

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Memoria Técnica de la Implantación de un Nuevo Lubricante en
los Cojinetes de los Molinos de un Ingenio Azucarero”

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentada por:

Hugo Fabricio Pinargote Castro

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2005

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Ignacio Wiesner F.

Director de Tesis, por su ayuda
y colaboración para poder
realizar este trabajo.

DEDICATORIA

Para mi familia que sin su apoyo no hubiera logrado culminar mi carrera.

A mi madre que me guía desde el cielo, a mi padre ejemplo a seguir, a mis hermanos, a mi tía y a mi abuelita

A Rebeca la mujer que me hizo conocer el amor y me dio el empuje final para terminar este proyecto

TRIBUNAL DE GRADUACION

Ing. Francisco Andrade S.
PRESIDENTE (E)

Ing. Ignacio Wiesner F.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Julián Peña E.
VOCAL

Ing. Andrés Rigaíl C.
VOCAL

DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Hugo Fabricio Pinargote Castro

RESUMEN

El ingenio azucarero venía utilizando desde hace más de 6 años para la lubricación de los cojinetes de las masas un aceite de base asfáltica, el cual cumplía en forma aceptable la tarea de lubricar los cojinetes de las masas de los molinos. En la actualidad las nuevas normas y regulaciones de protección medio ambientales con una producción más limpia, la búsqueda de reducción de costos y la tendencias de las empresas azucareras de certificar para un Sistema de Gestión Ambiental ISO 14000, sumado a esto la aparición de un producto argentino que proponía reducir consumos y lograr una operación más limpia, nos vio en la necesidad de proponer un sustituto del aceite asfáltico, el cual cubra las expectativas actuales del ingenio, producción más limpia, reducir consumos y por ende reducir costos.

Para lograr nuestro objetivo, se propone realizar una prueba en el tandem de molino A cuya duración es de seis semanas aproximadamente, las dos primeras semanas se toman temperaturas de operación y los consumos de los 6 molinos existentes con el lubricante asfáltico con la finalidad de obtener

la línea base de trabajo. La siguiente semana se hace el cambio del lubricante asfáltico al nuevo producto a probar y las siguientes 3 semanas se realizan cambios en las condiciones operativas del sistema de lubricación (recalibración de inyectores) esto sustento consiste en implementaciones y toma de decisiones de tipo prueba y error esto se lo logra a través de monitoreos continuos en la operación de los molinos de trituración.

Al finalizar la prueba se espera alcanzar como una reducción aproximada en el consumo de lubricante en el orden del 65 % con respecto al aceite con base asfáltica y lograr una disminución de las temperaturas de operación.

INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
INDICE ENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	V
INDICE DE FIGURAS.....	VI
INDICE DE TABLAS.....	VII
INTRODUCCION.....	1
CAPÍTULO 1	
1. ANTECEDENTES.....	3
1.1. Descripción de la Planta de Molienda.....	3
1.2. Descripción de los principales componentes de los molinos.....	4
1.3. Funcionamiento general del tándem de molinos.....	25
1.4. Factores que ocasionan fallas en las chumaceras de las masas...29	
CAPÍTULO 2	
2. IMPLANTACIÓN DEL NUEVO SISTEMA.....	32
2.1 Descripción de los principales componentes del Sistema de Lubricación Dual Farval.....	32

2.2 Características de los Productos Lubricantes utilizados.....	49
2.3 Ensayos Dinámicos del Sistema y Evaluación.....	57

CAPÍTULO 3

3 EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DE LOS SISTEMAS.....74

3.1 Comparaciones de las temperaturas de operación.....	74
3.2 Comparativo del consumo de grasa y del lubricante asfáltico.....	78
3.3 Comparativo gráfico de las temperaturas de las masas de los molinos.....	79
3.4 Comparación de ambos lubricantes.....	88

CAPÍTULO 4

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....90

4.1 Conclusiones.....	90
4.2 Recomendaciones.....	92

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

CSt	centi stoke
°C	grados centígrados
EP	extrema presión
fl oz	onzas fluidas
Gls	galones
Hp	caballos de fuerza
Hz	Hertz
In	pulgadas cúbicas
Kg	kilogramos
Kg/l	kilogramos/litros
Lb	libras
LT	lado turbina
LB	lado bomba
M	metro
Mín	mínimo
Máx	máximo
NLGI	National Lubricating Grease Institute
Psi	Libras/pulgadas cuadradas
Rpm	revoluciones por minuto
“	pulgadas

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 Principales Elementos Del Molino.....	5
Figura 1.2 Vista Isométrica de un Molino.....	6
Figura 1.3 Maza y sus Componentes.....	8
Figura 1.4 Componentes Principales del Molino.....	12
Figura 1.5 Chumacera.....	15
Figura 1.6A Teja.....	16
Figura 1.6B Chumacera.....	16
Figura 1.7 Chumacera de la Maza Bagacera.....	18
Figura 1.8 Chumacera de la Maza Cañera.....	19
Figura 1.9 Esquema de las Chumaceras de las Mazas Bagacera, Superior y Cañera (Lado Turbina).....	21
Figura 1.10 Esquema de las Chumaceras de las Mazas Bagacera, Superior y Cañera (Lado Bomba).....	22
Figura 1.11 Ranura y Orificios de Lubricación, Bisel de la Teja.....	24
Figura 1.12 Tandem de Molinos.....	28
Figura 2.1 Componentes Principales de un Sistema Farval.....	34
Figura 2.1A Componentes Principales de un Sistema Farval.....	37
Figura 2.2 Válvula Reversible Tipo Dr460a.....	39
Figura 2.3 Sistema Básico de Circuito.....	41
Figura 2.4 Ciclo de Lubricación del Sistema.....	42
Figura 2.5 Válvula de Medición.....	44
Figura 2.6 Componentes de la Válvula de Medición	46
Figura 2.7 Ajuste del Volumen de Descarga de la Válvula.....	67

INDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Propiedades Típicas del Mobil SM4.....	52
Tabla 2	Propiedades Típicas de la Esso Gear Cover 40.....	56
Tabla 3	Línea Base de Temperaturas Tandem A Utilizando Mobil Sm4.....	62
Tabla 4	Capacidad de Ajuste de las Válvulas.....	64
Tabla 5	Ajuste del Volumen de Descarga de Lubricante de las Válvulas de Medición.....	65
Tabla 6	Porcentajes de Capacidad de Ajuste de la Válvula Dm 6x.....	68
Tabla 7	Capacidades de Ajuste de las Válvulas Reguladoras Utilizando Mobil Sm 4.....	69
Tabla 8	Línea Base de Temperaturas Tandem A Utilizando Esso Gear Cover 40.....	72
Tabla 9	Capacidades de Ajuste de las Válvulas Reguladoras Utilizando Esso Gear Cover 40.....	73
Tabla 10	Tabla de Comparaciones de Temperatura para realizar Ajustes en las válvulas . Molino 1.....	75
Tabla 11	Tabla de Comparaciones de Temperatura para realizar Ajustes en las válvulas . Molino 2.....	75
Tabla 12	Tabla de Comparaciones de Temperatura para realizar Ajustes en las válvulas . Molino 3.....	76
Tabla 13	Tabla de Comparaciones de Temperatura para realizar Ajustes en las válvulas . Molino 4.....	76
Tabla 14	Tabla de Comparaciones de Temperatura para realizar Ajustes en las válvulas . Molino 5.....	77
Tabla 15	Tabla de Comparaciones de Temperatura para realizar Ajustes en las válvulas . Molino 6.....	77

INTRODUCCION

La producción de azúcar por medio de la caña constituye una industria a escala mundial. El cultivo de la caña de azúcar tiene lugar principalmente en climas tropicales y subtropicales. En el país, los lugares donde se procesa la mayor parte de la caña de azúcar son: Marcelino Maridueña, en donde está ubicado el Ingenio San Carlos; Milagro, en donde se encuentra el Ingenio Valdez y La Troncal, en donde está asentado el Ingenio La Troncal. La región ubicada dentro de una latitud aproximada de 30° al norte y al sur del ecuador, es la responsable de la producción del 80 % del azúcar total producido.

La producción de azúcar consiste en cierto número de etapas, las cuales empiezan con la plantación de la caña, su posterior cultivo y cosecha, su transporte a los ingenios azucareros, después viene el desfibrado de la caña, el triturado, molienda y operaciones de purificación para elaborar la azúcar sin refinar. La última etapa es la refinación de la azúcar en muchos de los productos que vemos y consumimos a diario.

En el Ecuador, los ingenios azucareros se encuentran en las cercanías de las plantaciones de caña de azúcar, para que a través de sus propios sistemas

de transportes puedan acarrear el producto de una manera rápida y eficaz hacia la fábrica.

Una vez cosechada la caña de azúcar, tiene que procesarse en muy breve plazo, debido a que de lo contrario, comienza a disminuir el contenido de azúcar en la caña. Por esta razón los ingenios azucareros funcionan activamente solo durante el período de zafra o cosecha, que generalmente abarca de cuatro a seis meses. Por lo tanto la confiabilidad y continuidad de la operación del ingenio es esencial, y por lo tanto se le da importancia al rendimiento y la calidad de los lubricantes empleados para mantener al equipo sin averías o inactividad.

Las regulaciones ambientales han llevado a los ingenios al cambio de lubricantes amigables con el ambiente, razón por la cuál en este trabajo se cubre una experiencia relacionada con este tema obteniendo ventajas no sólo de gestión ambiental sino también ventajas técnicas y económicas.

CAPITULO 1

1. ANTECEDENTES

1.1 Descripción de la Planta de Molienda

Una vez que la caña de azúcar sale de la desfibradora, se alimenta por una serie de molinos de triturados (tándem de molinos). Generalmente los rodillos trituradores son acanalados o corrugados, con el fin de poder agarrar la caña desfibrada, descomponer la fibra y exprimir el guarapo (jugo de caña).

Un molino de triturado típico consiste en tres rodillos grandes, de aproximadamente 2 metros de largo por 1 metro de diámetro, dispuestos en formación triangular, de modo que se triture la caña dos veces al pasar por el molino.

Dichos molinos se configuran en serie, o en unidades en tándem (8).

Es fundamental estar familiarizado con los componentes que forman el tándem de molinos, para poder entender de una mejor manera el funcionamiento de este.

Los elementos están relacionados entre sí y tienen, como objetivo fundamental extraer la mayor cantidad de guarapo de la caña de azúcar.

1.2 Descripción de los principales componentes de los molinos

Los molinos son parte muy importante del tándem, son los que extraen el guarapo de la caña, en la cual está contenida la sacarosa (azúcar común); para lograr su propósito los molinos cuentan con una serie de componentes, los cuales se describen en la Figura 1.1.

Vírgenes

Son bastidores bastantes robustos de acero que tienen varios compartimientos donde se alojan las chumaceras de las mazas; a más a éstos van acoplados todos los componentes que conforman el molino. Cada molino usa dos vírgenes ver Figuras 1.1 y 1.2.

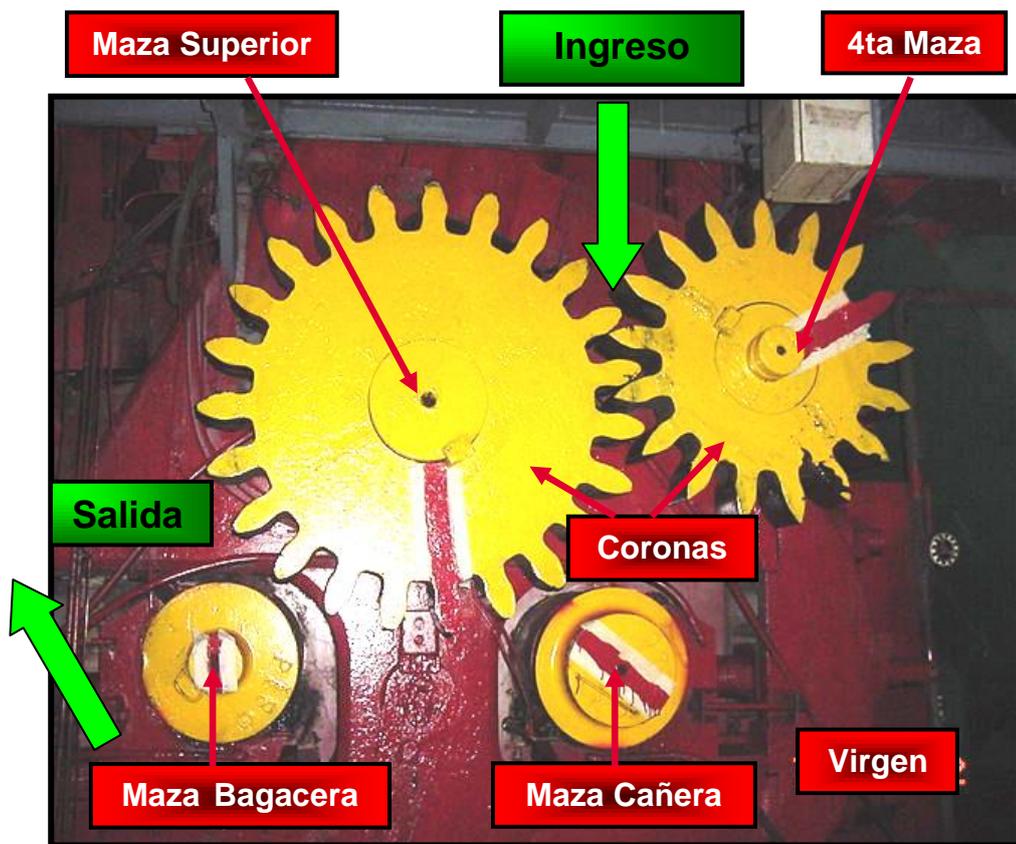


FIGURA 1.1 PRINCIPALES ELEMENTOS DEL MOLINO

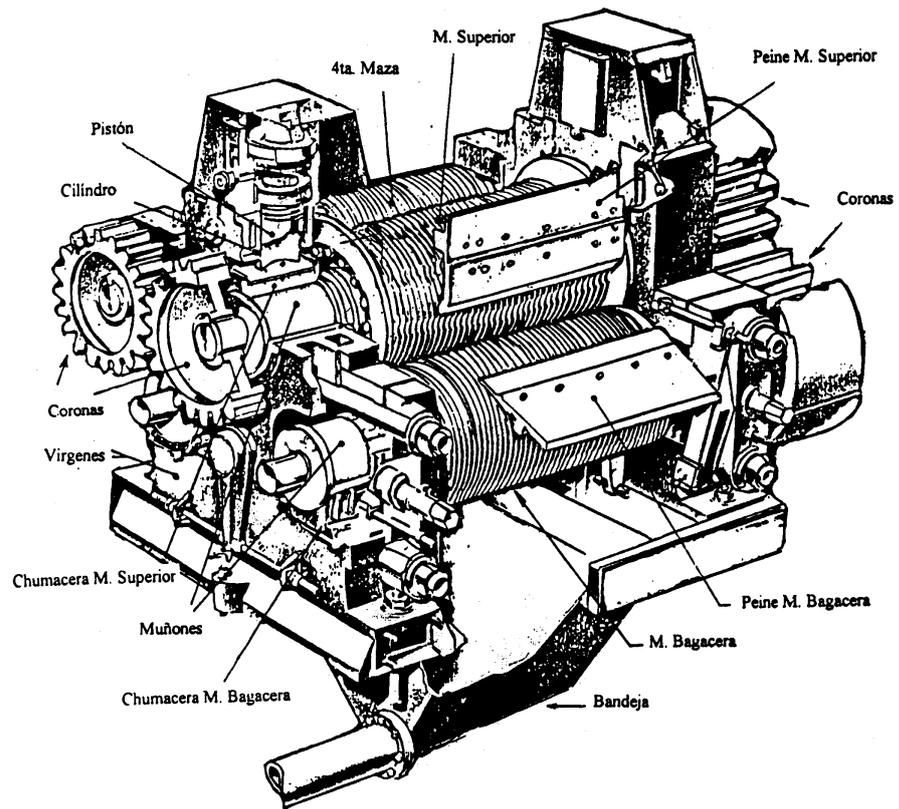


FIGURA 1.2 VISTA ISOMÉTRICA DE UN MOLINO

Mazas

Son cilindros de grandes dimensiones su peso oscila entre 12 y 18 toneladas, están compuestos por un eje de una longitud total de entre 400 cm y 460 cm, revestido de una camisa de hierro fundido que oscila entre 122 cm y 215 cm de longitud.

