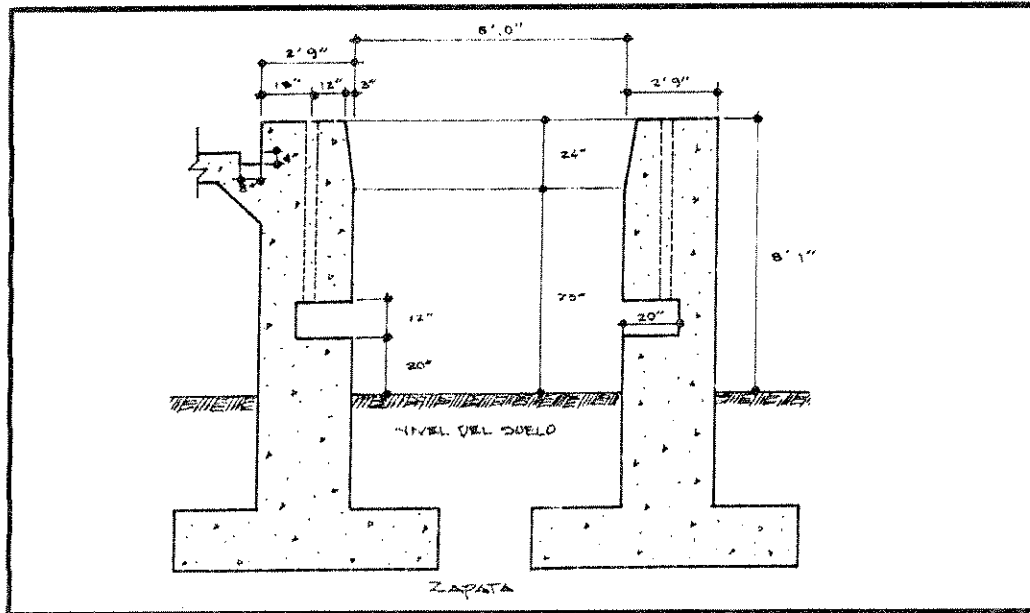


Fig. 5.1 Estructura de la cimentación del molino

### 5.5 Platinas

Son planchas pulidas de acero de 1 ½ pulg. de grueso por 11 ½ pulg. de ancho por 24 pulg. de longitud con 4 agujeros de ¾ pulg. de diámetro, uno en cada extremo, encargados de cargar a la platina a través de tuercas y uno en el centro de 4 ½ pulg. de diámetro debido a que en su interior pasa el perno principal que sujeta a la virgen y además debe existir un drenaje de jugo, ver Fig. 5.2.

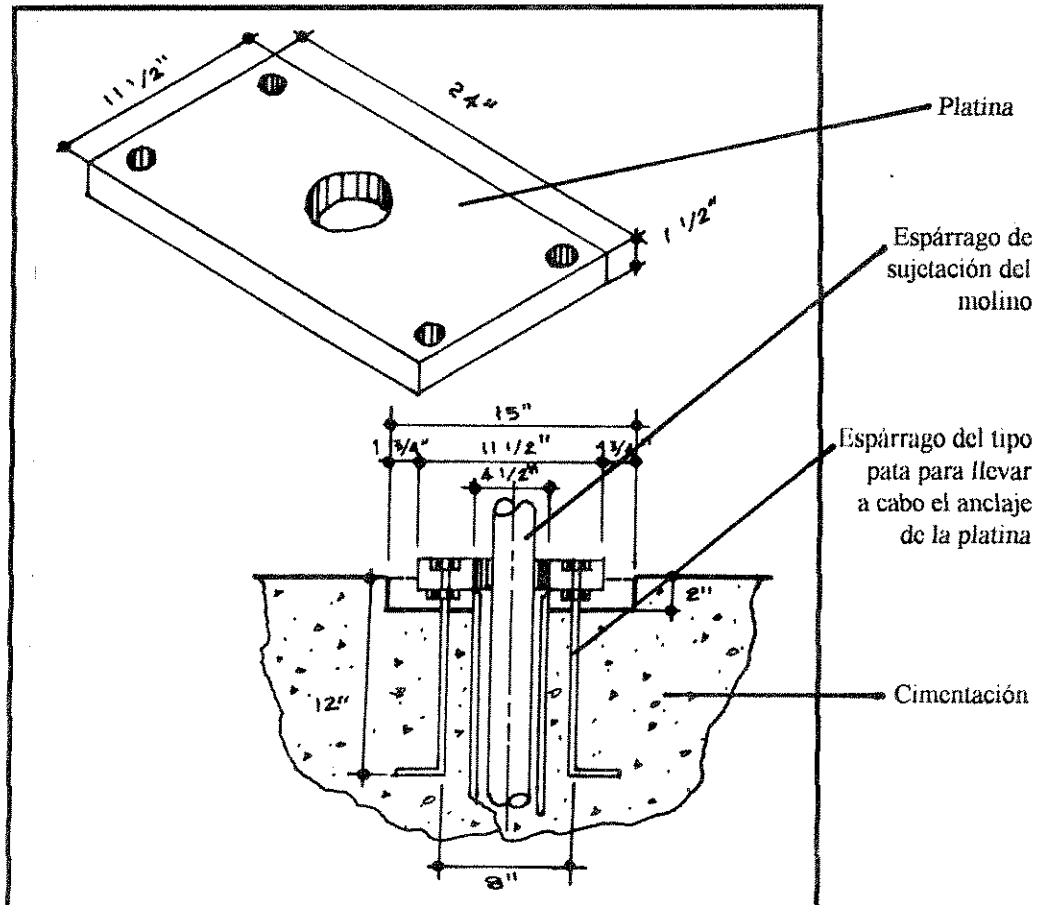


Fig. 5.2 Platinas para montar sobre ellas a la virgen

## 5.6 Virgen

### 5.6.1 Nivelación, alineación, escuadración

Ver en el anexo V el diagrama de nivelación, alineación y escuadración de una forma gráfica.

#### a) Nivelación

Es dejar a la misma altura y horizontalmente la base de las vírgenes respecto a la superficie del terreno, esto se lleva a cabo a través de cuatro pernos con rosca que están fundidos a la cimentación y el utilizado es el de pata ya que mejora el anclaje y evita el giro del perno, ver Fig. 5.2, la longitud del perno es de 12 pulg. y de la pata es de 3 1/2 pulg. sobre cada espárrago se coloca una tuerca y sobre estas la platina, a través de las tuercas se puede corregir fácilmente la altura de la platina para llevar a cabo la nivelación con un nivel basculante colocado en un mismo punto y un estadal colocándolo alternativamente sobre cada platina se logra nivelar cada una; a una misma altura, ver Fig. 5.3, después con un nivel de mano se nivela solamente la platina a lo ancho y a lo largo.

## b) Alineación

Es hacer que coincida el centro del eje de la maza superior exactamente con el centro del eje del reductor de baja velocidad, esto se lleva a cabo colocando sobre el eje del gramil un cordel de referencia, ver Fig. 5.4, de este cordel se dejan caer otros cordes haciendo que caigan a rostro tanto de los ejes de la maza superior como del eje de salida del reductor de baja velocidad, ver Fig. 5.5, la alineación se efectúa desde el molino hacia la turbina.

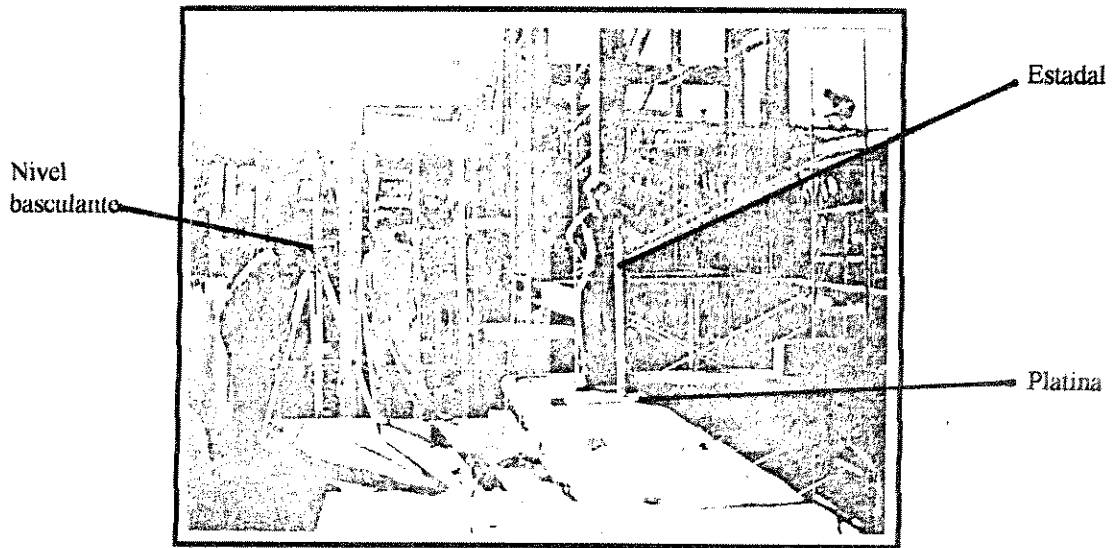


Fig. 5.3 Nivelación de las platinas

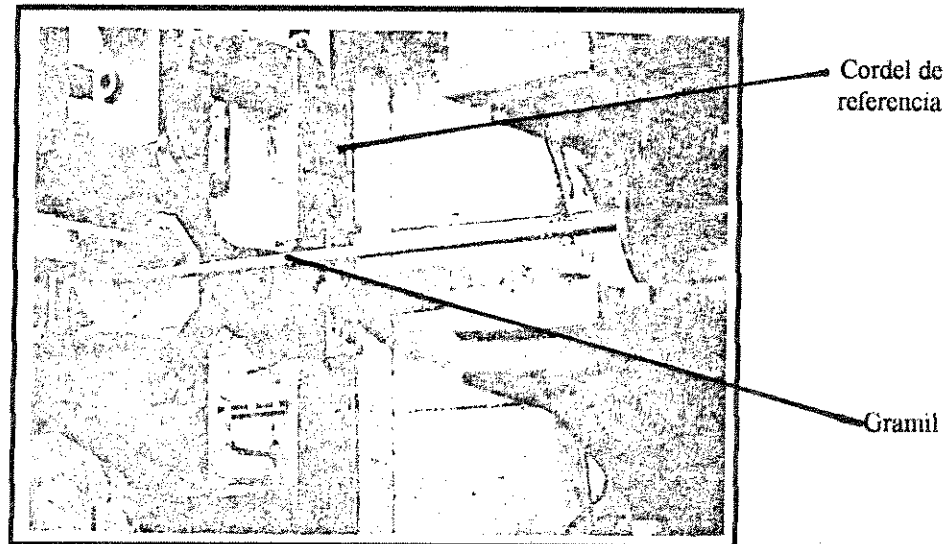


Fig. 5.4 Instalación del gramil y el cordel para alinear las vírgenes

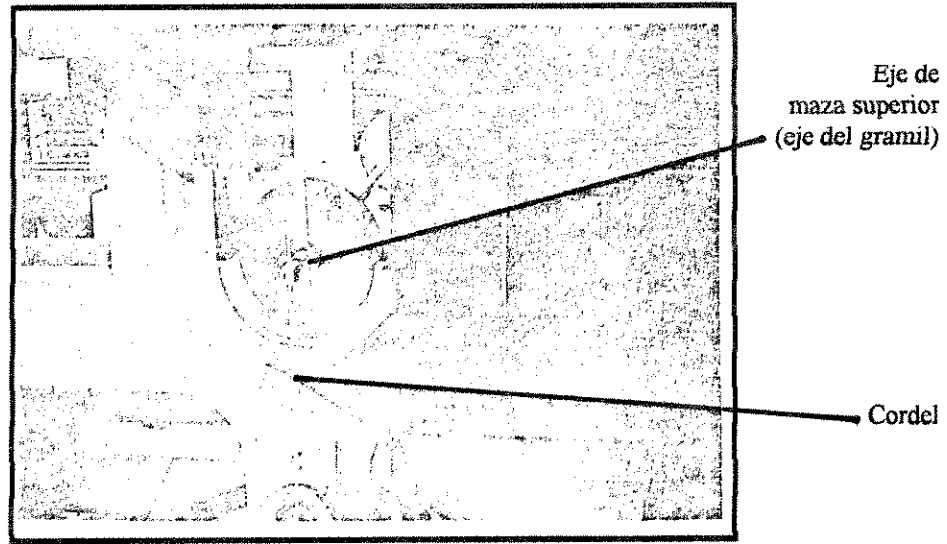


Fig. 5.5 Alineación de una virgen respecto a la otra por medio del cordel y el gramil

**c) Escuadración**

Es la distancia existente entre los molinos de manera que ambos ejes de las mazas superiores se mantengan paralelos.

**5.7 Asentamiento de chumaceras a muñones de maza**

Es colocar sobre el muñón de la maza una delgada película de líquido viscoso de color oscuro (azul de Prusia), para luego colocar la chumacera sobre el muñón de la maza y balancearla; de manera manchar el área de fricción de la chumacera con el fin de verificar que el área manchada sea uniforme sino lo es con lija u otro material abrasivo desgastar la chumacera hasta que toda la superficie sea uniforme; ver Fig. 5.6.