Un rallado especial para aumentar la superficie de contacto de diámetro de 60 a 90 cm; el eje tiene un muñón en cada extremo, estos giran sobre unas chumaceras con tejas de bronce.

El ángulo del rayado es de 45° y 50°. Generalmente los molinos usan de tres a cuatro mazas. Cada una tiene su nombre específico: maza bagacera, maza cañera y maza superior.

Cuando el molino tiene cuatro maza a la última se le llama cuarta maza (Figuras 1.1 y 1.2).

En la figura 1.3 se aprecia una maza y sus componentes.

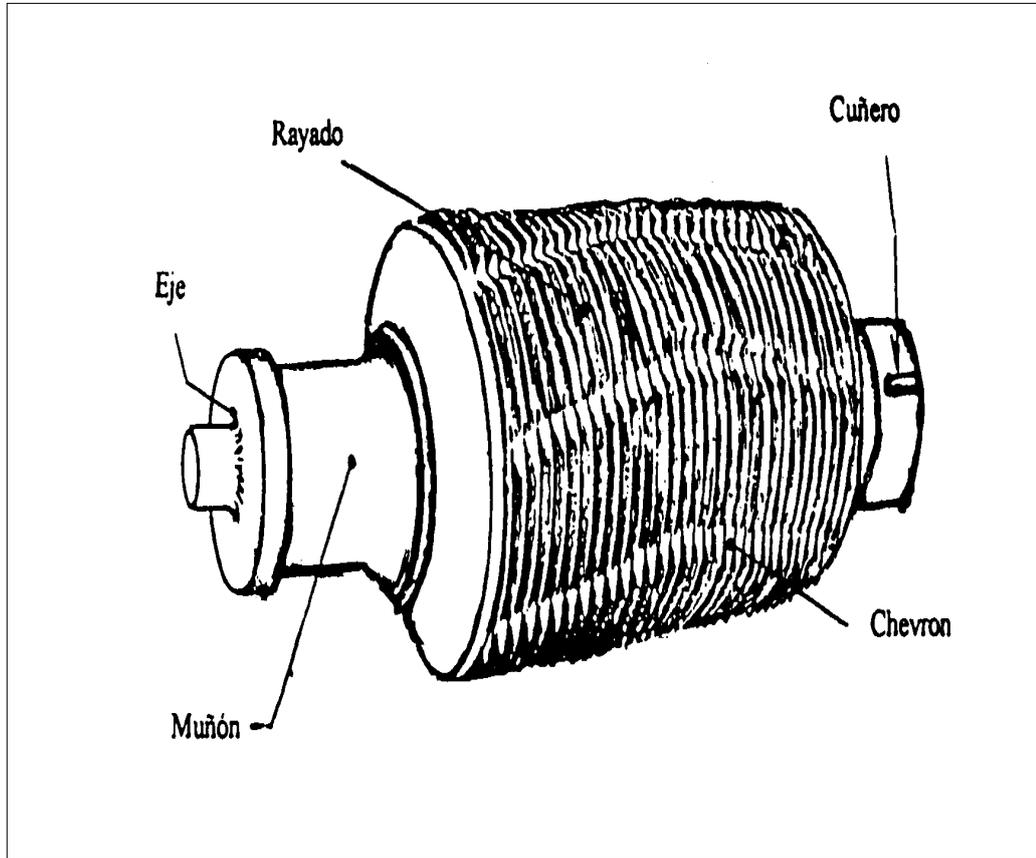


FIGURA 1.3 MAZA Y SUS COMPONENTES

Cabezotes

Son dispositivos hidráulicos que están formados por un cilindro y un pistón, el cual recibe la presión que genera una bomba hidráulica y que es transmitida por medio de un fluido, son de un tamaño regular; su finalidad es la de ejercer una mayor carga sobre la maza superior (entre 180 y 220 toneladas).

Esto se lo hace con el objeto de lograr una mayor compresión sobre la caña que pasa por debajo de ella y encima de las otras mazas, con lo que se logra mejorar la extracción del jugo.

Hay un cabezote en cada extremo de la maza superior y ejerce la carga directamente sobre las chumaceras que están en la parte superior de los muñones de la maza (Figura 1.2 y 1.4).

Acumulador hidráulico

Es el encargado de amortiguar la sobreflotación de la maza superior debido a la cantidad de caña que pasa por debajo de esta.

Es una especie de recámara que tiene conexión directa con el cabezote por medio de una manguera de alta presión.

Bisagras

Son piezas robustas de metal que van acopladas a las vírgenes y sirven para sujetar las chumaceras sobre las que giran las mazas, tienen en su centro un tornillo de potencia que sirven para fijar las chumaceras en una posición determinada e impedir que se deslicen al comprimir la caña (Figura 1.1 y 1.4).

Peines

Son piezas dentadas longitudinalmente, los dientes van alojados directamente en el rallado de las mazas, cada maza utiliza su respectivo peine y su trabajo consiste en evitar la acumulación de bagazo entre el rallado.

El peine va acoplado a las vírgenes por medio de un eje y un tornillo de potencia que sirve para ajustarlo Ver Figuras 1.1, 1.2, 1.4 .

Cuchilla Central

Es un elemento semejante a los peines, es dentada de ambos lados y los dientes van alojados entre el rallado de la bagacera y de la cañera y su función principal es la de servir de paso a la caña que pasa entre las mazas superior y cañera y superior y bagacera, va colocada sobre un puente y cuenta con dispositivos para ajustarla Ver Figura 1.1 y 1.4.

Coronas

Son engranajes de dientes rectos de grandes dimensiones, se encargan de transmitir potencia y movimiento de una maza otra; por medio de la transmisión (catalina) se transmite la potencia a la maza superior y ésta transmite a las otras mazas por medio de las coronas, Ver Figura 1.1 y 1.2.

Estas son lubricadas por aspersión o por baño con lubricantes sólidos (grasas) o lubricantes líquidos de tipo asfálticos (aceites) con el fin de prevenir el desgaste.

Registro de Enfriamiento

Son cajas de metal que van acopladas a las vírgenes, tienen en su parte superior, las salidas del agua de enfriamiento proveniente de las chumaceras y un drenaje común en la parte inferior para descargar el agua, sirven para verificar el flujo normal del agua de enfriamiento y a que temperatura se encuentra. Ver Figura 1.4.

Bancazo

Es el conjunto de piezas de hierro fundido, a las que van acopladas las vírgenes del molino y , a su vez estas van ancladas al pedestal que soporta el molino.

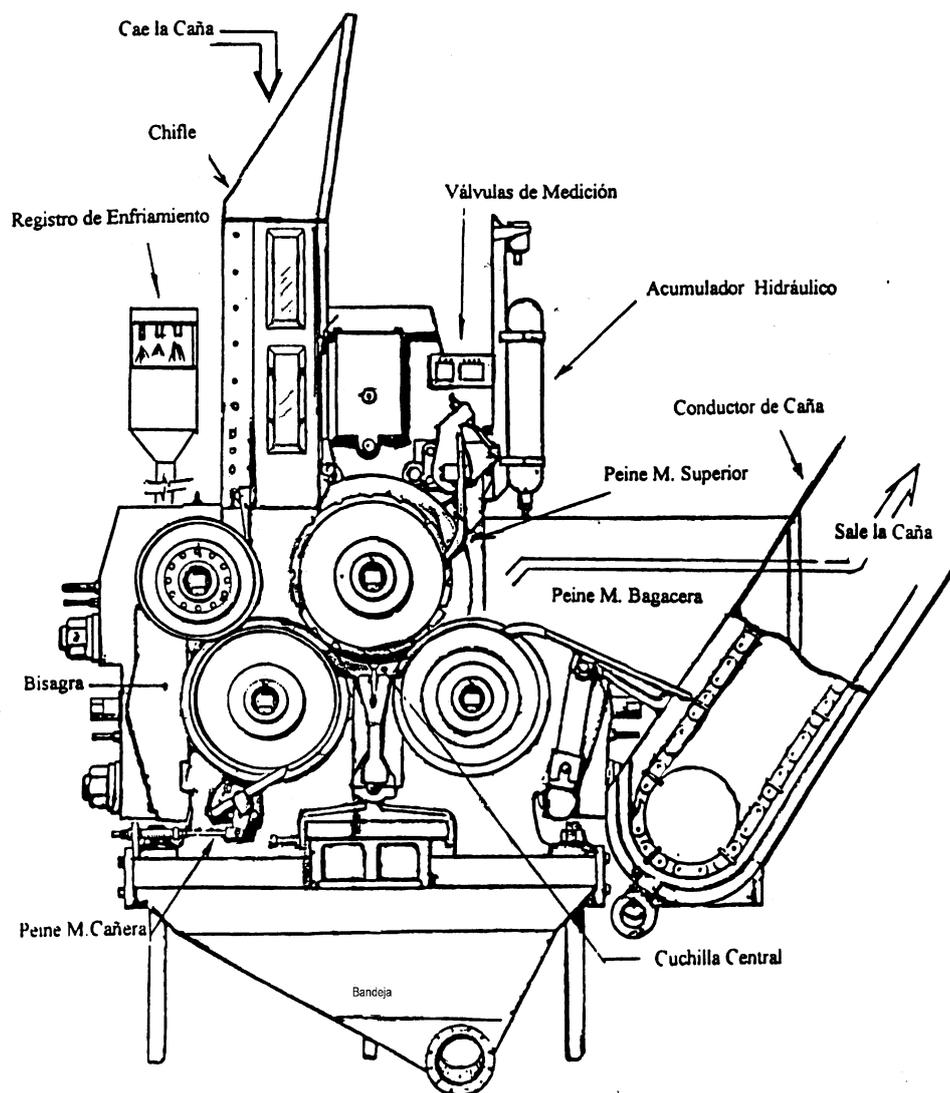


FIGURA 1.4 COMPONENTES PRINCIPALES DEL MOLINO

Válvulas de medición

Son dispositivos encargados de llevar volúmenes determinados de lubricante a los puntos de lubricación, conformadas básicamente por un pequeño bloque de acero, el cual tiene en la parte interior recámaras en donde van alojados unos pistones Figura 1.4.

Más adelante se va a dar una explicación más detallada de este dispositivo.

Chumaceras

Son cojinetes planos bastantes robustos en los que giran los muñones de las mazas, están conformados por tejas de bronce acopladas a una estructura de hierro fundido Figura 1.5.

También existen chumaceras que son completamente de bronce, tiene un entrada para el agua de enfriamiento, la que proviene de la tubería del sistema de enfriamiento; esta agua hace su recorrido por unos compartimientos que están dentro de la estructura de la chumacera, y luego, sale por otro orificio que tiene acoplada una manguera que lleva esta agua al registro de enfriamiento, de esta manera se logra disipar gran parte del calor que se produce entre el muñón y la teja debido a las altas cargas de trabajo.

Las tejas llevan una ranura transversal paralela al eje de la maza en el plano que soporta al muñón, a donde llega y se aloja el lubricante que es tomado por el muñón de la masa mientras ésta gira.

Las chumaceras son generalmente lubricadas por medio de un sistema centralizado de lubricación, el cual suministra el lubricante de una manera periódica para evitar el desgaste debido a la fricción.

Chumacera de la maza superior: Compuesta de dos partes, la parte inferior es una teja de bronce donde descansa el muñón ver Figura 1.6 A.

Esta teja va alojada en un compartimiento en la virgen y soporta la maza superior cuando ésta se encuentra girando sin carga; en la parte superior de los muñones de la maza van otras chumaceras, sólo que éstas están constituidas por una estructura de acero o de bronce, donde va ensamblada la teja Figura 1.6 B; cuando se está moliendo caña, la maza superior flota y son estas chumaceras las que trabajan, ya que sobre estas se aplica la carga necesaria para realizar la extracción del guarapo de la caña, ver Figura 1.6 A y 1.6 B.



FIGURA 1.5 CHUMACERA

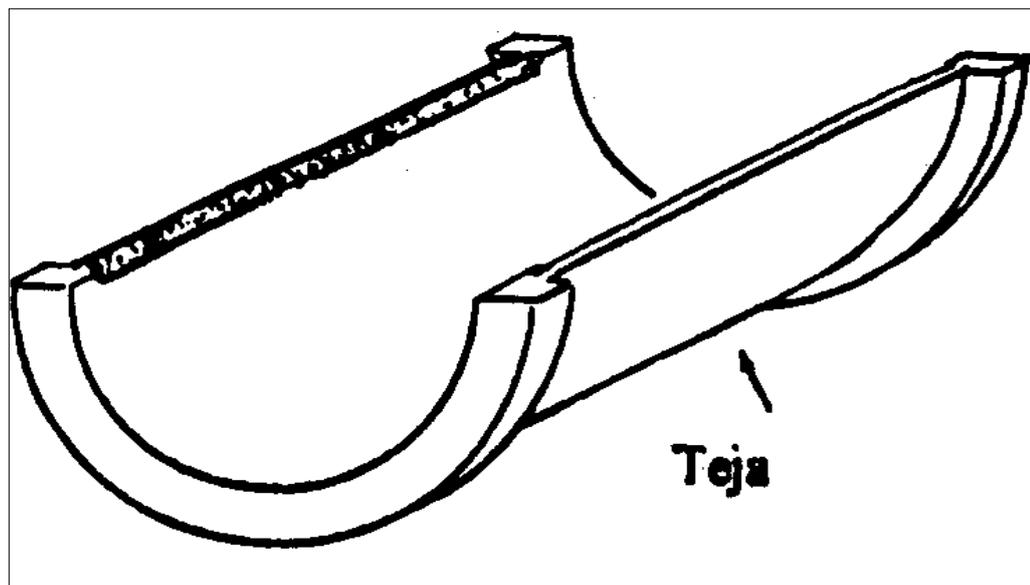


FIGURA 1.6 A TEJA

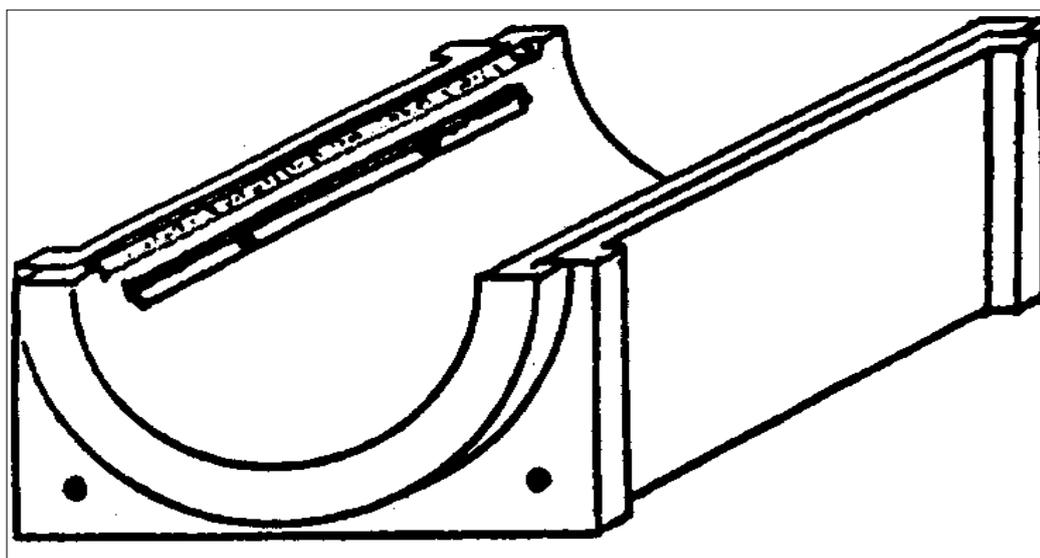


FIGURA 1.6 B CHUMACERA MAZA SUPERIOR

Chumacera de la maza bagacera: Conformada por una teja igual a la mencionada en la parte de arriba y una estructura que le sirve de soporte, ésta difiere un poco a la anterior, ya que la teja describe un ángulo de 45° respecto a la vertical, los muñones de la maza giran sobre las tejas y encima llevan un cobertor de metal en forma de medio cilindro, esta pieza es generalmente de acero inoxidable y tiene en lado interior, es decir en la parte que da al muñón do tiras de filtro en los extremos y su objetivo es proteger al muñón del bagazo, guarapo, agua, y demás contaminantes. Ver Figura 1.7.

Chumacera de la maza cañera: Se podría decir que es igual a la anterior, la única variante que presentan es la posición de la ranura de lubricación y la forma en que están colocadas en las vírgenes. Ver Figura 1.8.

Chumaceras de la cuarta maza: La teja de las chumaceras de la cuarta maza forma un cilindro completo, no está dividida como las chumaceras de las otras mazas, pero comparadas con estas es de menor tamaño, esta al igual que las otras también cuenta con una estructura de acero.

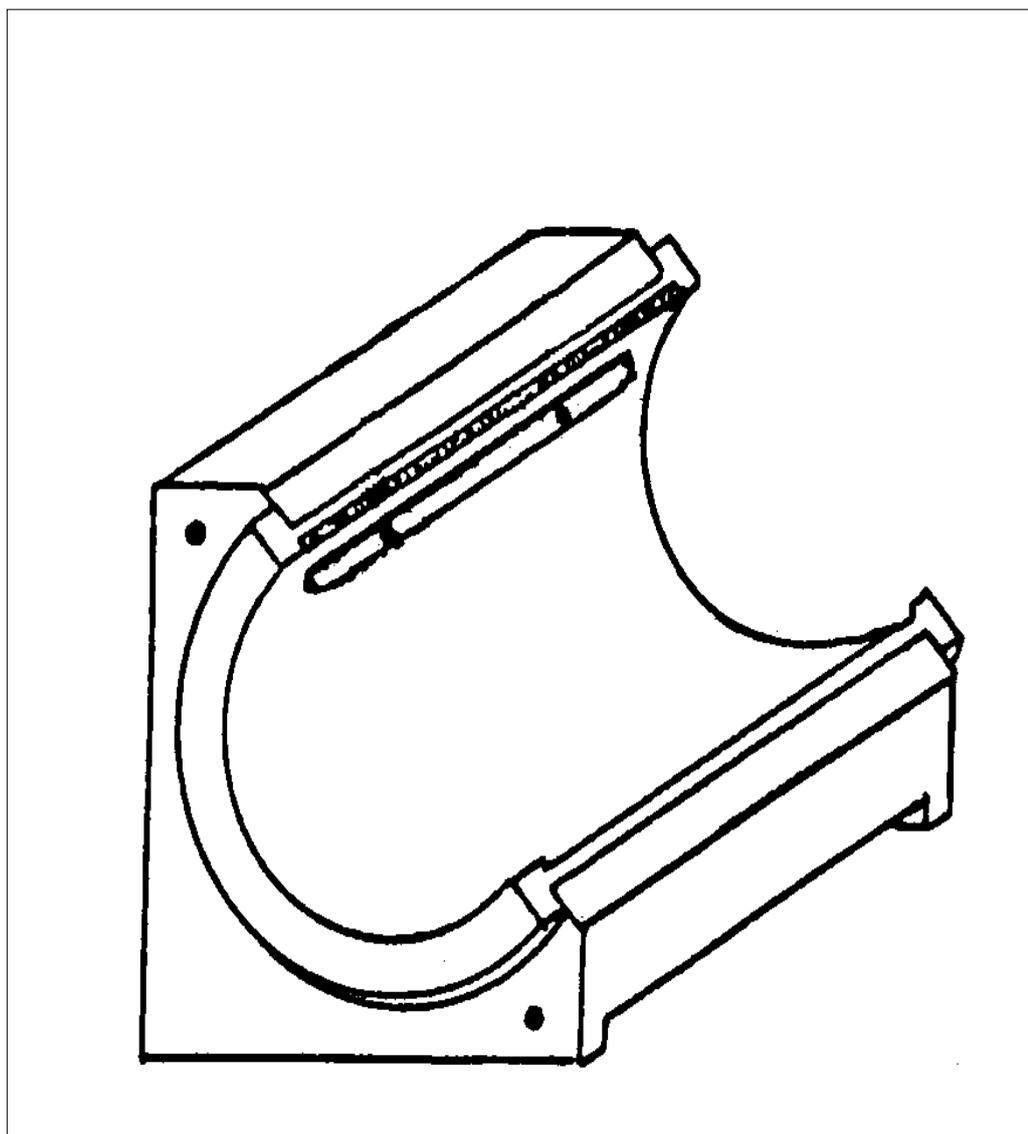


FIGURA 1.7 CHUMACERA DE LA MAZA BAGACERA

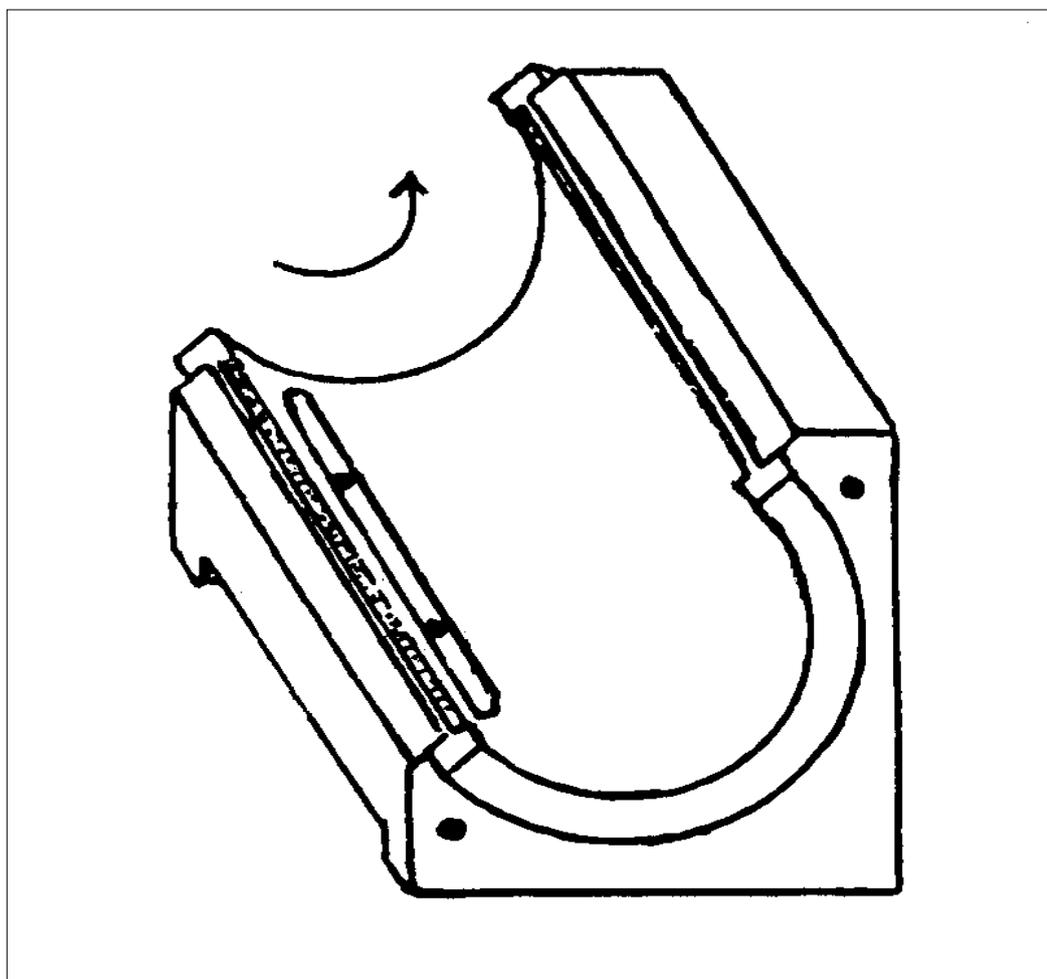


FIGURA 1.8 CHUMACERA DE LA MAZA CAÑERA

Un aspecto importante en la lubricación de las chumaceras es la ranura del lubricantes con que cuentan las tejas, esta ranura debe estar bien maquinada y en el lugar correcto, debido que a parte del lubricante también se aloja pequeñas cantidades de bagazo y partículas metálicas resultantes del asentamiento de las chumaceras, de esta manera se evita que se taponen los agujeros por donde fluye el lubricante y también que se rayen los muñones.

La ranura está ubicada en el área de menor presión para que se forme una buena cuña de lubricante, proveniente de la acción hidráulica y, de esta manera el lubricante sea aprovechado de una forma eficiente por el muñón y la chumacera.

En la figura 1.9 se presenta un esquema de las chumaceras de las mazas bagacera (A), superior (B) y cañera (C) vistas del lado de turbina.

El círculo punteado está ubicado en el área de baja presión y dentro de éste se presenta la ranura vista de perfil. En la figura 1.10 se presenta la misma situación, pero vistas del lado de bomba, en ambas figuras se señala el sentido de giro de las mazas.

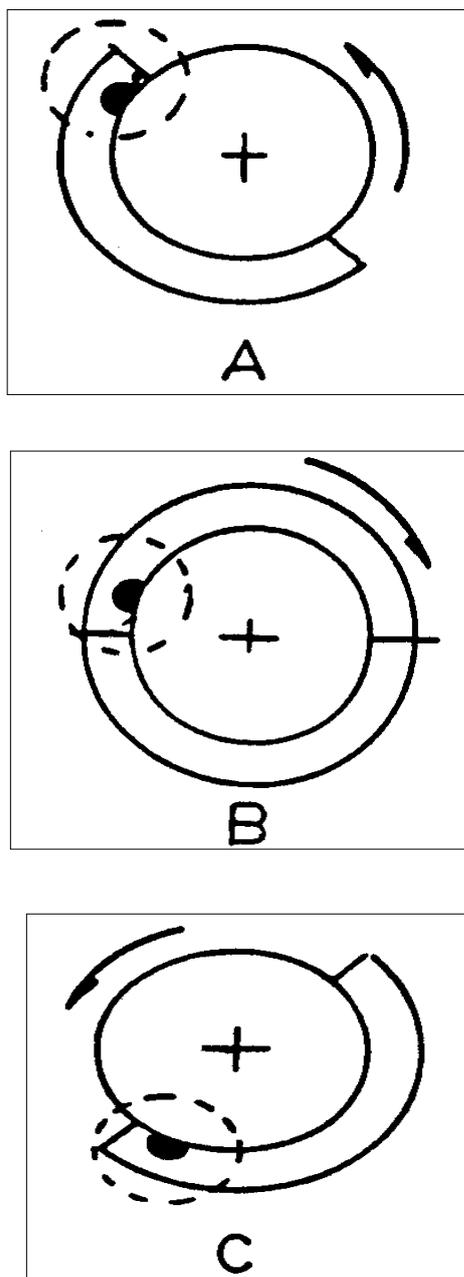


FIGURA 1.9 ESQUEMA DE LAS CHUMACERAS DE LAS MAZAS BAGACERA, SUPERIOR Y CAÑERA (LADO TURBINA)

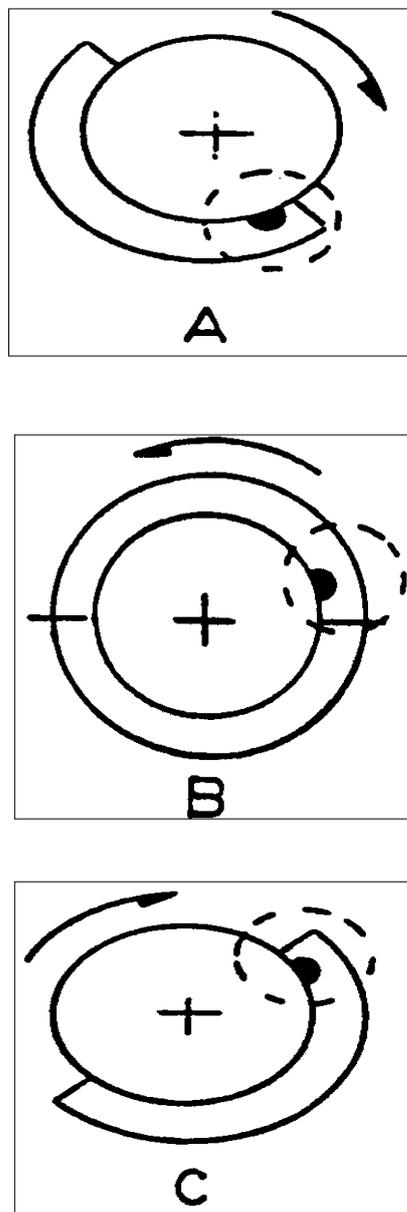


FIGURA 1.10 ESQUEMA DE LAS CHUMACERAS DE LAS MAZAS BAGACERA, SUPERIOR Y CAÑERA (LADO BOMBA)

Las chumaceras largas, generalmente tienen más de un orificio de suministro de lubricante, las chumaceras de las mazas, generalmente usan dos orificios de suministro de lubricante con diámetro de 3/8 " separados 8" el uno del otro.