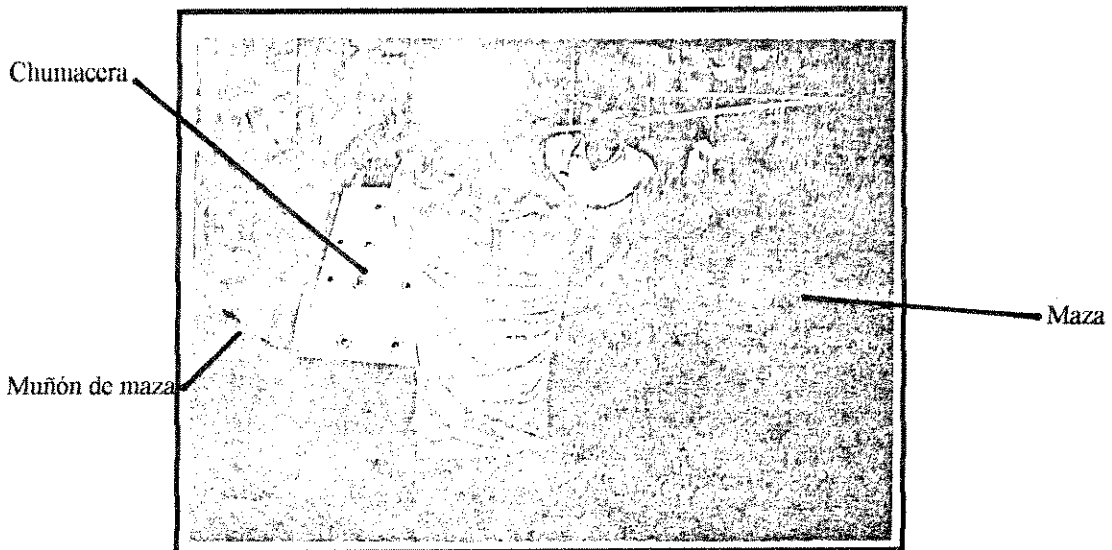


Fig. 5.6 Asentamiento de una chumacera a muñón de maza

**a) Puente**

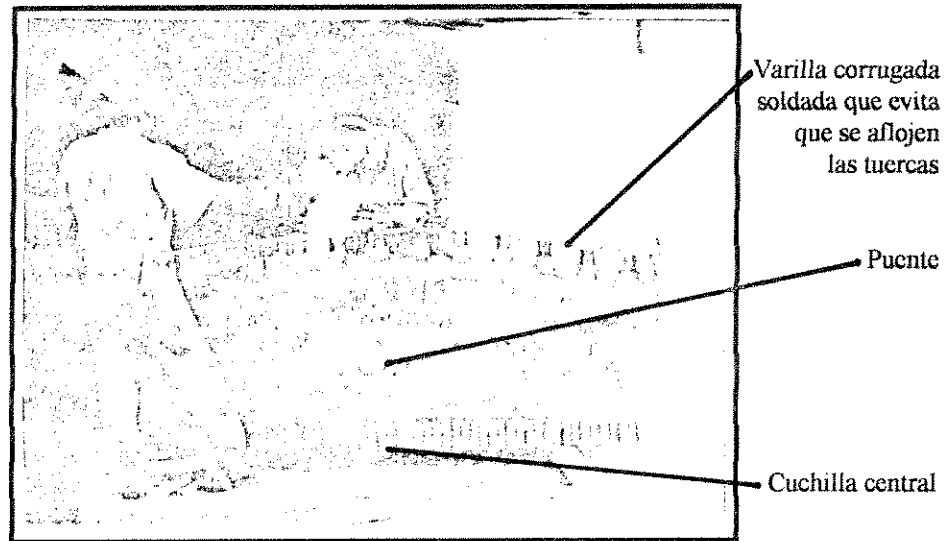
Es una pieza robusta de hierro fundido que va colocada bajo la cuchilla central y en medio de las mazas cañera y bagacera, su función es fijar a la cuchilla central, ver Fig. 5.7

**b) Excéntrica**

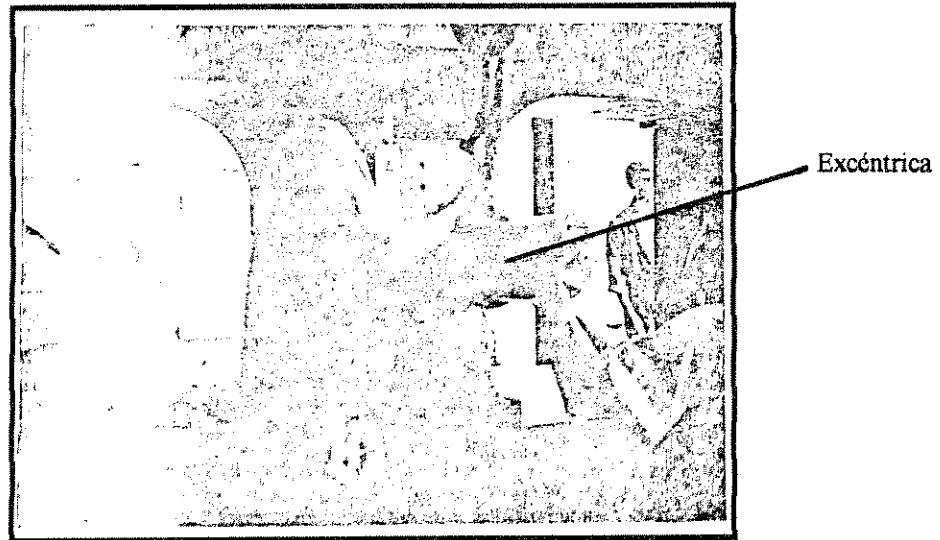
Es un eje excéntrico que va colocado en una cavidad al centro de la virgen y va ajustado en una hendidura que lleva el puente en sus costados, su función es ajustar la cuchilla central de acuerdo a la ubicación de la maza cañera, ver su montaje en la Fig. 5.8

**c) Soporte del puente**

Su función es cargar al puente y llevar a cabo el ajuste del setting ya que permite el movimiento axial por medio de dos tornillos laterales y el ajuste de altura por medio de alzas, ver Fig. 5.9



**Fig. 5.7 Puente con su cuchilla central en su parte inferior**



**Fig. 5.8 Montaje de la excéntrica en la virgen**

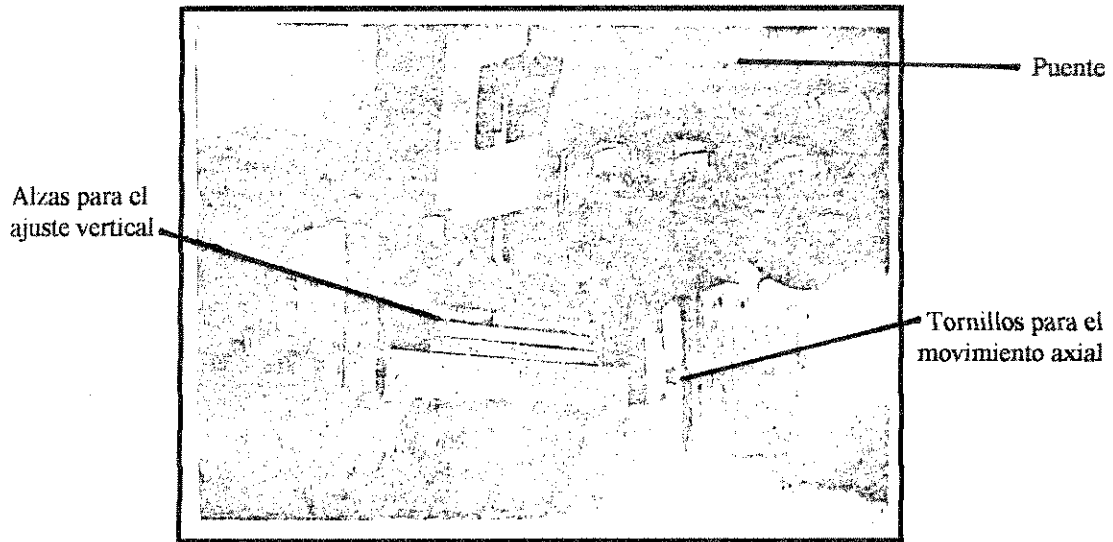
### **5.8 Instalación de la cuchilla central**

La cuchilla central va sujeta al puente por tornillos los cuales atraviesan el puente y a éstos se les colocan tuercas para su fijación y para evitar que se aflojen se suelda una varilla corrugada, ver Fig. 5.7 y las cabezas de los tornillos van en unas cavidades de la cuchilla central que luego son selladas con pegamento resistente al desgaste y a la corrosión del jugo de caña.

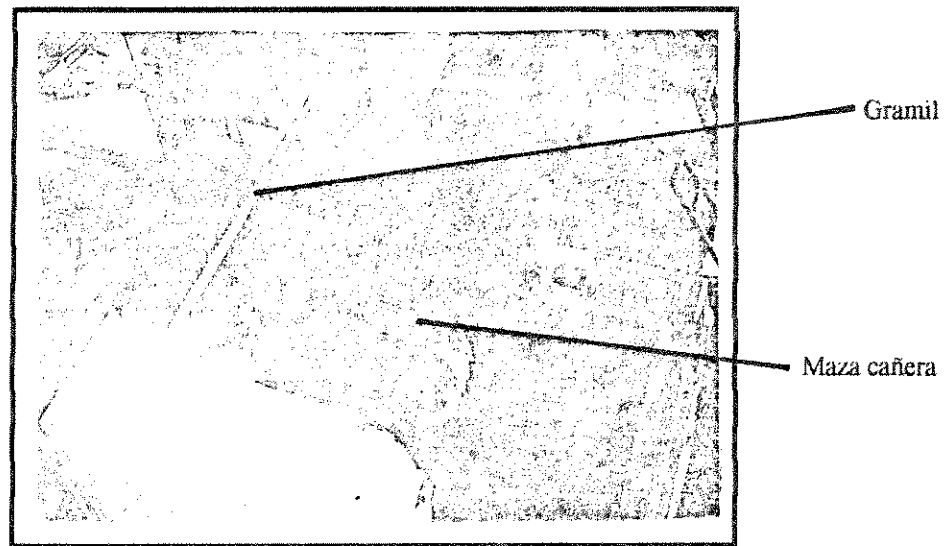
Ya que la cuchilla central está colocada en el puente y éste instalado en el soporte a través de una abrazadera. En la Fig. 5.9 puede verse con más detalle los espaciadores y los tornillos laterales para realizar el ajuste del setting de la cuchilla central.

### **5.9 Instalación de la maza cañera**

Su instalación se lleva a cabo a través de una grúa viajera de 20 toneladas y unos cables de acero que sujetan la maza al gancho de la grúa, luego la maza cañera es colocada sobre las bisagras y corrida hacia su posición de funcionamiento para luego cerrar ambas bisagras, ver Fig. 5.10



**Fig. 5.9 Instalación del puente sobre los soportes**



**Fig. 5.10 Montaje de la maza cañera**

### **5.10 Instalación de la maza bagacera**

Se instala de la misma forma que la maza cañera, ver Fig. 5.11 donde se muestra la maza bagacera ya montada.

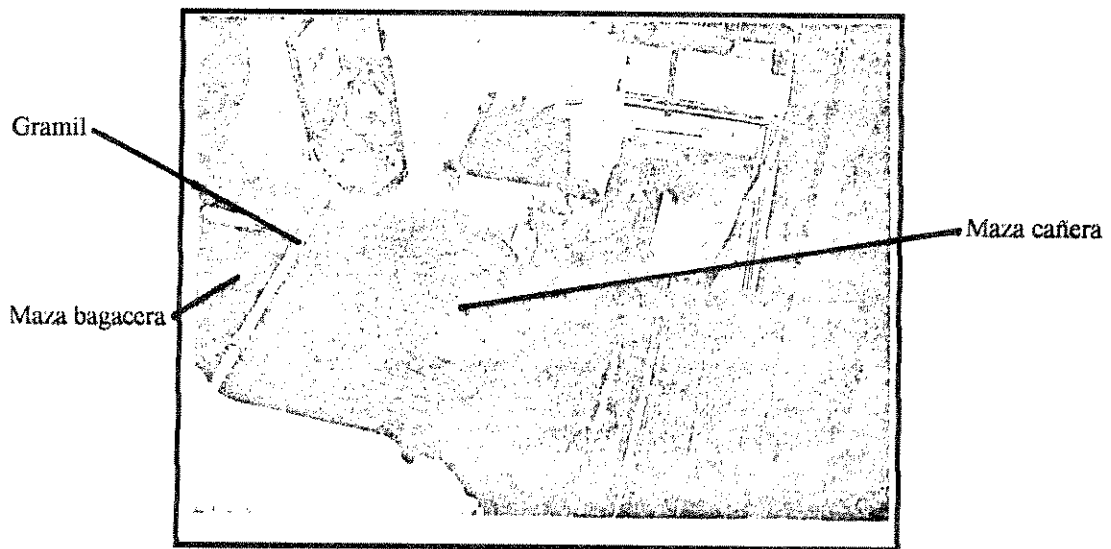


Fig. 5.11 Maza bagacera montada en la virgen

### 5.11 Setting de la maza cañera, bagacera y cuchilla central

Con el gramil en la posición del eje del molino, se le coloca al gramil una varilla de metal con punta, la cual va montada en un anillo de bronce perpendicular al gramil, los datos del setting se dan en una hoja, que es la distancia a la cual deben quedar las mazas y la cuchilla central respecto al eje del molino, esta distancia se haya midiendo la varilla del centro del eje del molino al fondo del rayado de la maza, la cual debe ser la misma a todo lo largo de las mazas, ver Fig. 5.12

El objetivo del "setting" es lograr la mayor extracción o agotamiento del bagazo a un máximo de razón de molida.