En la figura 1.11 se presenta un esquema de la ranura de lubricante, en esta se contempla la distancia aproximada a que se debe maquinar la ranura respecto a los bordes de la teja.

La longitud de la ranura varía de acuerdo con el ancho de la teja de la chumacera, tomándose en cuenta para tal efecto, la distancia de los bordes de ésta a los bordes de la teja.

La ranura de lubricación de la chumacera de la cuarta maza al igual que las otras, está ubicada en el área de baja presión, en frente al muñón de la maza superior, formando un ángulo de 0° respecto a la horizontal; esta ranura es similar a la mostrada en la figura 1.11.

Pero por sus dimensiones solo usa un agujero de suministro de lubricante colocado al centro de la misma.

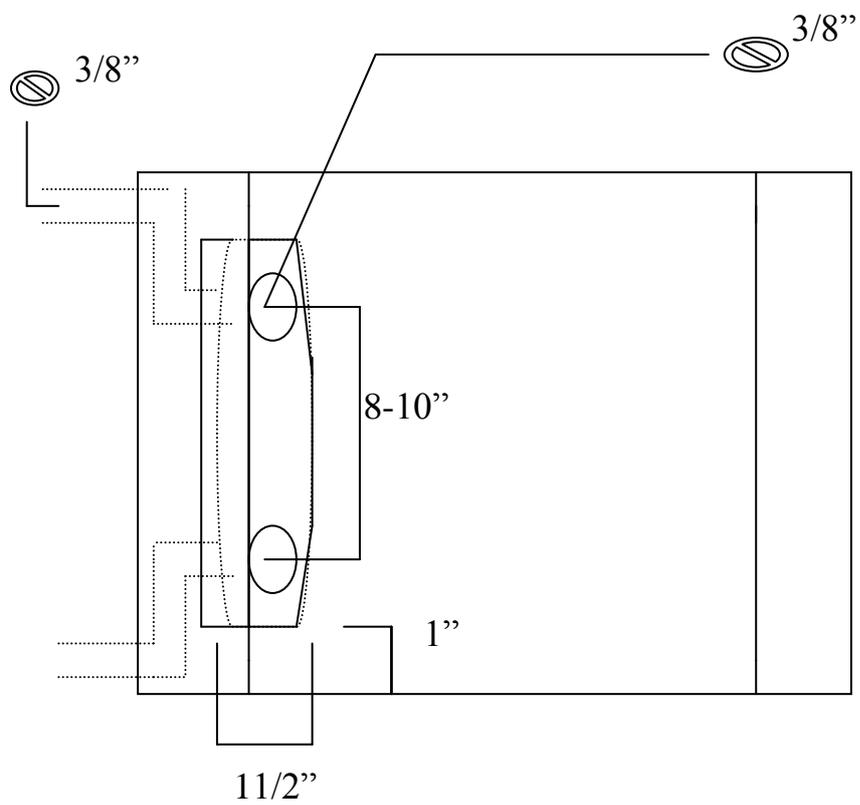


FIGURA 1.11 RANURA Y ORIFICIOS DE LUBRICACIÓN, BISEL DE LA TEJA

Las tejas llevan un biselado longitudinal, paralelo y del mismo lado de la ranura de lubricación, este biselado sirve para que el lubricante no se fugue antes de ser forzado entre el muñón y la teja de la chumacera por medio de la acción hidráulica de la cuña de lubricante (2) y también, para evitar que se raye el muñón con los bordes agudos de la teja. Ver Figura 1.11.

1.3 Funcionamiento general del Tandem de molinos

Los tándem de molinos generalmente constan de entre 4 y 8 unidades de molienda, a continuación se indica su funcionamiento:

La caña previamente lavada con agua caliente y preparada (picada) es llevada por medio de un conductor al primer molino del tándem en donde están girando las mazas a bajas revoluciones entre 6 y 7 rpm, la caña forma un colchón, el cual pasa entre las mazas, las que lo trituran en forma conjunta logrando así la extracción del guarapo el cual contiene la sacarosa que es la azúcar pero sin cristalizar, la extracción es grandemente beneficiada por la carga que el cabezote ejerce sobre la maza superior.

La caña después de pasar entre las mazas del primer molino cae a otro conductor que la transporta al siguiente molino en donde se

repite el proceso anterior, y así se sigue hasta llegar al último molino del tándem, en donde el bagazo cae a un conductor que lo lleva hacia las calderas para ser quemado y, así producir vapor de agua.

El guarapo extraído del primer y segundo molino, caen en sus respectivas bandejas y, luego fluye por medio de canales a un colador de bagacillo y, seguidamente, cae al tanque de jugo mezclado, en donde funciona un desarenador, luego, este jugo es enviado directamente a la fábrica.

La caña que se va a triturar en el último molino se le aplica agua caliente (55° c aproximadamente) este proceso es con el objeto de mejorar la extracción; el guarapo que es extraído de este molino cae a la bandeja, pasa al colador y luego a su comportamiento en el tanque de maceración, de allí se extrae y es aplicado a la caña que va a ser triturada por el penúltimo molino, el guarapo extraído en este cae a su respectiva bandeja, pasa al colador de bagacillo y luego a su compartimiento en el tanque de maceración y así sucesivamente hasta llegar al tercer molino, en donde el guarapo extraído del compartimiento del tercer molino en el tanque de maceración es aplicado a la caña que se va a triturar en el segundo molino, éste es proceso de maceración.

La finalidad de este procedimiento es el de mejorar la extracción de azúcares que contiene la caña.

Se utilizan turbinas de vapor de gran caballaje, las cuales generan la potencia necesaria para mover las mazas; esta potencia es transmitida a la maza superior de los molinos utilizando reductores de velocidad, que no solamente reducen la velocidad de las revoluciones necesarias, sino que aumentan el torque para moverlas con más facilidad, la maza superior recibe la potencia y la transmite al resto de mazas por medio de coronas.

El funcionamiento conjunto de todas las partes que forman el tándem, está sincronizado de tal manera que el proceso sea continuo.

Es fundamental que el molino se encuentre bien alineado y a nivel, especialmente las vírgenes, mazas, peines, etc., ya que una alineación inadecuada afecta su funcionamiento y deteriora sus componentes prematuramente, disminuyendo la capacidad de extracción el molino.

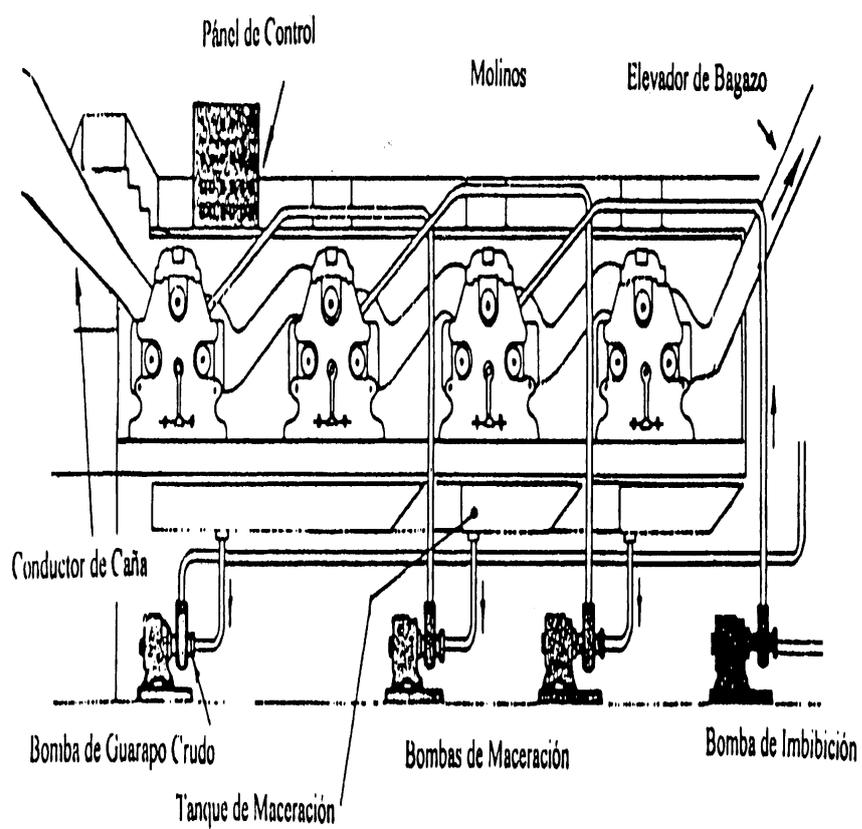


FIGURA 1.12 TANDEM DE MOLINOS

1.4 Factores que ocasionan fallas en las chumaceras de las masas

A continuación se pasa a detallar los factores que se presentan con más regularidad y que influyen directamente en la vida útil de las tejas de las chumaceras.

Desalineamientos

Este es uno de los factores que mayor influencia tiene en el incremento de la temperatura y por ende en un mayor desgaste y deterioro de las tejas de las chumaceras y del equipo en general. Todos los elementos del molino deben estar correctamente alineados, en especial mazas y chumaceras, ya que se debe tener en cuenta que al manejar cargas altas un desalineamiento en el equipo traería consigo un desgaste acelerado de los componentes.

Sobre flotación de la maza superior

La maza superior tiene que flotar a una altura determinada para permitir el paso de la caña (colchón de caña) y realizar la extracción del guarapo, pero si los cabezotes no ejercen suficiente presión sobre la maza superior, esta va a flotar más de lo establecido, es más si no lo hace de forma uniforme, se puede producir un desalineamiento lo que va a provocar sobrecalentamiento y desgaste en las tejas.

Altas cargas bajas velocidades

Las mazas son sometidas a cargas elevadas para mejorar la extracción del jugo, sobre todo en la maza superior, esta carga favorece al rompimiento de la película de lubricante que existe entre las tejas y los muñones de las mazas, además las mazas giran a velocidades relativamente bajas de entre 6 y 7 rpm, dificultando que sean lubricadas adecuadamente.

Contaminación

Un aspecto importante a considerar es la contaminación del lubricante, los principales agentes contaminantes son el bagazo, polvo, cenizas, arena, sólidos abrasivos, agua y en algunas ocasiones otros lubricantes lo que ocasiona que el aceite pierda sus propiedades y se degrade. El guarapo por su alta acidez tiende a lavar el lubricante y por lo tanto favorecer el contacto de las superficies metálicas.

Lubricación inadecuada

Esta puede ser ocasionada al tener un volumen inadecuado de la película lubricante entre las superficies deslizantes o por no usar el lubricante adecuado, también al presentar fugas, suciedad o taponamientos en las líneas de suministro del lubricante.

Obstrucción de conductos

Se debe tener cuidado con los taponamientos de los conductos de flujo de lubricante y de los conductos de flujo del agua de enfriamiento, se deben tener despejados y limpios estos conductos de tal manera que permita la libre circulación del agua para que disipe de una mejor manera el calor.

A más de esto se debe tener al agua de enfriamiento tratada adecuadamente con el fin de evitar sedimentación en las paredes de los conductos y evitar así taponamientos.

Paradas y puestas en marcha constantes de las mazas

Cuando se realizan paradas constantes el lubricante que queda entre el muñón de la maza y la teja de la chumacera en el área de mayor carga tiende a ser desplazado por el peso de las mazas, especialmente en paradas largas, reduciendo el espesor de la película de lubricante entre las dos superficies, en el momento de poner en marcha los molinos, la película suele ser tan delgada que se rompe, ocasionando un contacto metal con metal. Desgastando ambas superficies.

CAPITULO 2

2. IMPLANTACIÓN DEL NUEVO SISTEMA

2.1 Descripción de los principales componentes del Sistema de Lubricación Dual Farval

Un sistema de lubricación de dos líneas típico incluye una estación central con su bomba, el depósito y la válvula inversora; un control de cronómetro para los sistemas automáticos; dos líneas de distribución y las válvulas dosificadoras.

En los sistemas accionados por energía eléctrica, el control del cronómetro gira en el motor de la bomba, mientras que en los sistemas accionados por aire, abre una válvula solenoide en la línea de la bomba.

Depósito de Lubricante

En este elemento es donde va a colocar el lubricante que va a ser aplicado a las chumaceras de los molinos, va colocado encima de al bomba del sistema, su capacidad varía de 15 a 35 galones según las necesidades que se tengan, a éste llegan las líneas de retorno (alivio) del sistema.

Tiene un vástago indicador de nivel de lubricante en la tapadera, el cual tiene una válvula en la parte superior que al abrirla ayuda a purgar el aire que pueda estar atrapado en el sistema, también ayuda a remover la tapa de su lugar, pues, el vástago indicador de nivel tiene acoplado en el extremo inferior un plato de metal, que al jalarlo crearía un vacío dentro del depósito que dificultaría su extracción, también tiene un respiradero que hace que la presión dentro del sistema sea la atmosférica. Ver Figura 2.1.

Motor Eléctrico

El motor es de 1 HP, trifásico, gira a 1750 rpm, es el que transmite la potencia a la bomba para que pueda levantar presión y generar el flujo de lubricante en las líneas de suministro, el eje de este motor está acoplado a un reductor de velocidad por medio de un acoplamiento tipo laberinto. Ver Figura 2.1.



FIGURA 2.1 COMPONENTES PRINCIPALES DE UN SISTEMA
FARVAL

- ① Depósito del Lubricante
- ② Motor Eléctrico
- ③ Reductor
- ④ Bomba

Reductor de Velocidad

Es el que recibe la potencia del motor y la transmite a la bomba a la que está acoplada a través de un acoplamiento tipo laberinto, del tipo tonillo sin fin con una reducción de 10:1. Ver Figura 2.1.

Bomba de Lubricante

Es una de las partes más importantes del sistema Farval, su función es levantar la presión necesaria para que las válvulas de medición trabajen adecuadamente. Es importante que el eje de la bomba gire en el sentido que señala la flecha que trae en el bloque, pues, de lo contrario no se lograría crear ningún flujo de lubricante y se deteriorarían los pistones y los cilindros, no es aconsejable poner a funcionar la bomba en vacío, pues esto ocasiona daños especialmente en pistones y cilindros.

La descarga típica para una bomba modelo DJ25 es de 0.037 pulgadas cúbicas de grasa por tiempo del pistón o 6.3 pulgadas cúbicas de grasa por minuto "9".

Válvula de alivio – estrangulamiento

Se encuentra colocada después del puerto de salida de lubricante de la bomba, esta ayuda a prevenir el deterioro de las líneas de

suministro por las que fluye el lubricante, en caso de taponamientos; normalmente, está calibrada por el fabricante para aliviar el sistema a 2400 - 2500 psi, al abrir regresa el lubricante que viene de la bomba hacia el depósito a través de la línea de retorno; esta válvula tiene un manómetro de 0 a 5000 psi que indica la presión a la salida de la bomba, la presión puede ser cambiada por medio del tornillo retenedor y, así ajustarla a la presión deseada.

Válvula reversible

Sirve para alternar el flujo de lubricante en las líneas de suministro del Sistema Dual Farval de Circuito Cerrado, operación indispensable para el funcionamiento de las válvulas de medición; así el flujo es dirigido primero a un puerto de entrada de las válvulas de medición y, luego, el otro puerto, en ciclos sucesivos.

La acción reversible es automática y controlada, hidráulicamente, por la acción de un pistón sensor de presión que está dentro de la válvula.

La válvula reversible. Ver Figura 2.1 A usa dos manómetros con rango de 0 a 5000 psi al final de cada línea de retorno para observar la presión de retorno.

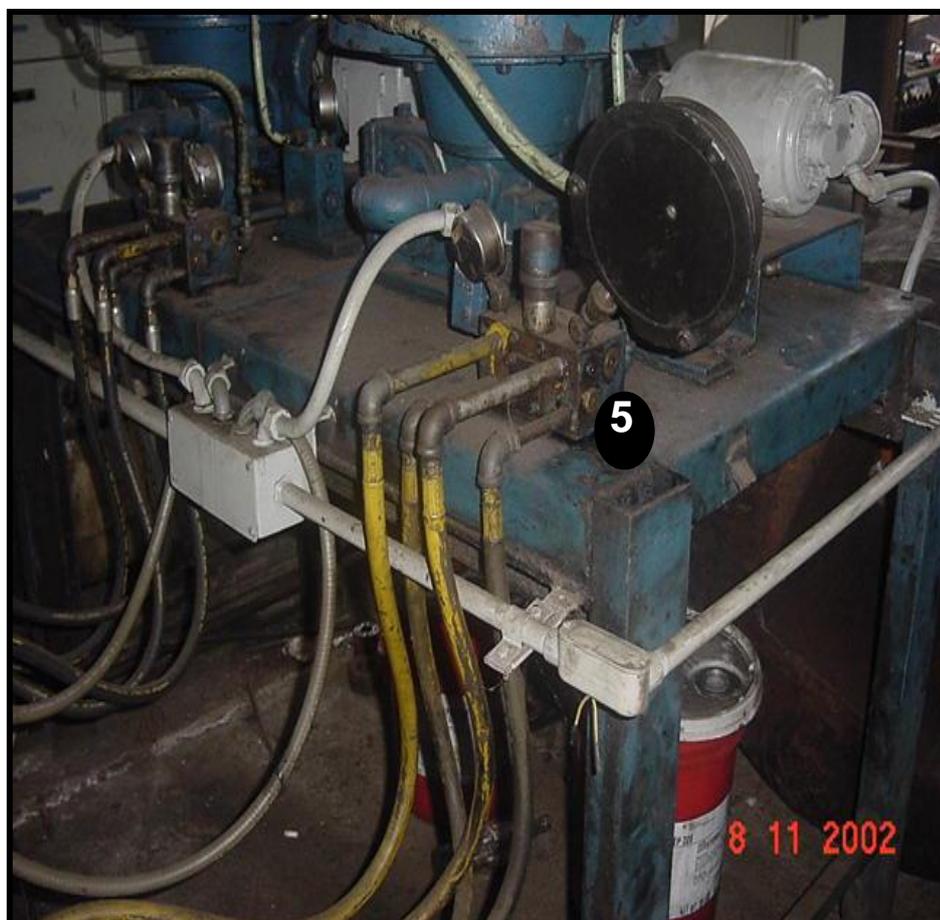


FIGURA 2.1 A COMPONENTES PRINCIPALES DE UN SISTEMA

FARVAL

⑤ Válvula Reversible

Existen dos tipos de válvulas reversibles, dependiendo del lubricante que va a suministrar a las chumaceras, se debe tener el cuidado de hacer la elección correcta, una es para cuando se va a suministrar grasa (DR460A) y la otra cuando se va a suministrar aceite (DR460B) como lubricante (Figura 2.2).

Micro interruptor

Este dispositivo sirve para detener el motor de la bomba, es activado por el vástago que tiene el pistón de la válvula reversible.

Está relacionado con el contador eléctrico de tiempo formando un circuito de dos vías.

Contador Eléctrico de Tiempo

También conocido como Timer, sirve para el control del Sistema Dual Farval de Circuito Cerrado y de otros tipos, incluyen un contador (dial) de frecuencia de suministro de lubricante.

Para iniciar cada ciclo de lubricación y otro contador (dial) para que registre fallas en el sistema y detiene la bomba y, si se desea, puede detener el equipo que se está lubricando.

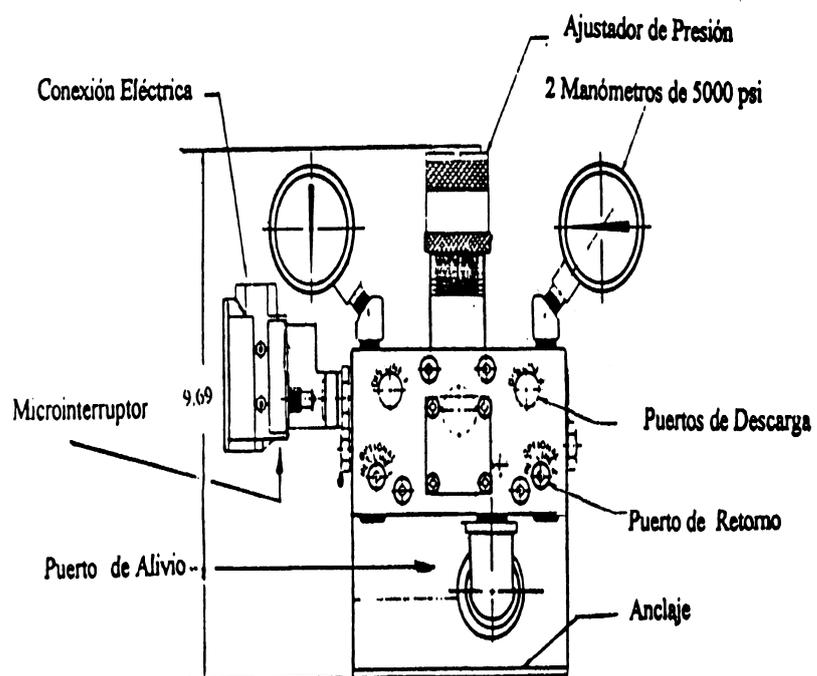


FIGURA 2.2 VALVULA REVERSIBLE TIPO DR460A

El contador eléctrico de tiempo enciende el motor de la bomba a intervalos de tiempo regulares que son programados en un dial rotativo, impulsado por un motor eléctrico sincronizado de pequeñas dimensiones y un tren de engranajes.

El dial tiene dos líneas concéntricas de 96 agujeros ranurados para colocar unas clavijas; la disposición de estas clavijas define la duración de los ciclos de lubricación; de acuerdo con la programación del dial, una clavija (cualquiera) cierra un circuito y así fluye corriente al motor de la bomba para iniciar el suministro de lubricante.

Hay tipos de contadores eléctricos de tiempo: para 1 hora y para 24 horas de servicio; para voltajes de 120, 220 y 440 voltios; de 50 y 60 Hz. En la figura 2.3 se muestra un sistema básico de circuito.

Ciclo de Lubricación del Sistema

Es el tiempo en el cual la bomba funciona dos veces consecutivas, los pistones de las válvulas de medición completan un tiempo en una dirección durante medio ciclo y, luego, regresan a su posición original completando el ciclo (5).

En la figura 2.4 se puede apreciar un ciclo típico de lubricación.

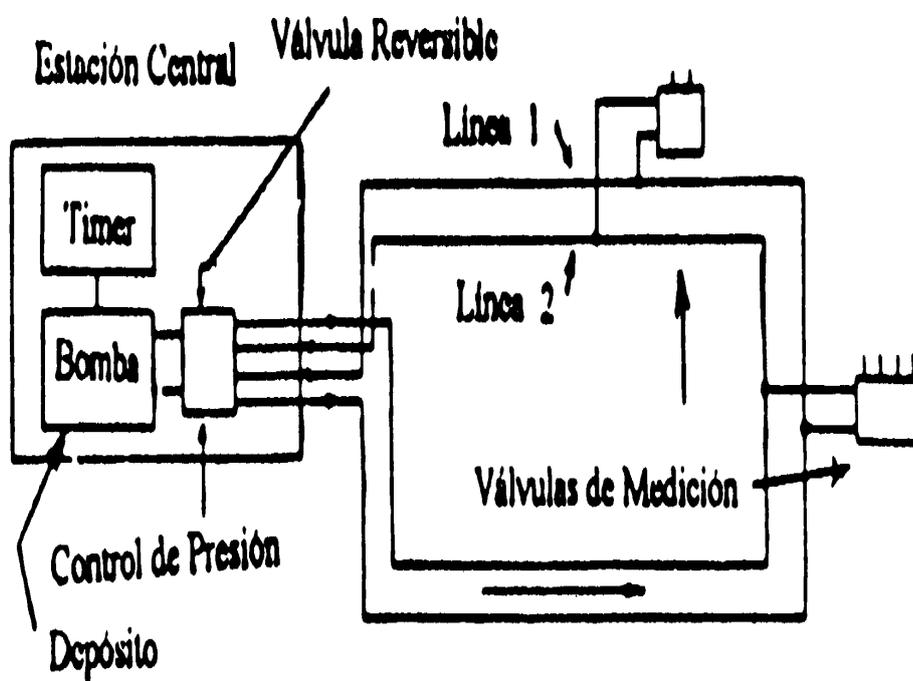


FIGURA 2.3 SISTEMA BASICO DE CIRCUITO

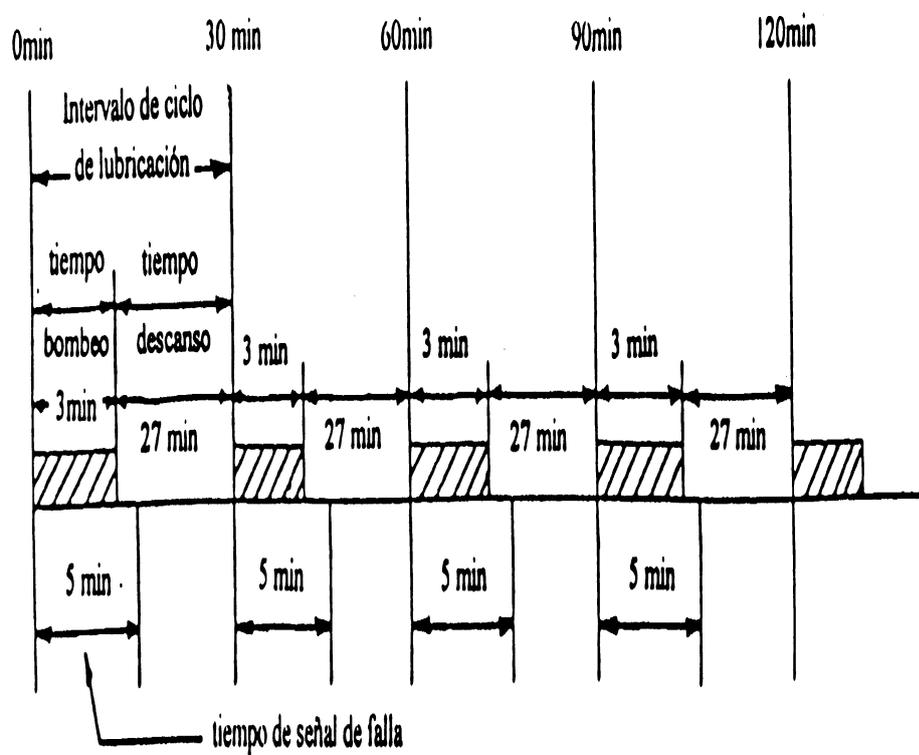


FIGURA 2.4 CICLO DE LUBRICACIÓN DEL SISTEMA

Válvulas de medición

Son dispositivos cuya función principal es descargar volúmenes determinados de lubricante a los puntos de lubricación, están conformadas, básicamente, por un pequeño bloque de acero el cual tiene en la parte interior recámaras en donde van alojados unos pistones (pistón principal y pistón piloto), también tiene unos conductos internos por donde circula el lubricante que se va a suministrar. Ver Figura 2.5.

Existen dos tipos de válvulas de medición: las DD y las DM, estas funcionan hidráulicamente y son, individualmente, ajustables respecto del volumen de lubricante que descargan.

Las válvulas DD tienen 2 puertos de descarga por pistón y las válvulas DM solamente un puerto de descarga por pistón, por ejemplo un bloque con 4 válvulas DD puede descargar el lubricante a 8 puntos de lubricación y un bloque con 4 válvulas DM solamente puede hacerlo a 4 puntos de lubricación.

Las válvulas de medición (DD o DM) vienen en 1, 2, 3 y 4 válvulas por bloque. Hay modelos de válvulas que tienen un vástago indicador y otros modelos sin este dispositivo.

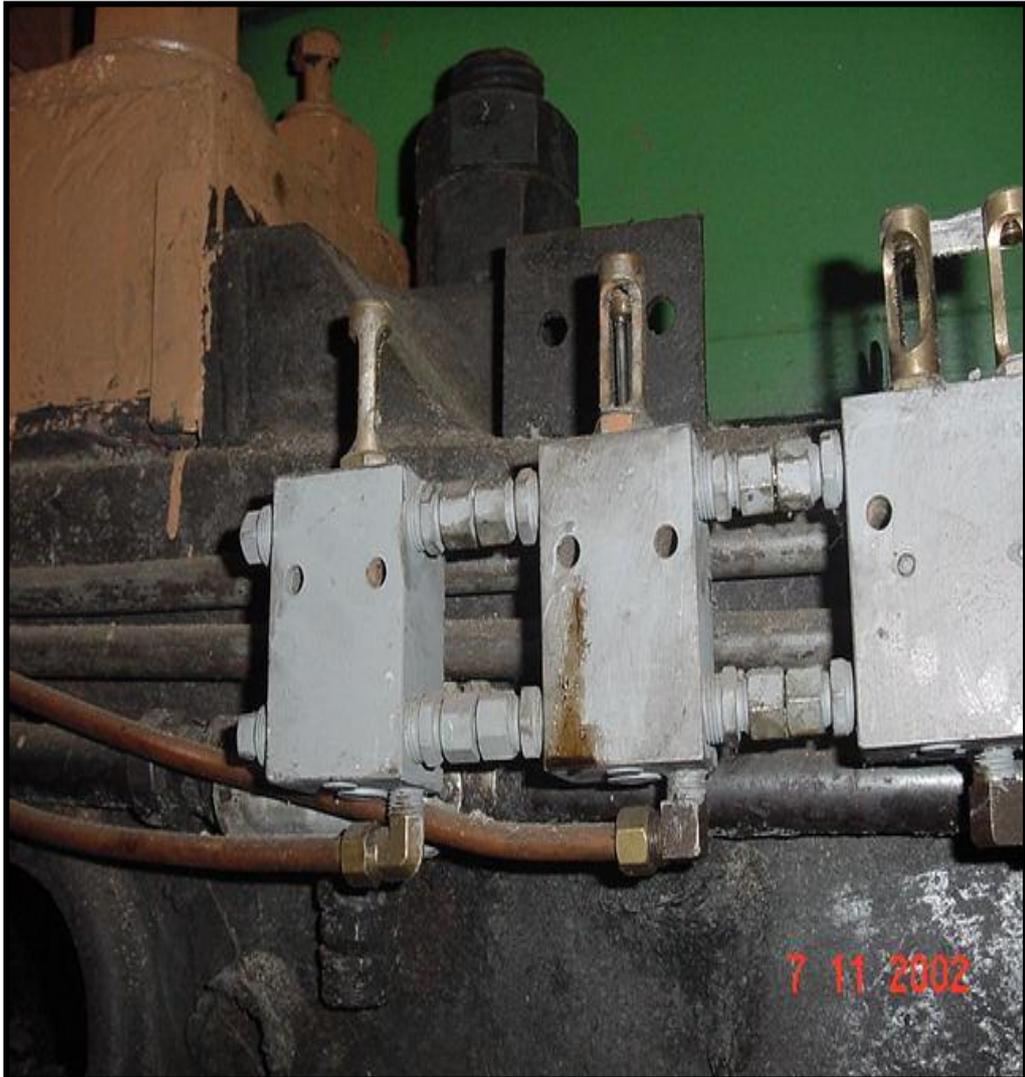


FIGURA 2.5 VALVULA DE MEDICION

Por medio de este vástago se puede observar si las válvulas están realizando el suministro de lubricante a los puntos de lubricación, este está acoplado a cada pistón principal de las válvulas por lo que se mueven en forma conjunta en cada descarga de lubricante hacia los puntos de lubricación.