Si el "setting" no es el correcto se corre la maza apretando o aflojando un tornillo de potencia que se encuentra colocado al centro de la bisagra, ver Fig. 5.13

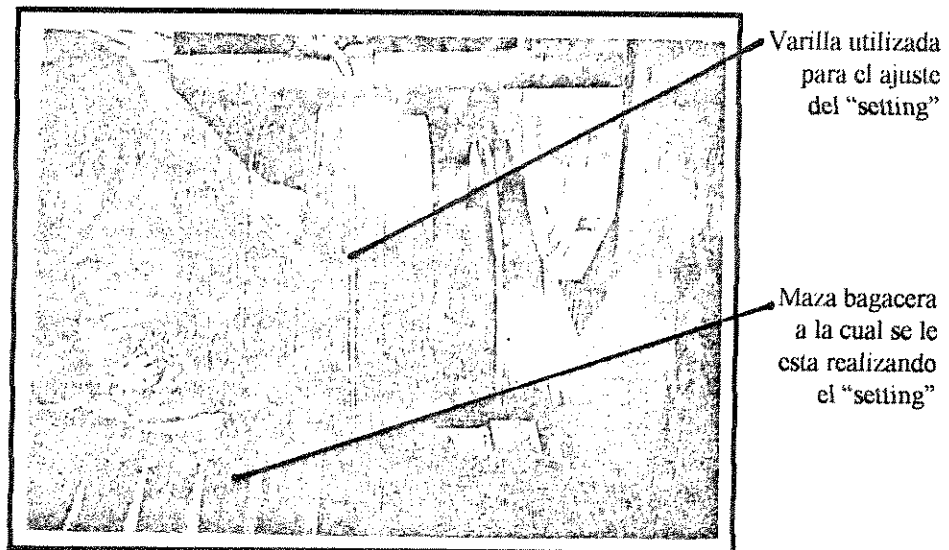


Fig. 5.12 Medición del setting de las mazas y la cuchilla central



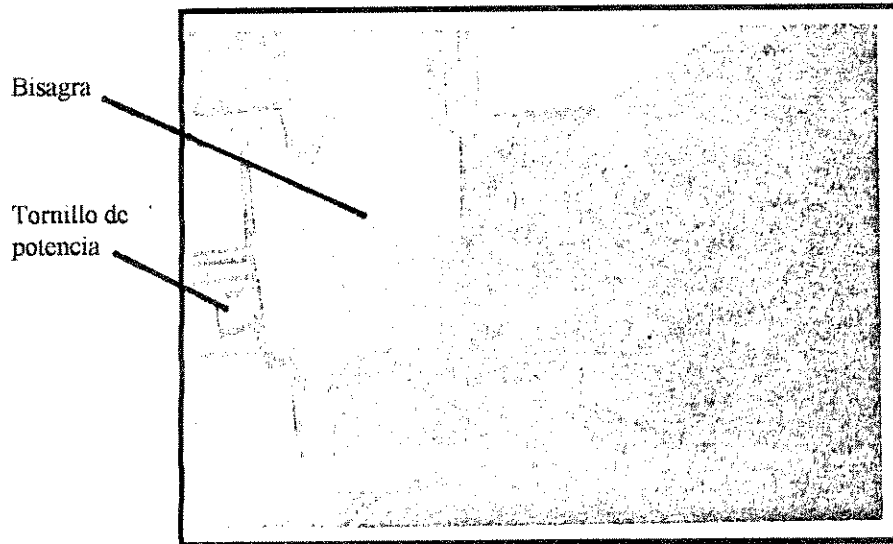


Fig. 5.13 Vista del tornillo de potencia usado para corregir el setting

## 5.12 Implementación del sistema de enfriamiento

### a) Base para el registro del agua de enfriamiento

Sobre la parte superior de las vírgenes se fabrica una plataforma para colocar los registros del agua de enfriamiento, ver Fig. 5.14 la cual va soldada.

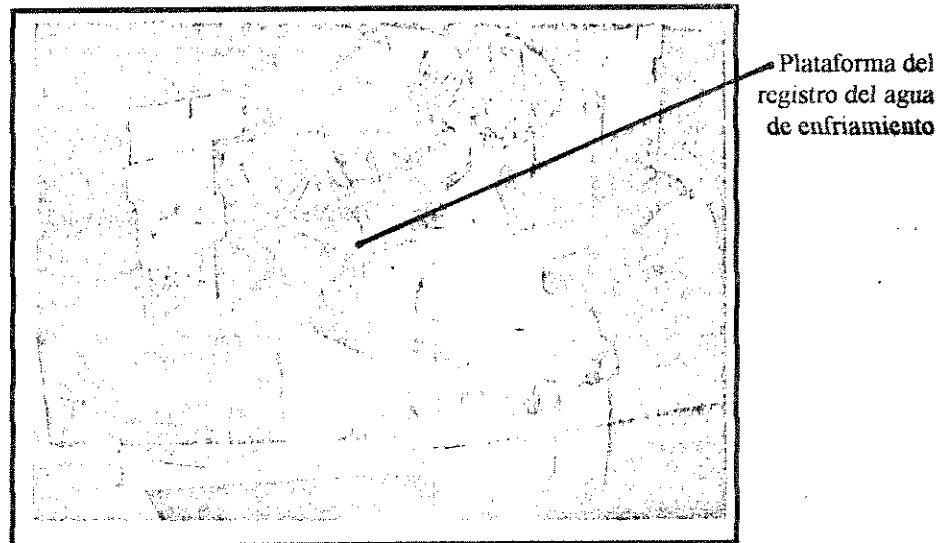


Fig. 5.14 Instalación de la plataforma para el registro del agua de enfriamiento

## b) Fabricación del registro para el agua de enfriamiento

Es una caja rectangular con tres tuberías de metal colocadas en su parte superior interna donde hay un visor para poder observar el flujo del agua.

Su objetivo principal es verificar desde cualquier punto que el agua de enfriamiento este circulando, esto indica que le esta llegando agua suficiente a las chumaceras de las mazas, además esta agua viene de las mismas por lo que es fácil la medición de la temperatura de forma táctil y para verificar posibles fugas de aceite por una teja rajada; y si en algún momento se llega a llenar el registro indica que el recorrido del agua esta obstruido y hay que corregirlo, ver Fig. 5.15.

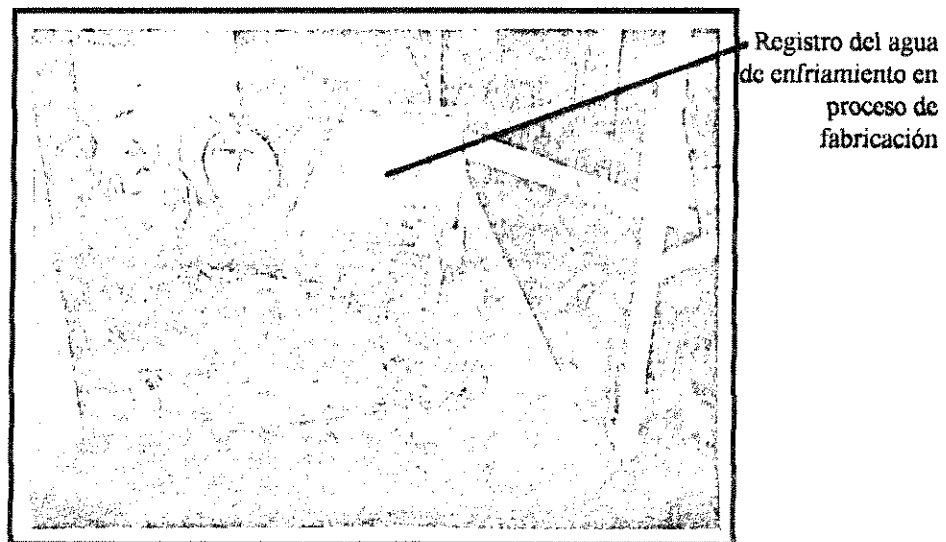


Fig. 5.15 Fabricación del registro del agua de enfriamiento

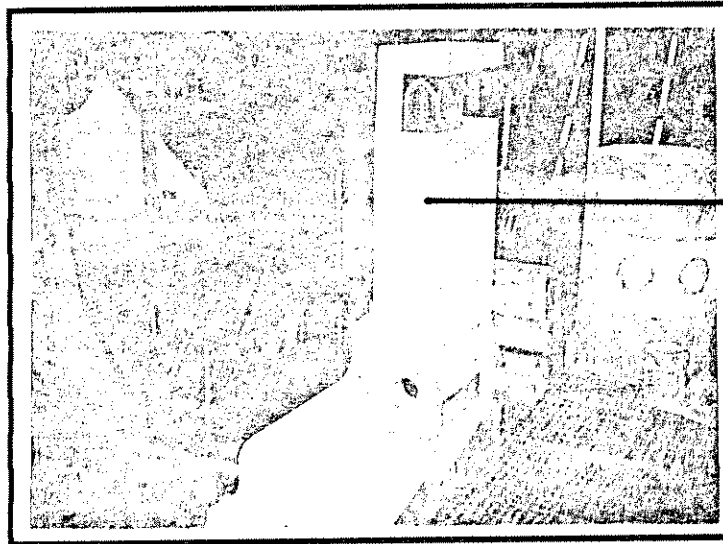
## c) Instalación del registro del agua de enfriamiento

La instalación del registro es solamente atornillar el registro a la base que se soldó con anterioridad sobre la virgen. Va un registro en cada virgen para poder controlar la temperatura en ambos extremos de las mazas, ver Fig. 5.16.

## 5.13 Instalación del peine de la 4ta. maza

Este peine sirve de paso a la caña y va colocado entre la maza superior y la 4ta. maza, raspando a la misma para extraer la caña que se aloja en el rayado.

Por el lugar donde va colocado necesita de una estructura, sostenida a través de unos tirantes que sujetan dicho peine a cierta altura y el otro lo mantiene a tensión constante contra la 4ta. maza, pudiéndose así controlar la misma a través de unos resortes.



Registro del agua de enfriamiento ya montado

Fig. 5.16 Instalación del registro del agua de enfriamiento

#### 5.14 Instalación de la 4ta. maza

Su instalación es de la misma forma que la de la maza cañera, ver Fig. 5.17

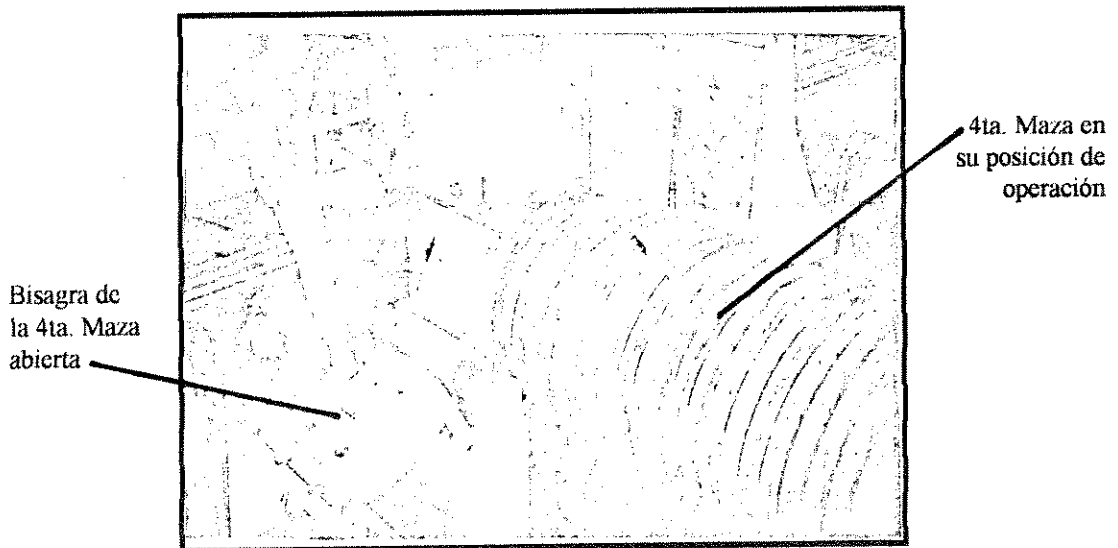


Fig. 5.17 Montaje de la 4ta. maza

#### 5.15 Setting del peine de la 4ta. maza

Se lleva a cabo de la misma manera que el "setting" de las mazas anteriores, siempre todos los "setting" se hacen con respecto al eje del molino, ver Fig. 5.18

### 5.16 Instalación de la maza superior

Esta maza es la única que se instala sin tener las chumaceras colocadas sobre sus muñones, de allí se instala de la misma manera que las anteriores, después de colocarla en su posición de trabajo se le coloca su chumacera y luego se instala el cabezote hidráulico.

### 5.17 Instalación del peine de la maza superior y la maza bagacera

Estos peines van colocados en una base que tienen un eje en cada extremo y un brazo que sirve de palanca. Este brazo va tensado a través de unos resortes que mantienen al peine limpiando al rayado de la maza. Los bujes de los ejes van soldados a las vírgenes.

La colocación de los peines:

- El peine de la maza superior va exactamente colocado a la mitad de la maza del lado de salida de la caña.
- El peine de la maza bagacera va colocado en la parte superior de dicha maza exactamente  $\frac{1}{2}$  pulg. a 2 pulgadas desplazado del centro de la misma en dirección de la salida de la caña.