El protector del vástago indicador tiene un tornillo, con el cual se puede ajustar el volumen de lubricante que se desea suministrar a los puntos de lubricación. Ver figura 2.6

Las válvulas tienen puertos de suministro por donde entra el lubricante que viene de las líneas de suministro del sistema y, también puertos de descarga por donde el lubricante sale hacia los puntos de lubricación. Ver Figura 2.6.

Los bloques traen en la parte más ancha un código que describe sus características, por ejemplo si las válvulas son del tipo DD o DM; además, el tamaño de las válvulas y el número de éstas por bloques. Si el bloque trae la denominación DM 43; DM significa que solo tiene un puerto de descarga por válvula, el número 4 indica que descarga 0.135 in^3 por tiempo (7) y el número 3, que el bloque tiene 3 válvulas.

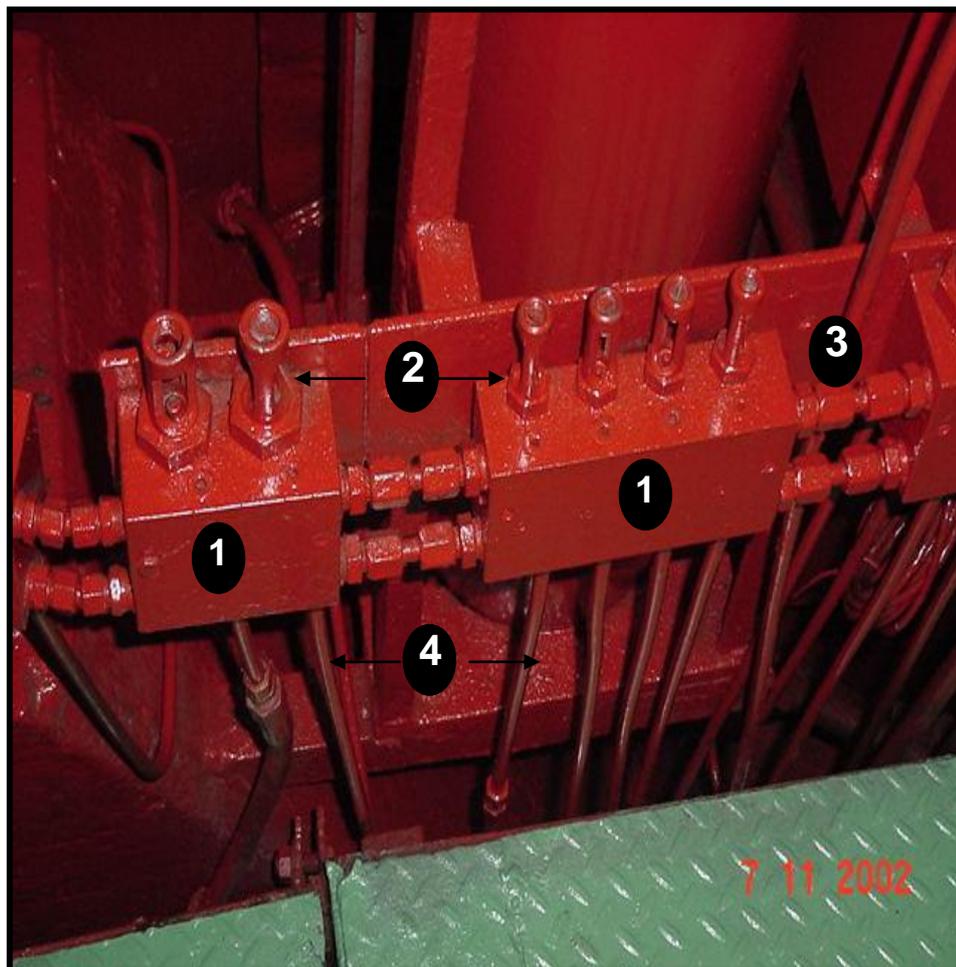


FIGURA 2.6 COMPONENTES DE LA VALVULA DE MEDICION

- ❶ Válvulas de Medición
- ❷ Vástago o Inyector
- ❸ Puertos de entrada de Lubricante
- ❹ Líneas de Descarga

La descarga de lubricante de las válvulas de medición puede ser determinada por tres factores:

- a. Tamaño de la válvula de medición,
- b. Posición del tornillo ajustador de volumen de descarga,
- c. La frecuencia a la que el sistema centralizado de lubricación funciona.

Funcionamiento general del sistema

Cuando el contador eléctrico de tiempo enciende el motor de la bomba y así se inicia el medio ciclo de lubricación, la bomba empieza a levantar presión en una de las dos líneas principales de suministro (2 circuitos) y esto hace que se empiecen a mover las válvulas de medición en una dirección, descargando lubricante a los puntos de lubricación, la otra línea principal de suministro no está presurizada y está funcionando como alivio, permitiendo retornar un pequeño flujo de lubricante al depósito del sistema.

La presión continúa incrementándose hasta que alcanza la presión a la que ha sido ajustado el dispositivo controlador de presión que, en este caso, es la misma válvula reversible por medio del tornillo ajustador de presión, la válvula opera, aliviando la línea principal de suministro que estaba presurizada dirigiéndola al depósito de

lubricante, alternando la descarga de la bomba a la otra línea principal de suministro para realizar el otro medio ciclo de lubricación. La válvula reversible por medio del vástago que está acoplado a un extremo del pistón principal, el cual desplazado, activa el micro interruptor que está en contacto con el vástago, cortando la corriente y deteniendo el motor de la bomba.

Cuando el contador eléctrico de tiempo enciende nuevamente el motor de la bomba, la secuencia descrita anteriormente descrita se repite exactamente, sólo que con al otra línea de suministro, las válvulas de medición regresan a u posición original.

Si la presión para lograr que las válvulas de medición funcionen no es suficiente, esta puede ser incrementada por el tornillo ajustador de presión de la válvula reversible o por el tornillo ajustador de la válvula de alivio

Recorrido del flujo de lubricante: Este pasa del depósito a la bomba, ésta crea un flujo y lo va presurizando, este flujo pasa a la válvula de alivio en donde gran parte del lubricante pasa a la válvula reversible y, un pequeño volumen regresa al depósito de lubricante por el retorno, esto según esté graduada esta válvula; de la válvula

reversible sale el flujo hacia las líneas principales del suministro y, de allí, sigue por las distintas ramas o desviaciones hasta llegar a las válvulas de medición de donde sale hacia los puntos de lubricación.

El flujo de las líneas de retorno llega a la válvula reversible por los puertos de retorno y, ésta, dirige el flujo hacia el reservorio

2.2 Características de los Productos Lubricantes utilizados

Características del producto actual: Actualmente el ingenio azucarero para su Tandem de molienda en la lubricación de los cojinetes (bronces) de las masas se encuentra utilizando un aceite con base asfáltica llamado Mobil SM 4. A continuación presentamos una descripción técnica del producto "6".

Descripción del Producto

La Serie Mobil SM son aceites muy viscosos, diseñados para la lubricación a bajas velocidades, para engranajes y cojinetes que soporten cargas pesadas en molinos de azúcar. Ellos incorporan aditivos de extrema presión para la protección de los dientes del engranaje y superficies de metal sujeta a grandes a presiones y cargas de choque. Forman una película lubricante tenaz y resistente

al lavado por agua o jugo de la caña (guarapo) y ofrece una gran resistencia a la oxidación y corrosión.

Aplicación

Se los recomienda para la lubricación de engranajes y cojinetes que operan bajo cargas severas y expuestos al lavado por agua o jugo de la caña (guarapo). Son recomendables para el uso en los engranajes y cojinetes de las masas de los molinos, así como las cadenas y dientes de los elevadores y transportadores de tornillo.

Pueden ser aplicados a través de lubricadores mecánicos, de alimentación forzada o por sistemas automáticos de lubricación.

Beneficios

- Presiones de molienda más altas y velocidades del molino debido a propiedades de extrema presión (EP) superiores que llevan a una mayor eficacia del equipo.
- Significativa reducción del desgaste y temperaturas de engranajes y cojinetes.
- Consumo del lubricante reducido debido a la resistencia para el lavado y al derrame.

- Costos de mantenimiento más bajos debido a la excelente propiedad antidesgaste y protección contra el óxido y corrosión.
- Largos periodos de producción continua.

Propiedades Típicas

Las propiedades del aceite asfáltico Mobil SM 4, se las presenta en la Tabla 1.

Salud y Seguridad

Basado en información toxicológica disponible, estos productos no producen efectos adversos a la salud cuando son manejados apropiadamente. Ninguna precaución especial se sugiere más allá de la atención a la buena higiene personal.

La salud adicional e información de seguridad sobre estos productos, están disponibles en el Boletín de Datos de Seguridad de Material de ExxonMobil.

TABLA 1
PROPIEDADES TÍPICAS DEL MOBIL SM4

Mobil SM	No. 4	No. 6
Número del producto	972361	972610
Densidad @ 15°C, kg/l,	0.950	0.960
Color	Negro	Negro
Punto de Inflamación, °C,	250	270
Viscosidad, cSt @ 40 °C	3500	6500
Viscosidad, cSt @ 100 °C	80	130
Carga de Timken OK , lb	40	50

Características del producto recomendado

El producto que se está recomendado para el mejoramiento del sistema de lubricación de los cojinetes (bronces) de las masas de molienda en los Tándems de trituración del ingenio azucarero es la grasa semifluida grado NLGI 00 Esso Gear Cover 40. A continuación se presenta una descripción técnica del producto (6):

Descripción del Producto

Esso Gear Cover 40 contiene en su formulación una base de alta viscosidad, sin asfalto, de litio, más un paquete de aditivo de extrema presión (EP). La combinación de grafito y bisulfuro de molibdeno (moly) es lo que le da a este producto su gran capacidad de soportar cargas.

Tiene excelentes propiedades adhesivas resistentes a desprenderse y escurrirse, reduciendo por lo tanto el consumo de lubricante y los problemas de limpieza. Ha sido formulado especialmente para la protección de equipos contra la herrumbre y la corrosión. Excepcional resistencia al ser lavado por agua.

Puede absorber cantidades moderadas de agua con muy pocos o ningún cambio en sus características.

Se puede aplicar manual o través de sistemas centralizados.

Aplicación

Esso Gear Cover 40 es la más moderna grasa sin asfalto, para la lubricación de engranajes abiertos y chumaceras (cojinetes planos). Se recomienda su uso industrial, minero y de maquinaria de construcción, Ingenios azucareros, trituradoras, pulverizadoras, molinos de rodamiento, hornos, palas mecánicas, cojinetes de bancada, engranajes abiertos y equipos similares. Se ha aplicado con éxito en las chumaceras (cojinetes planos) de molinos de caña de azúcar, engranajes abiertos y cables.

Presenta ventajas superiores en cuanto a los residuos tomados por los lubricantes de base asfáltica.

Esta grasa reduce al mínimo residuos de lubricante en los dientes en los dientes del engranaje, sus raíces y los canales de lubricación de chumaceras (cojinetes). Esto ofrece una mayor economía de mantenimiento a través de una limpieza más fácil.

Tiene una fluidez excelente y se puede usar sin peligro en sistemas de lubricación centralizada.

Su película lubricante tenaz se adhiere a la superficie de los metales, reduciendo así el consumo del producto y manteniendo una operación limpia y eficaz.

Beneficios

- Película de lubricante extremadamente tenaz con alta adhesividad.
- Gran capacidad de soportar cargas pesadas.
- Su base carente de asfalto permite una limpieza fácil.
- Máxima protección contra herrumbre y corrosión.
- Resistente al ser lavado por agua
- Menor consumo de lubricante.
- Fluidez excelente en los sistemas de lubricación centralizada (Farval, Lincoln, etc).

Propiedades Típicas

Los valores demostrados en la Tabla 2 representan la producción actual.

Algunos son controlados por especificaciones de fabricación mientras que otros no todos pueden variar ligeramente.

TABLA 2
PROPIEDADES TIPICAS DE LA ESSO GEAR COVER 40

Esso Gear Cover 40	
Tipo de Jabón	Litio
Apariencia	Suave, gris oscura
Grado NLGI	0
Penetración, 60 golpes, 70 °F	360 - 380
Viscosidad del aceite base	
cSt @ 40°C	1000
cSt @ 100°C	60
Carga de Timken OK Carga, lb	60
Prueba EP cuatro esferas ASTM D 2596	
Sin Rayado, Kg	126
Punto de Soldadura, Kg	500
Indice de Desgaste de Carga, Kg	96
Punto de Goteo, °C,	+ 175

Precauciones

Se ha demostrado que muchos hidrocarburos de petróleo de pueden arriesgar la salud humana. La exposición a líquidos y vapores de productos de petróleo debe mantenerse a un mínimo. Los aceites y grasas deben ser removidos de la piel lavándolas con agua y jabón.

Más información acerca de este lubricante y temas de salud y seguridad están incluidos en el Boletín de Datos de Seguridad del Material.

2.3 Ensayos Dinámicos del Sistema y Evaluación

Consideraciones Generales: Debido a las nuevas normas y regulaciones de protección medio ambientales, se ha vuelto imprescindible el reemplazo de los lubricantes asfálticos por productos que mejoren las habituales condiciones de lubricación, protegiendo los equipos y disminuyendo los consumos.

Las actuales condiciones de molienda que persiguen volver más eficiente el proceso de extracción de azúcar, demandan el desarrollo de nuevos lubricantes capaces de superar dichas condiciones tan exigentes.

Debido a esto ExxonMobil desarrolló un lubricante capaz de reemplazar satisfactoriamente a los aceites asfálticos, el producto se denomina comercialmente Esso Gear Cover 40, mismo que ha sido probado a satisfacción de ingenios azucareros en Centroamérica y en Colombia.

Descripción del Procedimiento a seguir: Por ser esta una prueba que se realizaba por vez primera en la agroindustria azucarera del Ecuador, los pasos seguidos en la implementación del producto son basados en experiencias obtenidas en otros países, donde se ha aplicado el producto Esso Gear Cover 40 de manera satisfactoria, adaptando estas a la realidad de nuestra industria y teniendo en cuenta que las implementaciones y toma de decisiones que se van a tomar son del tipo “prueba y error”.

Como primer paso se debe determinar el consumo del lubricante que se estaba utilizando (Mobil SM 4) y las temperaturas de operación de los cojinetes de las masas de los molinos (Línea Base), las aberturas originales de las válvulas dosificadoras y el ciclo actual de lubricación.

Una vez obtenidos estos datos, se realiza el cambio del lubricante asfáltico Mobil SM 4 por la grasa semifluida recomendada Esso Gear Cover 40 y se comienza muestrear los nuevos datos de temperatura y a variar las aberturas de las válvulas dosificadoras.

No se procedió a variar el ciclo de lubricación debido a que el timer (equipo que determina el ciclo de lubricación) con que trabajaba el ingenio azucarero es antiguo y no se encontraba en condiciones óptimas de operación, por lo que el manipuleo de este resultaba riesgoso para la operación normal del tándem de molinos.

Consumo del lubricante Asfáltico SM 4 en los Bronces: Como no se tenían datos exactos de los consumos de lubricantes, y para poder determinar los mismos se decidió controlar el nivel del reservorio mediante el vástago indicador de nivel la cual se encuentra debidamente graduada.

Para obtener el consumo base, durante la última semana de uso del lubricante asfáltico SM 4 en el primer turno de los lubricadores de los molinos (en época de zafra se trabaja 24 horas al día en tres turnos) y antes de realizar la reposición diaria del lubricante se procedía a medir cuanto ha disminuido el vástago indicador.

Por mediciones anteriores realizadas por personal del ingenio, habían obtenido que el volumen que hay entre las marcas del vástago es de 5 galones.

A continuación se presentan los datos obtenidos:

	Consumo (Gls)
Toma 1	10
Toma 2	11
Toma 3	12
Toma 4	9
Toma 5	10
Promedio	10.4

Consumo promedio = 10.4 galones/día

Temperaturas de operación de los Bronces de los Molinos usando el lubricante asfáltico SM 4: Para tomar los datos de temperatura se utiliza una pistola (pirómetro) con mirilla láser, que tenía la cualidad de registrar la temperatura más alta detectada en las chumaceras y, así tener datos más confiables.

Se utilizaron las dos últimas semanas antes de hacer el cambio de lubricante para tomar los datos de temperaturas de operación en condiciones normales en cada una de las mazas (Superior, Cañera, Bagacera) que conforman cada molino (6 en total) del tándem A con el producto que se venía utilizando (Mobil SM 4), con el objeto de poder determinar la línea base de operación.

Las tomas de las temperaturas de operación del Mobil SM4 en las chumaceras de los 6 molinos fueron realizadas cada hora, se realizó un promedio de 6 tomas al día.

Con estos resultados, se logra obtener la línea base de temperaturas de operación del Tandem A utilizando el aceite asfáltico Mobil SM 4.

En el apéndice 1 se encuentran los datos obtenidos al monitorear las temperaturas de las chumaceras durante 2 semanas.

En la tabla 3 se aprecia los valores de la línea base del SM 4.

TABLA 3
LINEA BASE DE TEMPERATURAS TANDEM A UTILIZANDO
MOBIL SM 4

TEMPERATURAS (°C) TANDEM A (MOBIL SM 4)						
MOLINO	CAÑERA		BAGACERA		SUPERIOR	
No.	L. Bomba	L. Turbina	L. Bomba	L. Turbina	L. Bomba	L. Turbina
1	29,0	30,7	48,7	42,2	33,8	32,2
2	30,0	28,9	31,8	29,0	32,0	32,6
3	29,6	29,2	33,3	35,1	33,0	31,4
4	34,9	30,8	35,1	30,5	35,9	36,4
5	40,0	38,3	54,4	46,1	46,3	32,6
6	36,3	41,1	54,0	52,0	49,5	49,6

Ciclo de Lubricación: Este ciclo se lo determinó al hacer varias mediciones del tiempo de parada y de bombeo del sistema. Esto se lo tuvo que realizar debido a que no contaban con datos actuales del ciclo de lubricación del sistema y además el contador eléctrico (timer) que usa el Tandem A se encuentra obsoleto y se dificulta su manipuleo.

A continuación se detalla el ciclo de lubricación promedio del sistema

Bombeo Promedio Línea 1: 2 minutos 9 segundos

Bombeo Promedio Línea 2: 2 minutos 4 segundos

Ciclo de Lubricación: 4 minutos 13 segundos

Parada: 10 minutos 53 segundos

Condiciones Iniciales de las válvulas de medición: Primero pasamos a identificar los modelos de válvulas con que se contaba en el Tandem A, estas son del tipo DM62 y DM61.

En la tabla 4 se aprecia la capacidad de ajuste de las válvulas dependiendo del modelo de la misma y en la tabla 5 se observa el ajuste del volumen de descarga del lubricante.

TABLA 4
CAPACIDAD DE AJUSTE DE LAS VÁLVULAS

Modelos Válvulas	Capacidad de ajuste de válvula en pulgadas				
	Máximo	3/4	1/2	1/4	Minimo
DD2X	1/4	27/64	19/32	49/64	7/8
DD5X	3/8	49/64	1 1/8	1 31/32	1 1/2
DM3X	3/8	35/64	23/32	57/64	15/16
DM4X	3/8	39/64	27/32	1 1/16	1 1/16
DM5X	3/8	47/64	1 3/32	1 29/64	1 1/2
DM6X	1/2	13/16	1 1/8	1 7/16	1 15/32

TABLA 5.
AJUSTE DEL VOLUMEN DE DESCARGA DE LUBRICANTE DE
LAS VAVULAS DE MEDICION

MODELOS DE VALVULAS	Descarga de Lubricante por pistón				Cambio de descarga por revolución del tornillo ajustador		Rango del número de revoluciones del tornillo ajustador	Rango Total de ajuste en pulgadas
	pulgadas cúbicas		onzas fluidas		in ³	fl oz		
	mín	máx	mín	máx				
DD2X	0,006	0,036	0,003	0,020	0,0024	0,0013	17,50	0,450
DD5X	0,011	0,289	0,006	0,160	0,0114	0,0063	25,20	1,210
DM3X	0,012	0,072	0,007	0,040	0,0052	0,0029	11,25	0,563
DM4X	0,036	0,135	0,020	0,075	0,0072	0,0040	13,75	0,688
DM5X	0,075	0,306	0,042	0,170	0,0103	0,0057	22,50	1,125
DM6X	0,180	0,800	0,100	0,443	0,0330	0,0194	17,40	0,969

Para una mejor interpretación y utilización de las tablas 5 y 6 se aprecia en la figura 2.7 los componentes que forman la válvula dosificadora.

Con la utilización de un calibrador Vernier se procedió a medir el ajuste de cada válvula del Tandem; las mediciones se hacen desde la parte superior del prensaestopas hasta el tornillo de ajuste.

En la tabla 6 se aprecian los porcentajes de ajuste de acuerdo al modelo de válvula con que se cuenta en el trapiche.

El porcentaje se da entre la diferencia del valor de cada punto con la máxima capacidad dividido la diferencia entre el mínimo y el máximo de la capacidad de la válvula reguladora.

En la tabla 7 se aprecia los porcentajes y medidas de las capacidades de ajuste con que contaban las válvulas reguladoras al momento de utilizar el lubricante asfáltico SM 4.

Variación de las condiciones de inyección de las válvulas de medición: Por averiguaciones y recomendaciones efectuadas en algunos ingenios de otros países donde ya se ha implementado el

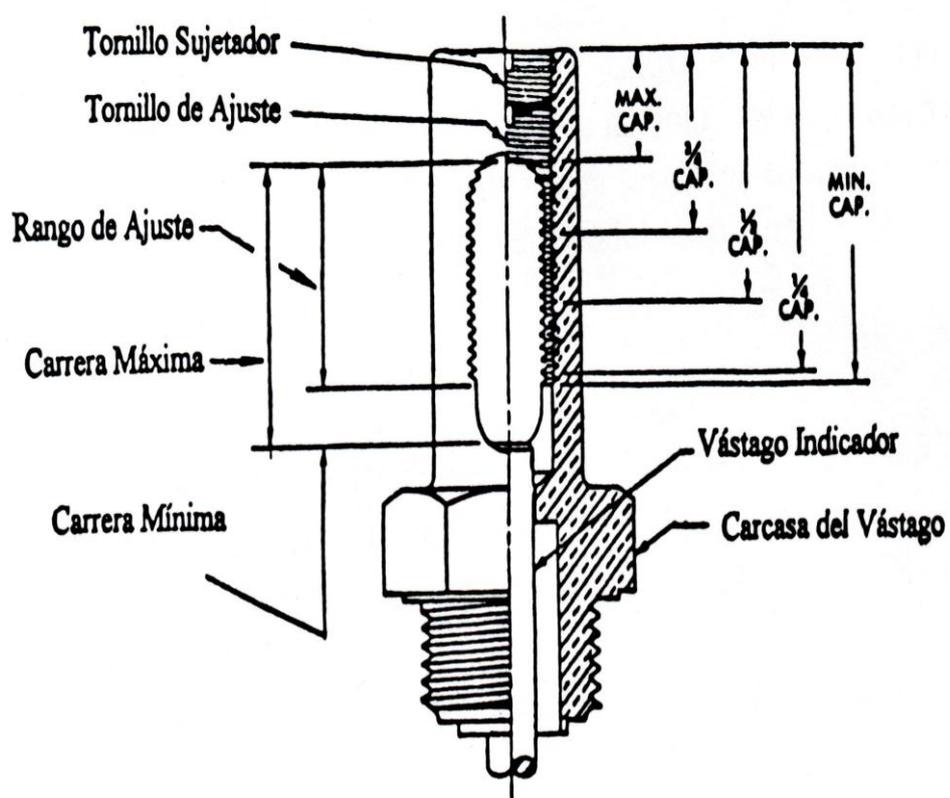


FIGURA 2.7 AJUSTE DEL VOLUMEN DE DESCARGA DE LA
VÁLVULA

TABLA 6
PORCENTAJES DE CAPACIDAD DE AJUSTE DE LA VÁLVULA
DM 6X

0%	32%	48%	65%	81%	97%	100%	Porcentaje
Máx	3/4	5/8	1/2	3/8	1/4	Mín	
1/2	13/16	31/32	1 1/8	1 9/32	1 7/16	1 15/32	

TABLA 7.
CAPACIDADES DE AJUSTE DE LAS VÁLVULAS REGULADORAS
UTILIZANDO MOBIL SM 4. TANDEM A

MOLINO No.1				
LADO	CAÑERA	SUPERIOR	BAGACERA	TIPO DE VALVULA
TURBINA	7/8	31/32	13/16	DM 61 Y DM 62
Capacidad	+3/4	5/8	3/4	
%	39%	48%	32%	
BOMBA	13/16	31/32	13/16	DM 61 Y DM 62
Capacidad	3/4	5/8	3/4	
%	32%	48%	32%	
MOLINO No. 2				
LADO	CAÑERA	SUPERIOR	BAGACERA	TIPO DE VALVULA
TURBINA	15/16	13/16	1 1/16	DM 61 Y DM 62
Capacidad	-5/8	3/4	-1/2	
%	45%	32%	58%	
BOMBA	1 1/16	15/16	1 1/16	DM 61 Y DM 62
Capacidad	-1/2	-5/8	-1/2	
%	58%	45%	58%	
MOLINO No. 3				
LADO	CAÑERA	SUPERIOR	BAGACERA	TIPO DE VALVULA
TURBINA	31/32	7/8	15/16	DM 61 Y DM 62
Capacidad	5/8	+3/4	-5/8	
%	48%	39%	45%	
BOMBA	1 1/16	1 1/16	1	DM 61 Y DM 62
Capacidad	-1/2	-1/2	+5/8	
%	58%	58%	52%	
MOLINO No. 4				
LADO	CAÑERA	SUPERIOR	BAGACERA	TIPO DE VALVULA
TURBINA	13/16	3/4	13/16	DM 61 Y DM 62
Capacidad	3/4	-3/4	3/4	
%	32%	26%	32%	
BOMBA	1 1/16	1	1 5/32	DM 61 Y DM 62
Capacidad	-1/2	+5/8	+1/2	
%	58%	52%	68%	
MOLINO No. 5				
LADO	CAÑERA	SUPERIOR	BAGACERA	TIPO DE VALVULA
TURBINA	1 3/32	1/2	15/16	DM 61 Y DM 62
Capacidad	- 1/2	Máx	-5/8	
%	61%	0%	45%	
BOMBA	1/2	1/2	15/16	DM 61 Y DM 62
Capacidad	Máx	Máx	-5/8	
%	0%	0%	45%	
MOLINO No. 6				
LADO	CAÑERA	SUPERIOR	BAGACERA	TIPO DE VALVULA
TURBINA	13/16	7/8	13/16	DM 61 Y DM 62
Capacidad	3/4	+3/4	3/4	
%	32%	39%	32%	
BOMBA	13/16	27/32	13/16	DM 61 Y DM 62
Capacidad	3/4	+ 3/4	3/4	
%	32%	35%	32%	

Uso de la grasa semifluida Esso Gear Cover 40, el delta de temperatura promedio obtenido es de 5° C por una reducción en la carrera del inyector del entre 15 y 20 %.

El volumen máximo en pulgadas cúbicas desplazado por carrera de pistón / vástago / inyector es de 0.8 pulg³. y el volumen mínimo es de 0.18 pulg³ para las válvulas DM6X.

De la tabla 6 podemos calcular que en las válvulas DM6X: Cada vuelta equivale a 0.0557 pulgadas menos de carrera del inyector o al 5.75% de reducción.

Típicamente las chumaceras de las masas superiores son las que requieren mayor apertura, en especial en el primer y último molino, en un rango de apertura del 60 al 80 %.

En las chumaceras de las masas cañeras y bagaceras el rango de apertura normal es del 40 al 60 % y en las chumaceras de las cuartas masas se considera normal una apertura del 20 al 50 % (7). Pero hay que tomar siempre en cuenta el perfil de temperatura de cada chumacera.