Ver la colocación de los peines y la cuchilla central en el diagrama gráfico que se encuentra en el anexo IV.

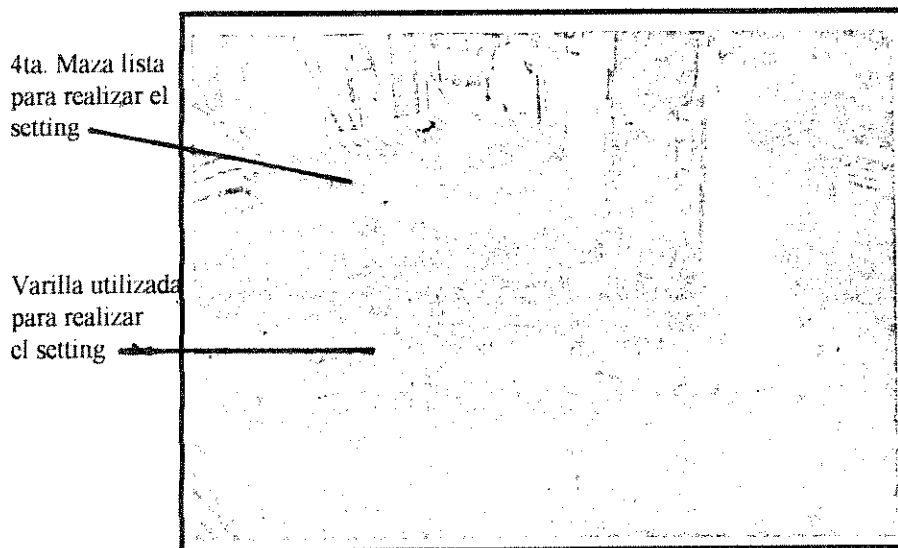


Fig. 5.18 Llevando a cabo el "setting" de la 4ta. maza

### 5.18 Instalación del cabezote hidráulico

Al igual que para el montaje de las mazas se necesita de la ayuda de la grúa viajera, se monta exactamente sobre la chumacera de la maza superior, ver Fig. 5.19 la colocación del cabezote hidráulico en su posición de trabajo.

## 5.19 Instalación del acumulador de presión

El acumulador va colocado en la parte posterior del registro de agua de enfriamiento a través de una abrazadera, y unido al cabezote por medio de una tubería de alta presión, ver Fig. 5.20

## 5.20 Implementación del sistema de lubricación

El sistema de lubricación envía el lubricante a través de la compresión de un émbolo, esta bomba se encuentra en un lugar externo al molino, el cual controla el tiempo de inyección de lubricante a través de un timer que es un medidor de tiempo eléctrico. Hay dos sistemas de lubricación, estos son:

- Sistema Farval
- Sistema Lincoln

### • Sistema Farval

Este sistema de bombeo mantiene una presión en la tubería de 350 lbs., es el encargado de suministrar grasa a las chumaceras de todos los molinos a través de tubing, se realiza la inyección a través del timer, el cual inyecta grasa cada 30 min., se utilizó grasa Gear Cover 40 (ESSO), con un precio estimado de \$750.00\* el tonel de 400 lb., con una duración aproximada de 162 horas/tonel, ver en la Fig. 5.22 las válvulas de medición las cuales distribuyen la grasa a las chumaceras.

El sistema esta compuesto por dos bombas de lubricación, una en uso y una de repuesto, tubing(tubería de cobre de 1/4) para la transportación de la grasa, válvulas de medición(para controlar la cantidad de grasa necesaria a cada chumacera), timer(para controlar el tiempo de inyección y el tiempo entre cada inyección), etc.

La grasa utilizada es Gear Cover 40(ESSO) debido a que entre sus componentes lleva grafito que es un lubricante sólido, el motivo del uso de este lubricante es debido a las altas temperaturas generadas por la fricción entre muñón y chumacera lo que provoca el rompimiento de la película de lubricante y en este momento entre a lubricar el grafito.

### • Sistema Lincoln

Es un sistema de bombeo de aceite de alta presión a través de un embolo, diferente al anterior ya que adquiere una presión de funcionamiento de 2,000 lbs., para mantener la presión dentro de los cabezotes. Además se cuenta con otro sistema igual para efectuar las inyecciones de grasa a las coronas de las mazas cada 30 min a través de un timer, y se utiliza la grasa Molub Alloy por ser una grasa compuesto que contiene básicamente un lubricante mineral, polímero, lubricantes sólido(disulfuro de molibdeno) y aceite sintético en bajo porcentaje, su característica principal de uso es su alta capacidad de carga sin desplazamiento de película de 800Kg.+ su precio aproximado es de Q17,000.00\*, tiene una duración aproximada de 0.45 toneles/semana y la capacidad de cada tonel es de 400 lb. la lubricación es aplicada a través de los inyectores hacia los dientes de las coronas de todos los molinos, ver Fig. 5.23 se cuenta con una bomba de repuesto en caso falle una.

\*Precios de los lubricantes utilizados son los vigentes durante la zafra 95/96

El sistema está compuesto por dos bombas de lubricación, una en uso y una de repuesto, tubing (tubería de cobre de  $\frac{1}{4}$ ), válvulas de medición (para controlar la cantidad de grasa a inyectar), inyector (para la dosificación de la grasa sobre las coronas), timer (para controlar los tiempos de inyección y el tiempo entre cada una), etc.

Se dispuso utilizar este sistema de inyección de lubricante a las coronas, pero es ineficiente debido a que si bien el área está más limpia la lubricación no es homogénea en todos los dientes de la corona ni en todos por lo que los trabajadores deben untar grasa con una paleta, aunque la tecnología avance es mejor el método anterior en baño de aceite logrando la homogeneidad de lubricación en todo el diente y todo el tiempo.

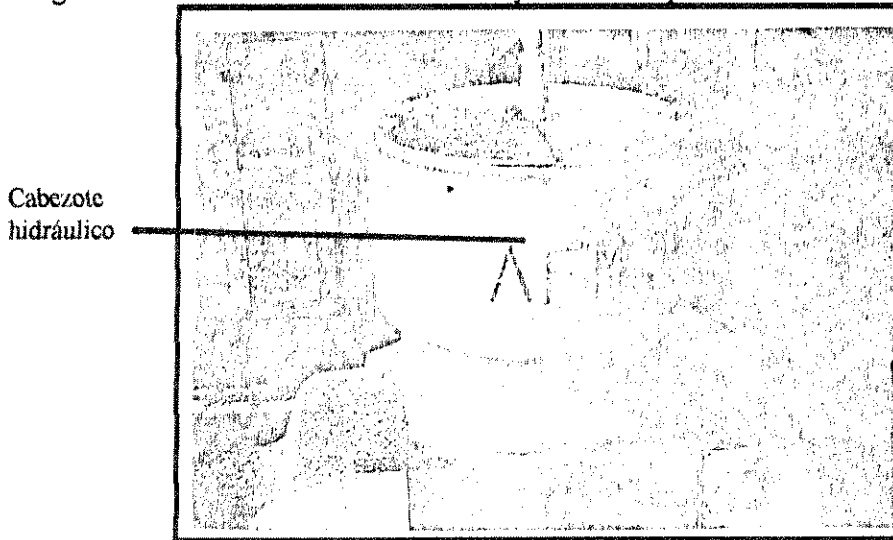


Fig. 5.19 Cabezote instalado en el molino

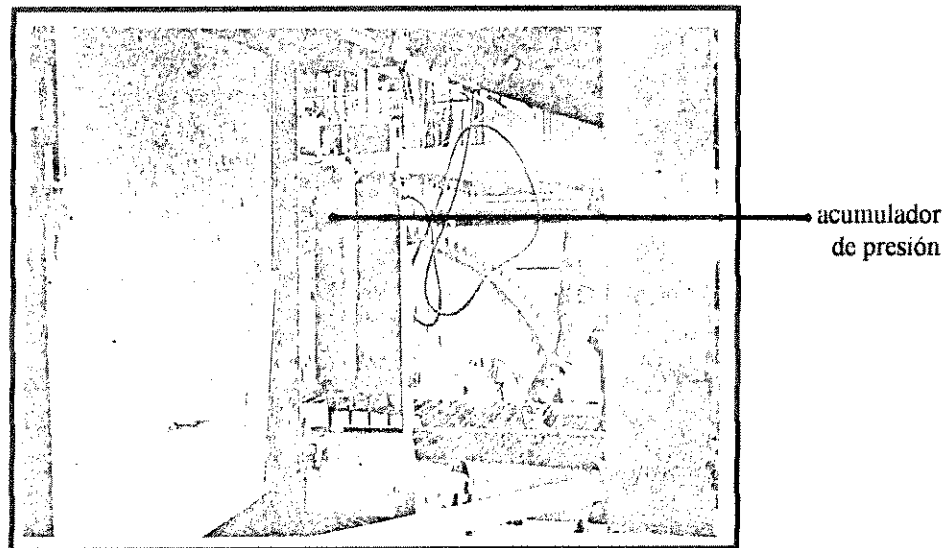
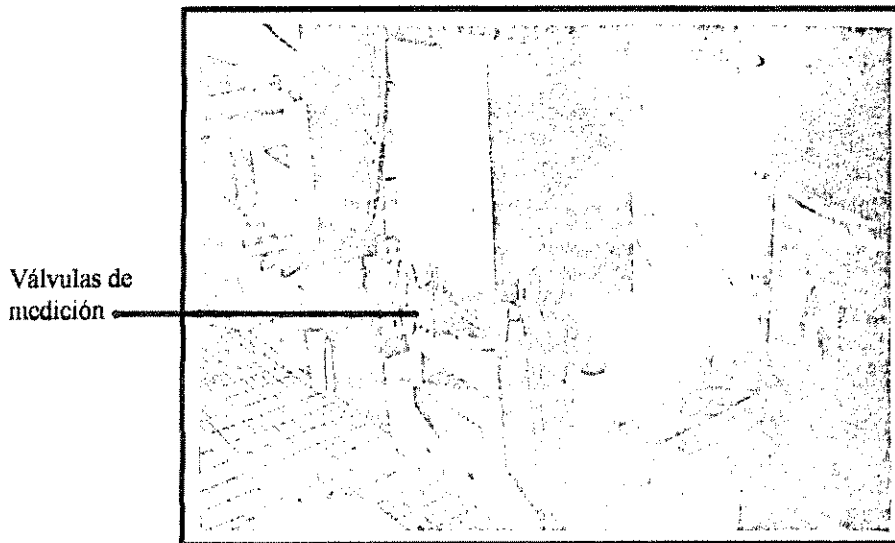


Fig. 5.20 Instalación del acumulador de presión



**Fig. 5.21 Válvulas de medición del sistema Farval**

### **5.21 Instalación de las coronas de las mazas**

Los coronas de las mazas son instaladas de manera que el cuñero de la corona coincida con el cuñero del eje de la maza, para después colocar a presión dicha cuña, ver Fig. 5.22 y para evitar el peligro de que la corona se salga se suelda una plancha sobre el extremo de la maza, sujetando la cuña, ver Fig. 5.23

las coronas de transmisión de movimiento a la 4ta. maza son más sencillas y son hechas en el ingenio, ver Fig. 5.24

#### **a) Instalación del panel de control de presión de los cabezotes**

Sobre una lámina se instalan dos manómetros y una serie de llaves y tres botones de control, este panel se utiliza para mantener cierta presión en los cabezotes y están colocados ambos manómetros en el mismo panel para leer las lecturas con facilidad desde el mismo lugar, ver Fig. 5.25.

#### **b) Instalación del brazo de inclinación de la cuchilla central**

Este brazo tiene la función de ajustar la cuchilla central de acuerdo a la ubicación de la maza cañera, a través del giro de la excéntrica, ver Fig. 5.26.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

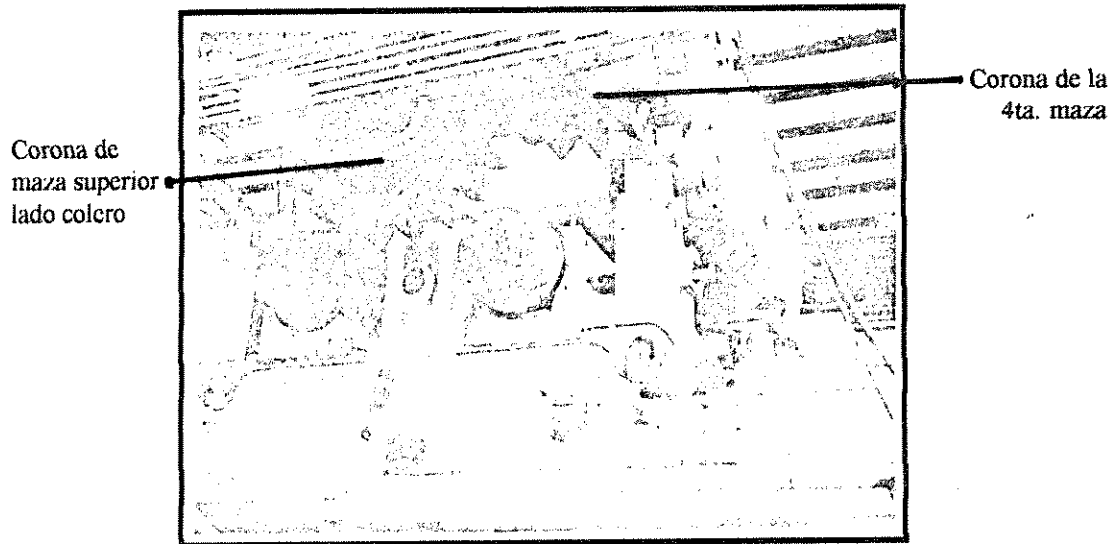


**Fig. 5.22 Coronas ya instaladas lado motriz**

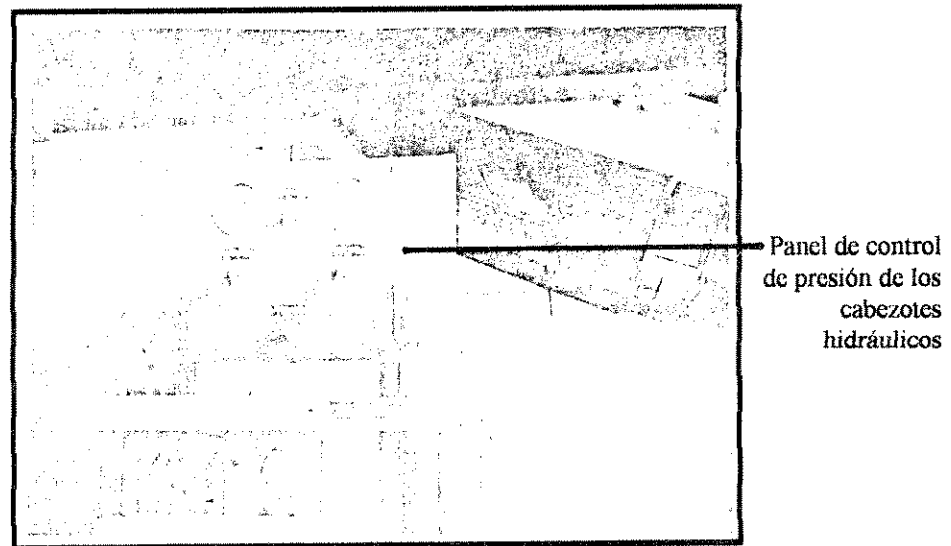


**Fig. 5.23 Seguros colocados a las cuañas y vista parcial de los inyectores**



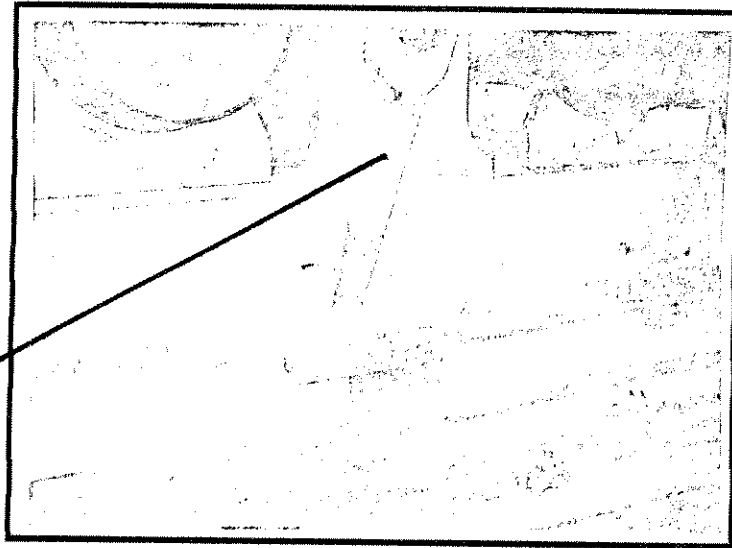


**Fig. 5.24** Vista de las coronas lado colero



**Fig. 5.25** Instalación del panel de control de presión de los cabezotes

Brazo de inclinación de la cuchilla central



**Fig. 5.26** Instalación del brazo de inclinación de la cuchilla central

## **6. MANTENIMIENTO DEL MOLINO**

### **6.1 Concepto general del mantenimiento**

Se considera que mantenimiento es la serie de trabajos que hay que ejecutar en algún equipo, planta o método a fin de conservarlo y proporcionar el servicio para lo que fue diseñado.

La creación de un programa equilibrado y flexible en el cual las operaciones a realizarse en los planos de uso, la atención y el cuidado del equipo y maquinaria y de que las instalaciones sean completamente comprendidas por todos los jefes y supervisores, desde los directores de la organización hasta los empleados más modestos, forman el programa básico del mantenimiento. Los supervisores o jefes a cargo del equipo deberán darse cuenta de que el mantenimiento del mismo es factor principal para el cumplimiento del trabajo asignado. Con demasiada frecuencia, la operación se convierte en lo principal, mientras el cuidado y mantenimiento de la unidad se considera una actividad secundaria.

### **6.2 Funciones específicas del mantenimiento**

Las funciones específicas del mantenimiento se clasifican en tres tipos, de acuerdo con la naturaleza de su actuación, como sigue:

- a. mantenimiento de avería,
- b. mantenimiento correctivo y
- c. mantenimiento preventivo.

#### **6.2.1. Mantenimiento de avería**

Este tipo de mantenimiento se presenta cuando una falla aparece, ocasionando un paro en la producción y se hace necesario repararla. La avería se presenta y a partir de ese momento se planifican actividades: materiales, repuestos, mano de obra disponible, etc., para su reparación. Este tipo de mantenimiento es conocido también como reparación de averías.

#### **6.2.2. Mantenimiento correctivo**

Sus funciones pueden dividirse en dos partes:

- Corregir averías sistemáticas de la maquinaria y equipo aunque sea necesario para ello realizar cambios en el diseño material de las mismas,
- Reacondicionar la maquinaria y equipo cuyo funcionamiento impide obtener un buen rendimiento.

### 6.2.3. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo puede definirse como la conservación planeada, teniendo como función conocer sistemáticamente el estado de máquinas e instalaciones para programar en los momentos más oportunos y de menos impacto en la producción, las acciones que tratarán de eliminar las averías que originan las interrupciones. Su finalidad es reducir al mínimo las mismas y evitar una depreciación excesiva.

En la tentativa de aminorar las averías, la extensión de las operaciones de mantenimiento preventivo, pueden llegar a tal punto que su costo exceda al de las averías. Incumbe al ingeniero encargado del mantenimiento determinar el punto de equilibrio entre costos de averías y mantenimiento preventivo. Esta relación se reproduce en el gráfico de la Fig. 6.1.

Obsérvese que, si bien, se puede agregar o suprimir el mantenimiento preventivo, de lo cual resulta una curva de costo de mantenimiento aproximadamente lineal, al aumentar los costos de mantenimiento preventivo, la magnitud de la reducción de costos por avería disminuye rápidamente y es asintótica.

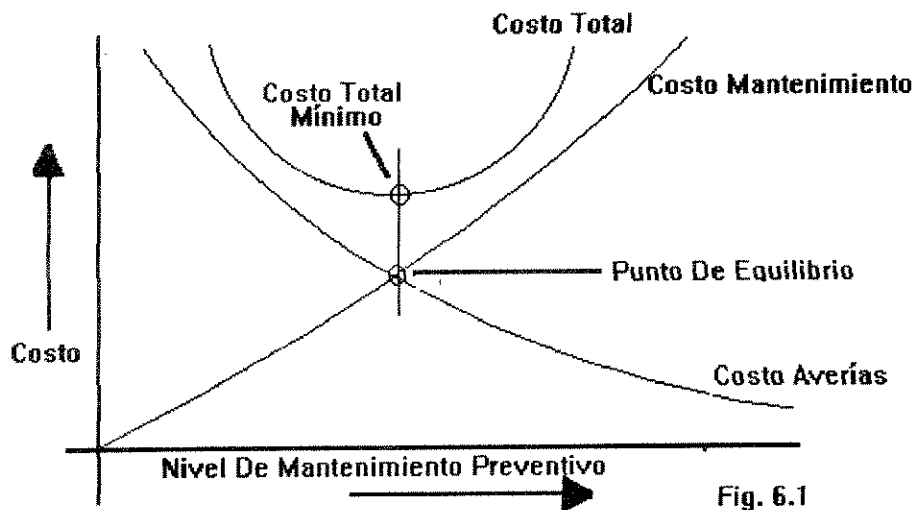


Fig. 6.1

Los tipos de trabajo que deben incluirse en un programa de mantenimiento preventivo son los siguientes:

- visitas diarias,
- revisiones periódicas,
- limpieza constante,
- lubricación de las piezas en movimiento.

#### a) Visitas diarias

Son inspecciones que se ejecutan diariamente, de acuerdo a un plan diario de mantenimiento, el cual es una hoja de evaluación de la maquinaria que está operando en ese momento, ésta es hecha por el ingeniero y el que se encarga de la revisión es el supervisor de turno.

## **b) Revisiones periódicas**

Son intervenciones del supervisor de turno y los mecánicos de planta, las cuales toman en consideración las siguientes revisiones:

- Presión de los cabezotes,
- Estado de peines,
- Flotación lado corona y lado espiga,
- De los sistemas de bombeo (Farval y Lincoln),
- Drenaje del peine superior,
- Estado de coronas,
- Lubricación de chumaceras y
- Temperatura de chumaceras.

## **c) Limpieza constante**

Son las acciones que nos permiten la limpieza de las piezas que intervienen con el molino como serían:

Limpieza de manómetros,  
De lubricante que escurre de las chumaceras de las mazas con agua caliente,  
De la caña que se aloja en el drenaje del peine superior,  
De los pasillos para evitar posibles resbalones.

## **d) Lubricación de las piezas en movimiento**

Es una de las actividades más importantes en el mantenimiento preventivo. La vida útil del equipo depende en gran parte de una correcta lubricación, pues un alto porcentaje de averías son consecuencia de una lubricación defectuosa, por lo tanto se recomienda la lubricación periódica de las coronas, de las chumaceras de los molinos llevada a cabo a través de un timer del sistema Farval y Lincoln.

## **6.3 Programación de actividades de mantenimiento**

Para programar es necesario, en primer lugar, que se definan las tareas por ejecutarse y, luego, se disponga de un cálculo, tan exacto como sea razonable, del tiempo requerido para la ejecución. De antemano, esto podrá resultar difícil, y generalmente lo es, cuando se trata de reparaciones de fallas o averías, dada la posibilidad de predecir cuándo se producirán y de establecer con anticipación las operaciones necesarias para devolver el equipo a sus funciones.

El mantenimiento, a grandes rasgos, comprende tres facetas que son:

### **6.3.1 Mantenimiento preventivo primario**

Incluye operaciones de visitas, lubricación, limpieza y ajustes periódicos necesarios para asegurar el funcionamiento eficiente del sistema.

### 6.3.2 Reparación y reemplazo planeados

Comprende el trabajo que se lleva a cabo antes de que la falla ocurra. Este trabajo supone el cambio de piezas sujetas a desgaste rápido como:

1. cuchillas,
2. peines,
3. mazas,
4. piezas pequeñas y
5. se hacen también trabajos de soldadura para arreglar algún problema de pequeñas dimensiones, etc.

de acuerdo con un programa establecido con anticipación.

### 6.3.3 Reparación de emergencia

En el trabajo que se realiza para mantener los sistemas funcionando hasta llegar al período de paralización prevista. Aún cuando no pueden preverse las reparaciones de emergencia, se consideran en el concepto de mantenimiento de avería para lograr una restauración planificada.

Las ventajas que se obtienen de un programa de mantenimiento planeado son:

1. Se obtiene la utilización completa del equipo. Los componentes se lubrican e inspeccionan, sistemáticamente, por lo que la probabilidad de duración se lleva hasta el máximo y las piezas gastadas se reemplazan antes de que puedan causar fallas graves que requieren una paralización prolongada.
2. Los costos de mantenimiento se reducen. El programa de mantenimiento de acuerdo con actividades organizadas y planeadas, anticipadamente, evita paros imprevistos, horas extraordinarias de trabajo, incluso, permitiendo paralizaciones ordenadas con un mínimo de interrupción en la producción.

#### » Registros mínimos de un programa de mantenimiento

Los registros mínimos para organizar y controlar un programa de mantenimiento son:

- a. Ficha histórica del equipo,
- b. Hoja de ruta o programa de mantenimiento,
- c. Orden de tarea de mantenimiento,
- d. Especificaciones de la maquinaria.

#### a. Ficha histórica del equipo

Los datos que deben consignar esta ficha son:

1. define las operaciones por realizarse en la unidad del equipo,
2. denota la frecuencia de inspección,
3. indica el estado del equipo durante la inspección,
4. señala las fechas y el personal encargado de las inspecciones.

## **b. Hoja de ruta o programa de mantenimiento**

La hoja de ruta o mantenimiento se prepara para la asignación de tareas diarias o semanales y enumera, sucesivamente, las actividades que han de ejecutarse por parte del individuo o cuadrilla.

Se podrá establecer una ruta normalizada dependiendo de la combinación de mantenimiento diario, semanal, mensual o anual por llevarse a cabo.

## **c. Orden de tarea de mantenimiento**

Aunque la orden de tarea, no se usa para las operaciones registradas en la hoja de ruta, su conclusión resulta necesaria para las asignaciones de mantenimiento de los días lunes, que es el día que se efectúan las reparaciones.

## **d. Especificaciones de la maquinaria**

Se debe tomar en consideración los datos técnicos de construcción del fabricante para que la maquinaria funcione a su mayor eficiencia, para ello se cuenta con manuales.

## **6.4 Mantenimiento en época de reparación**

En esta época se desarma completamente el molino sin mover las vírgenes para solamente comprobar su alineación, escuadración y corregir posibles defectos. A las mazas se les elimina el chorreado con un disco de corte y se retornean, luego se rectifican los muñones de maza, así como sus chumaceras, se hace de nuevo el chorreado y se cambian todas las piezas de bajo costo, por nuevas. Se hacen pruebas de los aparatos de medición, si están en malas condiciones se cambian de una vez.

Se van armando las piezas con un lubricante viscoso para proteger las áreas antes de la zafra, se pinta el molino con pintura resistente a la acidez del jugo de caña y así evitar la corrosión, se tiran los peines así como la cuchilla central y se instalan peines y cuchilla central nuevas, además después de tener todas las piezas del molino listas; se fabrican piezas nuevas de repuesto así como mazas, peines, cuchilla central para tenerlas listas en caso de cualquier eventualidad.

## **6.5 Mantenimiento en época de zafra**

Este se realiza a través de hojas de ruta(mantenimiento) que son hojas planificadas con anticipación para llevar a cabo una revisión específica de determinadas partes de una maquinaria siendo las revisiones principales las que se denominan a continuación.

- a) Verificación de los registros del agua de enfriamiento para verificar la circulación del agua hacia las chumaceras, pero a veces ya sea por desalineamiento, excesiva presión en los cabezotes, falta de lubricación, etc., las chumaceras se calientan demasiado por ello es necesario darles un baño externo de agua, ver Fig. 6.2

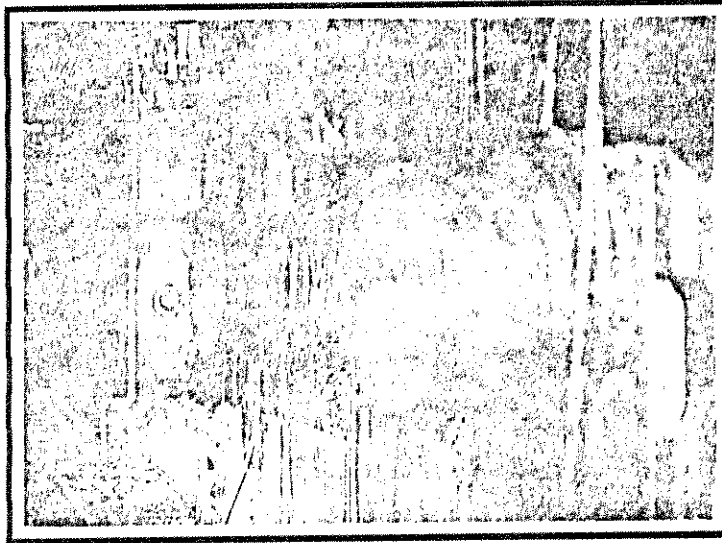


Fig. 6.2 Enfriamiento externo de las chumaceras a través de agua

- b) Verificación cada cierto tiempo de la temperatura de las chumaceras, esta revisión se lleva a cabo a través de un aparato electrónico capaz de medir temperaturas a través de un rayo láser que emite el aparato; este aparato es bastante exacto ya que emite el rayo hacia el lugar donde uno va a realizar la lectura y luego en la parte posterior del mismo se lee la temperatura en  $^{\circ}\text{C}$ , ver Fig. 6.3.

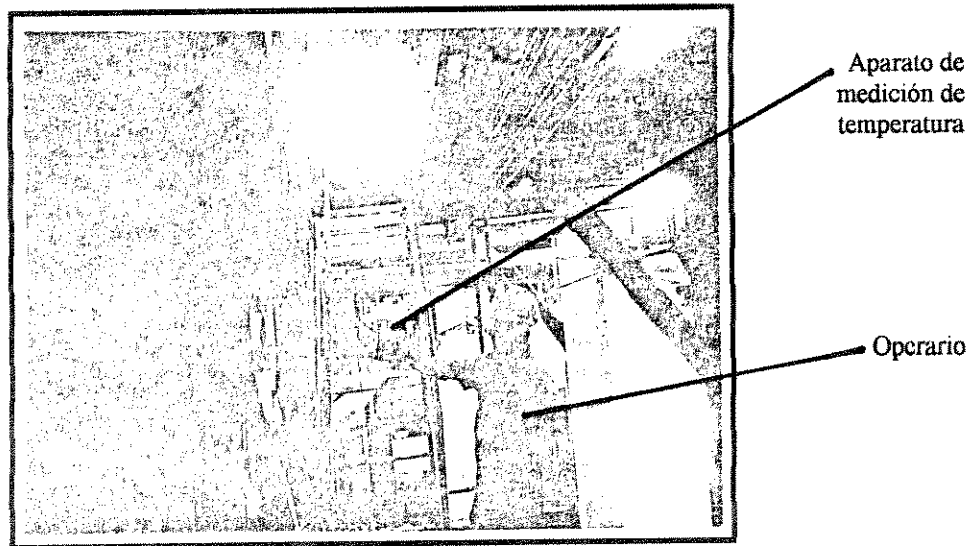
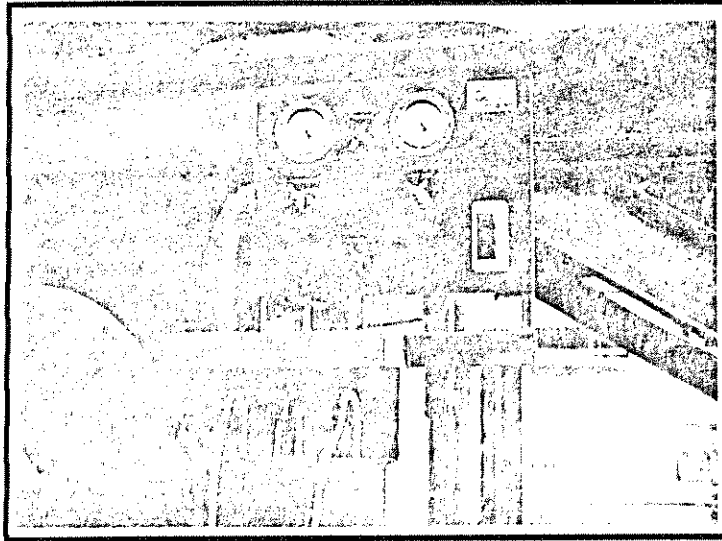


Fig. 6.3 Medición de temperatura de la chumacera

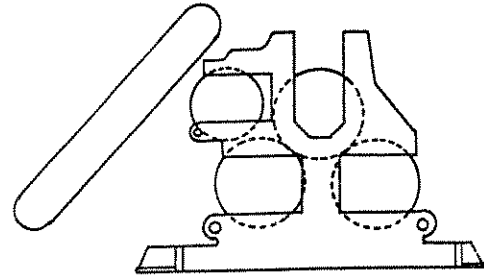
- c) Visualización continua de los manómetros de presión hidráulica de los cabezotes, verificando cualquier eventualidad durante el proceso de molienda, ver Fig. 6.4 de esta forma se pueden detectar fugas de lubricante o un mal funcionamiento del sistema de presión hidráulica.





**Fig. 6.4 Vista del panel de control de presión hidráulica de los cabezotes**

Se realizan revisiones periódicas registrando los valores en hojas de mantenimiento, ver la hoja de mantenimiento 1 y 2.



**MANTENIMIENTO DIARIO DE MOLINOS**  
 Depto. MANTENIMIENTO

FECHA: \_\_\_\_\_  
 MECANICO: \_\_\_\_\_  
 SUPERVISOR: \_\_\_\_\_

**Donelly**

	1	2	3	4	5	6
Rastras						
Tensión de las Cadenas						
Arguto						
Nivel de Aceite						
Limpieza						
Ruidos						

**Molino**

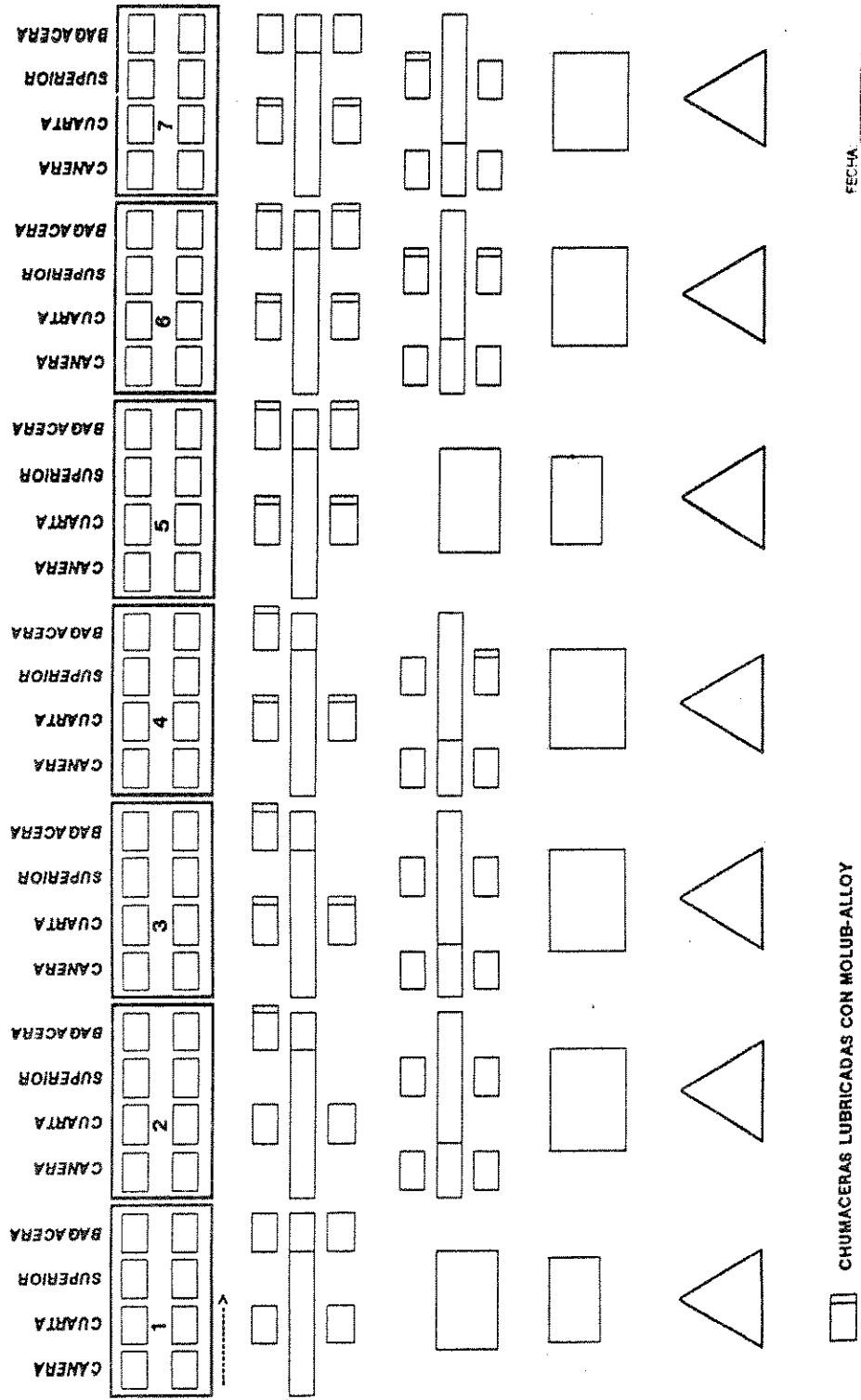
	1	2	3	4	5	6	7
Presión de los Cabezotes							
Estado de Peines							
Flotación Lado Corona							
Flotación Lado Espiga							
Sistema de Lubricación Farval							
Sistema de Lubricación Lincoln							
Drenaje de Peine Superior							
Estado de las Coronas							
Lubricación de Chumaceras							

**Conductor de Bagacillo**

	1	2
Rastras		
Tensión de las Cadenas		
Limpieza		
Ruidos		

OBSERVACIONES :

INGENIO SANTA ANA  
 DIAGRAMA DE MOLINOS  
 CONTROL DE TEMPERATURAS (C)



## 7. COSTO - BENEFICIO

### 7.1 Inversión

Es la cantidad monetaria que se invirtió en la compra del molino nuevo No. 1, turbina de vapor, reductor de alta velocidad, reductor intermedio y reductor de baja velocidad; y mano de obra, para operar en las instalaciones del Ingenio Santa Ana.

Materiales = Q 5,169,171.00  
Mano de obra = Q 23,389.00  
Inversión = **Q 5,192,560.00**

Depreciación de maquinaria =  $Q 5,192,560.00/5 \text{ años} = Q 1,038,512.00$

Depreciación de maquinaria = **Q 1,038,512.00**

La depreciación de maquinaria se efectuó por el método de línea recta, ya que por principio contable es generalmente aceptado.

### 7.2 Producción

Según datos proporcionados por la división agrícola, la época de invierno del año pasado fue muy larga con una cantidad de agua excesiva, los fuertes vientos provenientes del cañón de Palín azotaron la caña y la oscuridad provocada por las nubes del invierno disminuyó la cantidad de caña para la molienda.

Los fuertes vientos provocaron la caída de la caña produciéndose así la germinación de la misma y perdiendo su contenido de sacarosa.

Las nubes provocadas por el invierno produjeron oscuridad, que repercutía en la maduración temprana de la caña no pudiéndose controlar y produciéndose así pérdidas para el Ingenio.

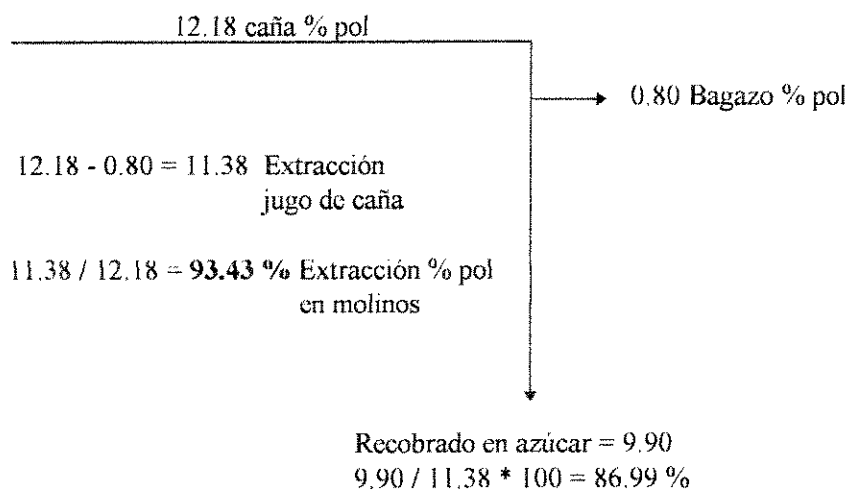
Lo anteriormente expuesto produjo que la cantidad de sacarosa disminuyera, por lo tanto la extracción de azúcar fue menor, produciéndose así mayor cantidad de mieles, eso fue corroborado por los Ingenios Concepción y San Diego que sufrieron la misma pérdida con respecto a la cantidad de sacarosa en caña teniendo su materia prima sembrada en la misma zona.

Datos comparativos de producción con respecto a la zafra anterior:

	<u>Zafra 94/95</u>	<u>Zafra 95/96</u>
Bagazo % pol	0.80	0.74
Caña molida	1,462,152.98	1,395,355.48
Caña % pol	12.18	12.22
Días de molienda	174	159
Extracción % pol	93.46	93.92
Recobrado en azúcar	9.90	9.63
Quintales producción	2,908,265.90	2,713,988.78

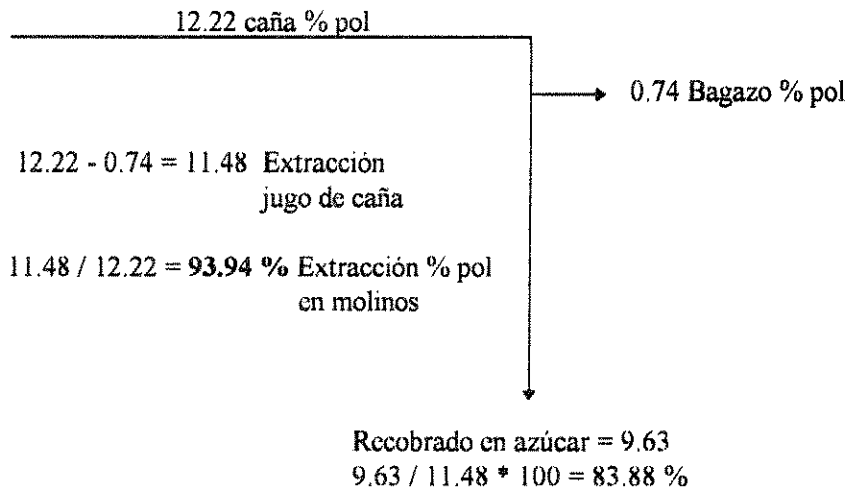
Comparación de los datos de las zafras 94/95 vrs. 95/96.

Análisis de la zafra 94/95



NECC (Número eficiencia casa calderas) = **86.99 %**

### Análisis de la zafra 95/96



NECC (Número eficiencia casa calderas) = **83.88 %**

### **Análisis del rendimiento de los molinos entre las zafras 94/95 Vrs. 95/96**

Zafra 95/96 - zafra 94/95

93.94 % - 93.43 % = **0.51 %**

Gracias al molino No. 1, instalado para la zafra 95/96, se demostró que se mejoró la extracción de jugo de caña en un 0.51 %.

### **Análisis costo - beneficio hecha por la inversión del molino No. 1 durante la zafra 95/96.**

Datos:

Extracción jugo de caña = 11.48 %

Rendimiento = 0.51 %

Cálculos:

$11.48 \% * 0.51 \% = 5.8548 * 10^{-4}$  Caña % pol (sacarosa en caña)

Caña molida = 1,395,355.48 toneladas de caña

$5.8548 * 10^{-4} * 1,395,355.48 = 816.9527$  toneladas de pol (toneladas de sacarosa)

$816.9527 * 20$  quintales/tonelada = 16,339.05 quintales de pol (Quintales de sacarosa)

NECC = 83.88 % (Número de eficiencia casa calderas)

$16,339.05 * 83.88 \% = 13,705.20$  quintales

prod. de azúcar Ingenio Santa Ana, zafra 95/96      precios del azúcar según Asazgua

Azúcar crudo =	1,123,964.89 quintales	Q 66.30 / 100 Lb.
Azúcar blanco estándar =	875,407.59 quintales	Q 139.89 / 50 kilos
Azúcar morena =	24,004.35 quintales	Q 130.33 / 50 kilos
Azúcar superior =	522.83 quintales	Q 148.26 / 50 kilos
Azúcar refino local =	89,617.39 quintales	Q 153.04 / 50 kilos
Azúcar refino exportación =	<u>600,471.73 quintales</u>	Q 92.25 / 50 kilos

2,713,988.78 quintales

$$\text{Azúcar crudo} = 1,123,964.89\text{qq} * \text{Q}66.30/\text{qq} = \text{Q}74,518,872.21$$

$$\begin{aligned} \text{Azúcar blanco estándar} &= 875,407.59\text{qq} * \text{Q}139.89/50\text{kg.} * 1\text{kg}/2.2\text{Lb} * 100\text{Lb} \\ &= \text{Q}111,325,583.20 \end{aligned}$$

$$\text{Azúcar morena} = 24,004.35\text{qq} * \text{Q}130.328 /50\text{kg.} * 1\text{kg.}/2.2\text{Lb} * 100\text{Lb} = \text{Q}2,844,035.39$$

$$\text{Azúcar superior} = 522.83\text{qq} * \text{Q}148.258 /50\text{kg.} * 1\text{kg.}/2.2\text{Lb} * 100\text{Lb} = \text{Q}70,467.03$$

$$\begin{aligned} \text{Azúcar refino loc.} &= 89,617.39 \text{qq} * \text{Q}153.043 /50 \text{kg.} * 1\text{kg.}/2.2\text{Lb} * 100\text{Lb} \\ &= \text{Q}12,468,467.47 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Azúcar refino exportación} &= 600,471.73\text{qq} * \text{Q}92.25/50\text{kg.} * 1\text{kg}/2.2\text{Lb} * 100\text{Lb} \\ &= \text{Q}50,357,742.81 \end{aligned}$$

**Ganancia = Q 251,585,168.10**

$$\frac{\text{Ganancia}}{\text{Quintales de producción}} = \frac{\Sigma \text{Q } 251,585,168.10}{\Sigma \text{qq } 2,713,988.78} = \text{Q}92.70/\text{quintal}$$

$$13,705.20 \text{ quintales} * \text{Q}92.70/\text{quintal} = \text{Q}1,270,472.04$$

Ingresos por zafra = Q 1,270,472.04

### 7.3 Gastos de operación

#### Mano de obra

1 mecánico especializado = Q1,396.50/mes

1 mecánico de primera = Q1,231.80/mes

1 soldador de primera = Q1,268.40/mes

1 soldador de segunda = Q1,103.10/mes

4 ayudantes = Q2,607.60/mes

Q7,607.40/turno, y son 3 turnos = Q22,822.20

Q22,822.20 analizando la mano de obra de el primer molino dado que son 7 molinos.

Q22,822.20/7 molinos = Q3,260.31

Mano de obra utilizada en el molino No. 1 = Q3,260.31/mes

#### Materiales

##### Lubricantes:

Molub - Alloy 1.8 toneles de 400 Lb/mes = Q30,600.00/7 molinos = **Q4,371.43/mes**

Gear Cover 40, 4.44 toneles de 400 Lb/mes = Q19,980.00/7 molinos = **Q2,854.29/mes**

Mano de obra	Q3,260.31	MOD
Lubricantes	Q4,371.43	
	<u>Q2,854.29</u>	
	Q10,486.03	
	<u>Q1,630.15</u>	MOI
	Q12,116.18/mes	

Q12,116.18/30 días \* 159 días de zafra = Q64,215.75

Gastos de operación = Q64,215.75

Ingresos por zafra	Q1,270,472.04
- Gastos de operación	<u>Q 64,215.75</u>
	Q1,206,256.29
- Depreciación de maquinaria	<u>Q1,038,512.00</u>
	Q 167,744.29

Utilidad zafra 95/96 = Q167,744.29

Utilidad zafra 95/96 = Q167,744.29 \* 100 = 3.23%  
Inversión Q5,192,560.00



De lo anteriormente analizado se deduce que se tiene el 3.23% de utilidad por año.

Si se tiene que la inversión hecha por el molino fue de Q5,192,560.00 y la depreciación de maquinaria fue de Q1,038,512.00

$$\frac{Q5,192,560.00}{Q1,038,512.00} = \mathbf{5 \text{ años}}$$

De donde se dice que la inversión hecha por el molino queda saldada en 5 años y al 6to. año la utilidad será de:

$$\frac{\text{Ingresos por zafra} - \text{gastos de operación}}{\text{Inversión}} = \frac{Q 1,206,256.29}{Q 5,192,560.00} * 100 = 23.23 \%$$

## CONCLUSIONES

1. Presentar los componentes del molino, su función y relación existente entre ellos, orientado hacia la capacitación del lector de dicha guía.
2. El montaje del molino No. 1, tuvo costos totales de Q5,192,560.00. Las ganancias brutas obtenidas en el periodo de zafra 95-96 fueron de Q1,270,472.04, ingresos calculados por la participación del molino en el proceso. Se determinó un período de recuperación del capital de 5 años según requerimientos de la empresa, con un método de depreciación de línea recta del 20%. Se determinó una depreciación de Q1,038,512.00 por año, con una utilidad neta del 3.23% del total de ingresos del molino No.1 y al saldar dicha inversión se tendrá una ganancia del 23.23% por año.
3. Con el montaje de un molino, se tienen cuatro extracciones más en las mazas, con lo cual se persigue disminuir la humedad en el bagazo de caña para obtener una mejor combustión en calderas y por lo tanto incrementar la cantidad de vapor obteniendo de esta manera un excedente de vapor para la cogeneración.
4. Se quería aumentar la extracción de sacarosa en un porcentaje de rendimiento que por políticas de la empresa no se dan a conocer, pero al analizar los periodos de zafra 94-95 y 95-96 se obtuvo una extracción de sacarosa en molinos de 93.43% y 93.94% respectivamente que representó un diferencial en rendimiento de 0.51% y un porcentaje de 0.55%.
5. La extracción de sacarosa en molinos fue poco rentable debido a que la época de invierno de 1,995 fue demasiado larga lo que vino a crear en fábrica más mieles, lo cual redujo la cantidad de azúcar extraída del jugo de caña además no se pudo incrementar la molidura por problemas de capacidad en fábrica. Pero se hubiera mejorado la extracción de sacarosa si la maceración y el agua de imbibición hubiera sido de mayor volumen.
6. Con el plan de mantenimiento mejorado y la puesta en práctica del mismo durante la zafra 95-96 se logró una mejor planificación de la supervisión que se llevo a cabo por el personal de mantenimiento ya que se tuvo una secuencia ordenada en la revisión de cada inciso de dicho plan obteniéndose mayor rapidez en el desarrollo del mismo por consiguiente menor pérdida de tiempo.

## RECOMENDACIONES

1. Es aconsejable el montaje de un segundo tandem para mejorar así el flujo de la caña de azúcar disminuyendo por consiguiente las paradas inesperadas del primer tandem. Teniendo siempre un tandem como mínimo en producción.
2. Se debe mejorar la seguridad del área de molinos y patio de caña, para realizar los planes de mantenimiento eficientemente, ya que la falta de barandas y áreas de seguridad colocan a una persona en peligro con riesgo de perder su vida al realizar sus tareas.
3. Mejorar continuamente el plan de mantenimiento ya que mientras pasa el tiempo la maquinaria se deteriora y son más los desperfectos mecánicos a corregir. Por este motivo también es aconsejable la supervisión de dichos planes, ya que un encargado de mantenimiento por falta de dedicación puede llenar el plan positivamente creando paros innecesarios de la producción.
4. Considerar dicha guía del montaje y mantenimiento de molinos como una base del mejoramiento y funcionamiento de la maquinaria, ya que ésta cuenta con el avance tecnológico de los molinos modernos utilizados actualmente en Guatemala.
5. Durante el proceso de compresión de la caña es indispensable la adecuada extracción de jugo, para ello se necesita una estricta vigilancia, ya que si es demasiada la presión de los cabezotes hidráulicos pueden dañar el puente.
6. Es indispensable después de realizar un ajuste (setting), la supervisión del ingeniero debido a que por un mal trabajo, se realice una mala molienda.

## BIBLIOGRAFÍA

1. HUGOT, E. **Manual Para Ingenieros Azucareros.**  
7a. Impresión. México: Editorial Continental, S.A. de C.V.,  
1,984
2. CHEN, James C. **Manual Del Azúcar De Caña.**  
México: Editorial Limusa, S.A. de C.V.,  
1,991

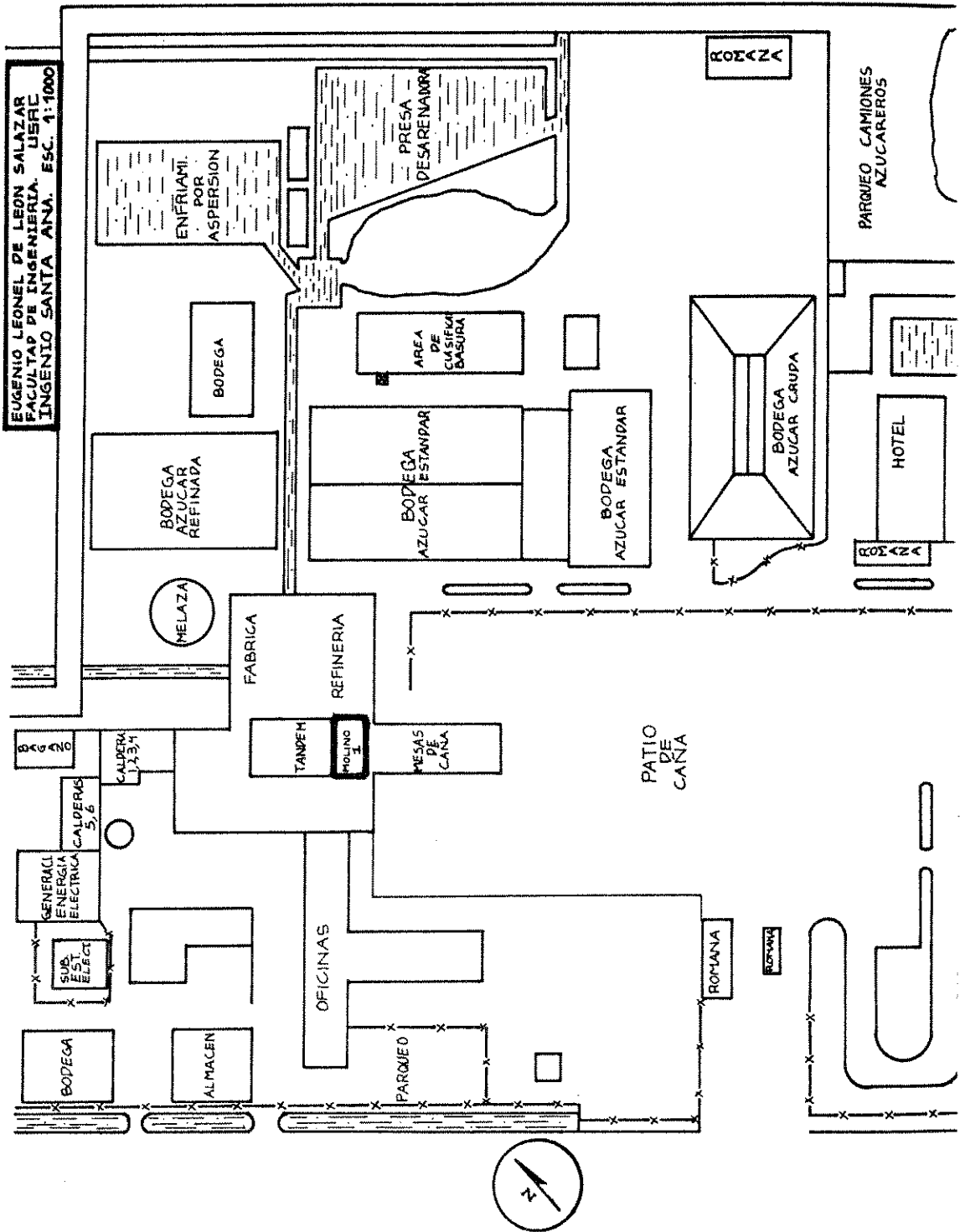
## REFERENCIAS

1. Theodore Marks, Baumeister. **Manual del ingeniero mecánico.**  
México: Editorial Mc Graw-Hill, 1,992.  
Pag. 500 - 625.
2. J.L. Nayler y G.H.F., Nayler. **Diccionario de ingeniería mecánica.**  
Barcelona: Editorial Grijalbo S.A., 1,986.  
Pags. Varias.
3. W.H., Severns. **Energía mediante vapor aire o gas.**  
México: Editorial Reverté S.A., 1,980.  
Pags. 123 - 168.

# ANEXOS



## Anexo II



Plano del área de fabricación de azúcar del Ingenio Santa Ana.





## Anexo IV

### DIAGRAMA DE OPERACIONES PROGRAMA MONTAJE MOLINO 1

Programa Montaje de Molino 1
------------------------------------

- 01 Montaje de la virgen
- 01 Nivelación, alineación y escuadración
- 02 Asentamiento de chumaceras a muñones de maza
- 03 Instalación de la cuchilla central
- 04 Instalación de la maza cañera
- 05 Instalación de la maza bagacera
- 02 Setting de la maza cañera, bagacera y cuchilla central
- 06 Implementación del sistema de enfriamiento
- 07 Instalación del peine de la 4ta. maza
- 08 Instalación de la 4ta. maza
- 03 Setting del peine de la 4ta. maza
- 09 Instalación de la maza superior
- 10 Instalación del peine de la maza superior y la maza bagacera
- 11 Instalación del cabezote hidráulico
- 12 Instalación del acumulador de presión
- 13 Implementación del sistema de lubricación
- 14 Instalación de las coronas de las mazas

RESUMEN	
<input type="radio"/>	operación
<input checked="" type="radio"/>	operación e inspección

Procedimiento del montaje de molinos mostrado en el diagrama de operaciones anterior.

# Anexo V

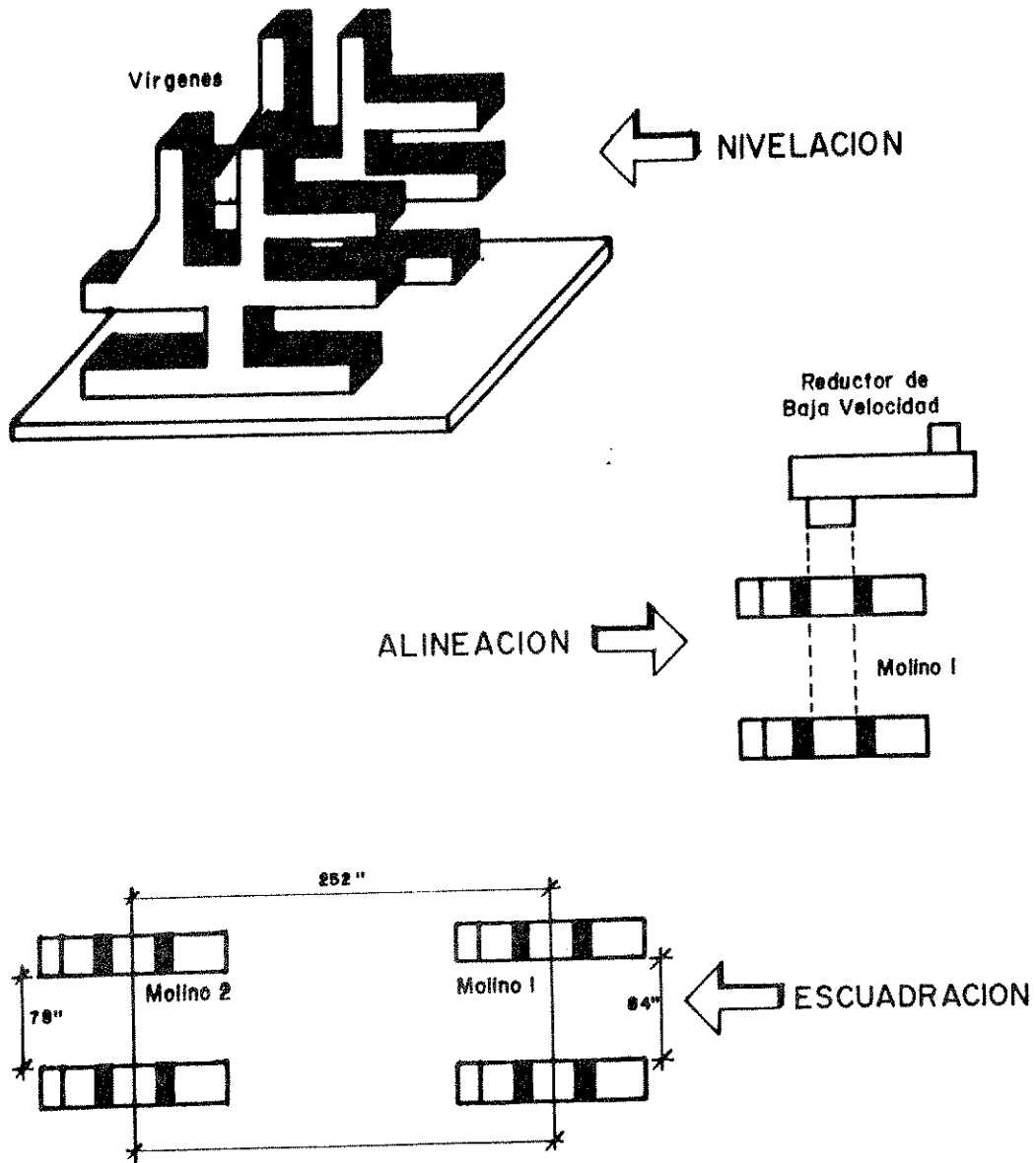


Diagrama gráfico de nivelación, alineación y escuadración de las vírgenes del molino.

## Anexo VI

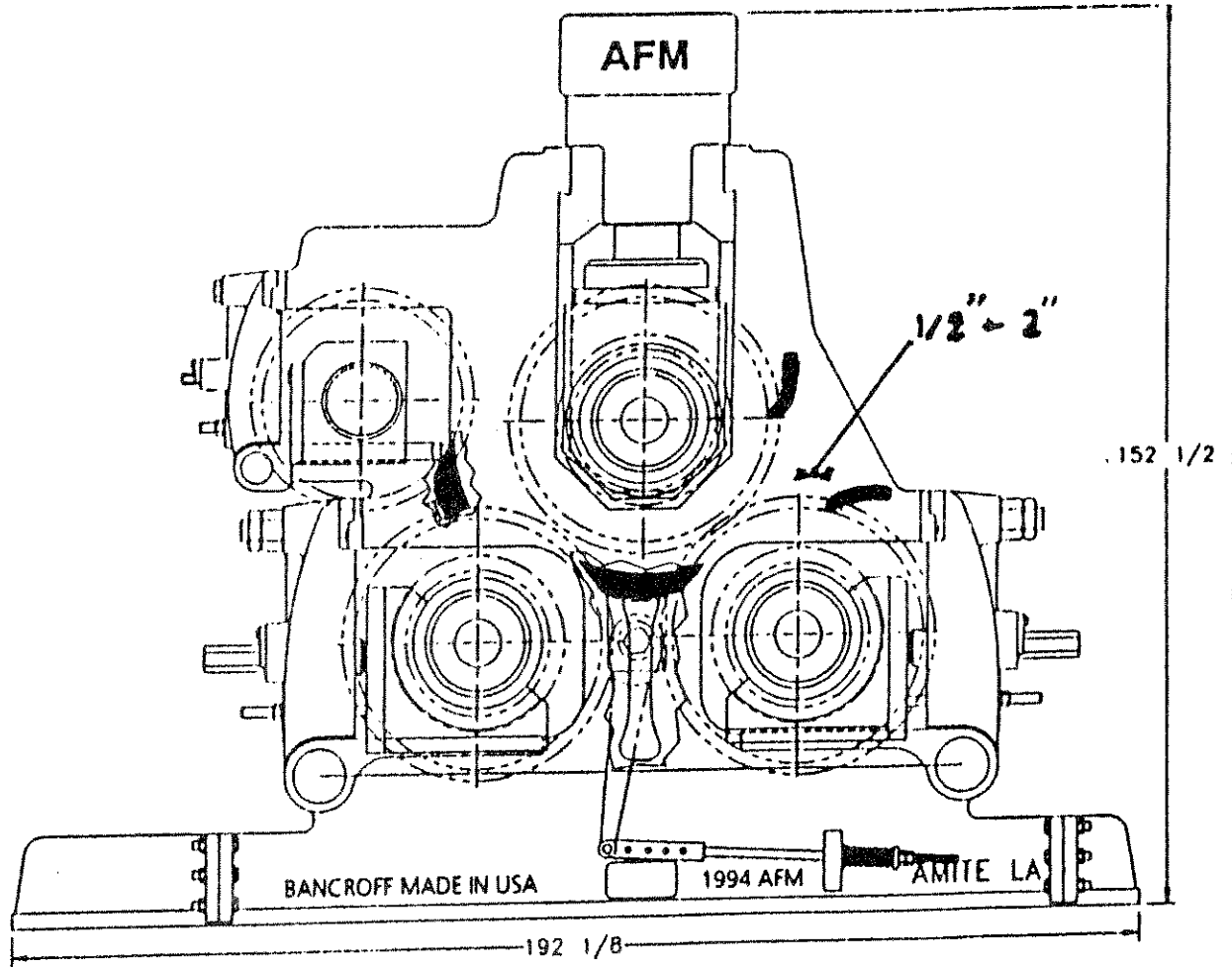


Diagrama de instalación de los peines del molino, la cuchilla central y la 4ta. cuchilla