Presentación de los datos obtenidos

Después del monitoreo de temperaturas y la variación de los ajustes de las válvulas dosificadoras durante aproximadamente tres semanas, en la tabla 8 podemos apreciar los valores de temperaturas con que se finalizó la prueba en el ingenio azucarero. En la tabla 9 se puede apreciar las regulaciones de las capacidades de ajuste de las válvulas reguladoras con que se finalizó la prueba.

Consumo final de la grasa Esso Gear Cover 40 en los Bronces

Después de la última reducción de las válvulas de medición, se tomaron los datos finales de los niveles del reservorio mediante el vástago indicador de nivel para obtener nuestro consumo final de las grasas semifluidas Esso Gear Cover 40. A continuación se muestran los resultados obtenidos

	Consumo (Gls)
Toma 1	3.5
Toma 2	3
Toma 3	2.5
Toma 4	3
Promedio	3

Consumo promedio = 3 galones/día

TABLA 8.
LINEA BASE DE TEMPERATURAS TANDEM A UTILIZANDO
ESSO GEAR COVER 40

TEMPERATURAS (°C) TANDEM A (ESSO GEAR COVER 40)						
MOLINO	CAÑERA		BAGACERA		SUPERIOR	
	L. Bomba	L. Turbina	L. Bomba	L. Turbina	L. Bomba	L. Turbina
1	27,9	27,5	31,8	35,3	27,4	27,6
2	28,9	29,1	31,2	28,6	31,1	29,3
3	31,0	30,2	32,3	30,6	32,4	31,2
4	32,9	33,6	35,9	34,7	32,5	31,1
5	38,6	43,5	39,5	35,8	49,5	31,7
6	38,2	39,3	43,5	38,4	47,9	40,2

TABLA 9.
CAPACIDADES DE AJUSTE DE LAS VÁLVULAS REGULADORAS UTILIZANDO ESSO GEAR
COVER 40. TANDEM A

MOLINO No.1				
LADO	CAÑERA	SUPERIOR	BAGACERA	TIPO DE VALVULA
TURBINA	1	1 3/16	1 1/8	DM 61 Y DM 62
Capacidad	+ 5/8	+ 1/2	1/2	
%	52%	71%	65%	
BOMBA	1 1/16	1 3/16	1 1/8	DM 61 Y DM 62
Capacidad	+ 5/8	+ 1/2	1/2	
%	58%	71%	65%	
MOLINO No. 2				
LADO	CAÑERA	SUPERIOR	BAGACERA	TIPO DE VALVULA
TURBINA	1 3/32	1 3/32	1 3/16	DM 61 Y DM 62
Capacidad	- 1/2	- 1/2	+ 1/2	
%	61%	61%	71%	
BOMBA	1 5/16	1 5/32	1 3/16	DM 61 Y DM 62
Capacidad	+ 1/2	+ 1/2	+ 1/2	
%	84%	68%	71%	
MOLINO No. 3				
LADO	CAÑERA	SUPERIOR	BAGACERA	TIPO DE VALVULA
TURBINA	1 3/32	1 5/32	1 3/32	DM 61 Y DM 62
Capacidad	- 1/2	+ 3/8	- 1/2	
%	61%	68%	61%	
BOMBA	1 7/32	1 7/32	1 3/16	DM 61 Y DM 62
Capacidad	- 3/8	- 3/8	+ 1/2	
%	74%	74%	71%	
MOLINO No. 4				
LADO	CAÑERA	SUPERIOR	BAGACERA	TIPO DE VALVULA
TURBINA	1 1/16	15/16	1 1/16	DM 61 Y DM 62
Capacidad	+ 5/8	- 5/8	+ 5/8	
%	58%	45%	58%	
BOMBA	1 7/32	1 5/32	1 3/8	DM 61 Y DM 62
Capacidad	- 3/8	+ 1/2	+ 1/2	
%	74%	68%	90%	
MOLINO No. 5				
LADO	CAÑERA	SUPERIOR	BAGACERA	TIPO DE VALVULA
TURBINA	1 3/32	13/6	1 5/32	DM 61 Y DM 62
Capacidad	- 1/2	3/4	+ 3/8	
%	61%	32%	68%	
BOMBA	19/32	1/2	1 5/32	DM 61 Y DM 62
Capacidad	+ Máx	Máx	+ 3/8	
%	10%	0%	68%	
MOLINO No. 6				
LADO	CAÑERA	SUPERIOR	BAGACERA	TIPO DE VALVULA
TURBINA	31/32	15/16	31/32	DM 61 Y DM 62
Capacidad	5/8	-5/8	5/8	
%	48%	45%	48%	
BOMBA	7/8	27/32	1 1/32	DM 61 Y DM 62
Capacidad	+ 3/4	+ 3/4	+ 5/8	
%	39%	35%	55%	

CAPITULO 3

3. ANALISIS DE RESULTADOS

3.1 Comparaciones de las temperaturas de operación

Para definir la temperatura máxima de operación sugerida en los cojinetes de las masas existen muchos criterios, pues todo es relativo a las condiciones particulares de operación de cada ingenio en particular (7).

La recomendación del ingenio es no exceder la barrera de 45 a 50 °C.

A partir de esto se comparan las temperaturas de operación de la Esso Gear Cover 40 con que se finalizó la prueba con las aberturas finales obtenidas para establecer donde es posible seguir reduciendo la carrera de los inyectores. Ver Tabla 10,11,12,13,14,15.

TABLA 10

**TABLA DE COMPARACIONES DE TEMPERATURA PARA
REALIZAR AJUSTES EN LAS VALVULAS. MOLINO 1**

Molino	Masas	Temp. Actual	% de Ajuste	Reducción Planteada
1	Superior - LT	27.6	71%	10%
	Superior - LB	27.4	71%	10%
	Bagacera - LT	35.3	65%	10%
	Bagacera - LB	31.8	65%	10%
	Cañera - LT	27.9	52%	20%
	Cañera - LB	27.5	58%	15%

TABLA 11

**TABLA DE COMPARACIONES DE TEMPERATURA PARA
REALIZAR AJUSTES EN LAS VALVULAS. MOLINO 2**

Molino	Masas	Temp. Actual	% de Ajuste	Reducción Planteada
2	Superior - LT	29.3	61%	20%
	Superior - LB	31.1	68%	15%
	Bagacera - LT	28.6	48%	10%
	Bagacera - LB	31.2	55%	10%
	Cañera - LT	29.1	61%	15%
	Cañera - LB	28.9	84%	--

TABLA 12

**TABLA DE COMPARACIONES DE TEMPERATURA PARA
REALIZAR AJUSTES EN LAS VALVULAS. MOLINO 3**

Molino	Masas	Temp. Actual	% de Ajuste	Reducción Planteada
3	Superior - LT	31.2	68%	15%
	Superior - LB	32.4	74%	10%
	Bagacera - LT	30.6	61%	20%
	Bagacera - LB	32.3	71%	10%
	Cañera - LT	30.2	61%	20%
	Cañera - LB	31	74%	10%

TABLA 13

**TABLA DE COMPARACIONES DE TEMPERATURA PARA
REALIZAR AJUSTES EN LAS VALVULAS. MOLINO 4**

Molino	Masas	Temp. Actual	% de Ajuste	Reducción Planteada
4	Superior - LT	31.1	45%	15%
	Superior - LB	32.5	68%	10%
	Bagacera - LT	34.7	58%	20%
	Bagacera - LB	35.9	90%	--
	Cañera - LT	33.6	58%	20%
	Cañera - LB	32.9	74%	10%

TABLA 14

TABLA DE COMPARACIONES DE TEMPERATURA PARA REALIZAR AJUSTES EN LAS VALVULAS. MOLINO 5

Molino	Masas	Temp. Actual	% de Ajuste	Reducción Planteada
5	Superior - LT	31.7	32%	20%
	Superior - LB	49.5	0%	No aconsejable
	Bagacera - LT	35.8	68%	15%
	Bagacera - LB	39.5	68%	No aconsejable
	Cañera - LT	43.5	61%	No aconsejable
	Cañera - LB	38.6	10%	No aconsejable

TABLA 15

TABLA DE COMPARACIONES DE TEMPERATURA PARA REALIZAR AJUSTES EN LAS VALVULAS. MOLINO 6

Molino	Masas	Temp. Actual	% de Ajuste	Reducción Planteada
6	Superior - LT	40.2	45%	No aconsejable
	Superior - LB	47.9	35%	No aconsejable
	Bagacera - LT	38.4	68%	No aconsejable
	Bagacera - LB	43.5	68%	No aconsejable
	Cañera - LT	48.3	48%	No aconsejable
	Cañera - LB	38.2	39%	No aconsejable

3.2 Comparativo del consumo de grasa y del lubricante asfáltico

Primero analizamos cual sería el consumo estimado para toda la zafra del lubricante asfáltico. La época de zafra dura entre mayo y diciembre de cada año (aproximadamente 180 días).

Del capítulo 2.3 se obtuvo que el consumo promedio del lubricante asfáltico es de 10.4 galones/día

CONSUMO ZAFRA (SM 4) = $10.4 \times 180 = 1872$ galones

Cada tanque de asfáltico equivale a 55 galones, por lo que el consumo promedio en la zafra es de 34 tanques

Realizamos el mismo análisis para el consumo estimado de la grasa semifluida Esso Gear Cover 40 para la zafra. Del capítulo 2.3 obtenemos que el promedio diario de consumo es de 3 galones/día

CONSUMO ZAFRA (GEAR COVER 40) = $3 \times 180 = 540$ galones

Cada tanque de grasa equivale a 55 galones, por lo que el consumo promedio en la zafra es de 9.8 tanques.

$$\text{Reduccion de consumo} \approx \frac{\text{Consumo Asfáltico}}{\text{Consumo Grasa}}$$

$$\text{Reduccion de consumo} \approx \frac{1872}{540}$$

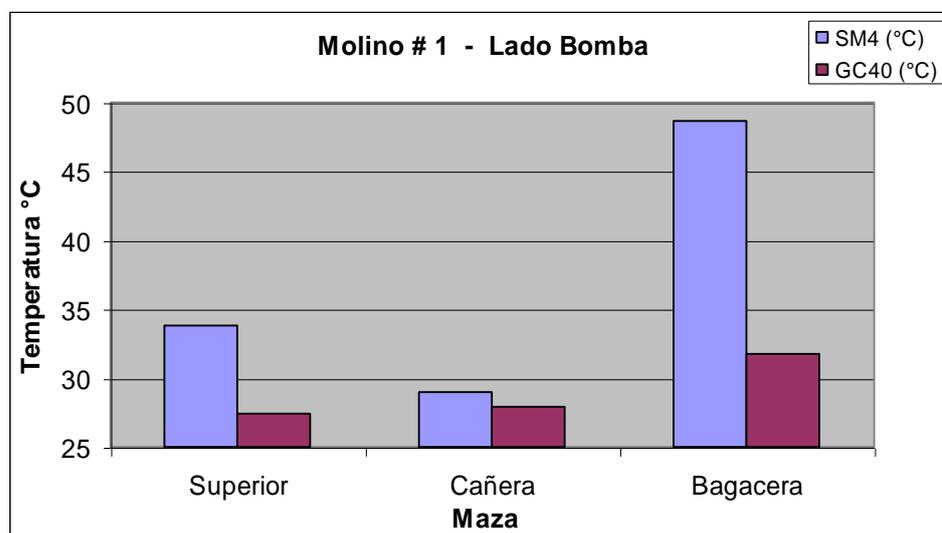
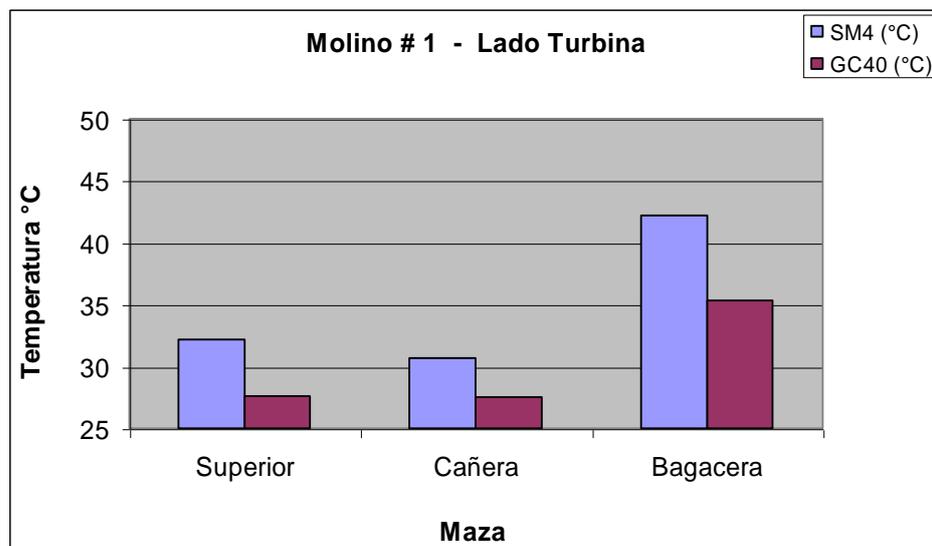
$$\text{Reduccion de consumo} \approx 3.47 \text{ veces}$$

Porcentualmente con el uso de la grasa semifluida se logró una **reducción del 71.15 %** con respecto al consumo del producto asfáltico.

3.3 Comparativo gráfico de las temperaturas de las masas de los molinos

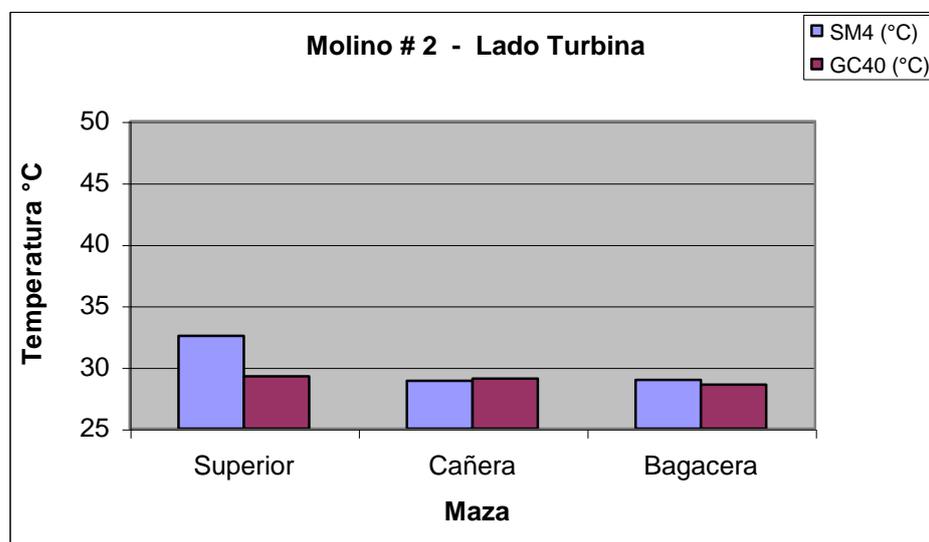
MOLINO 1

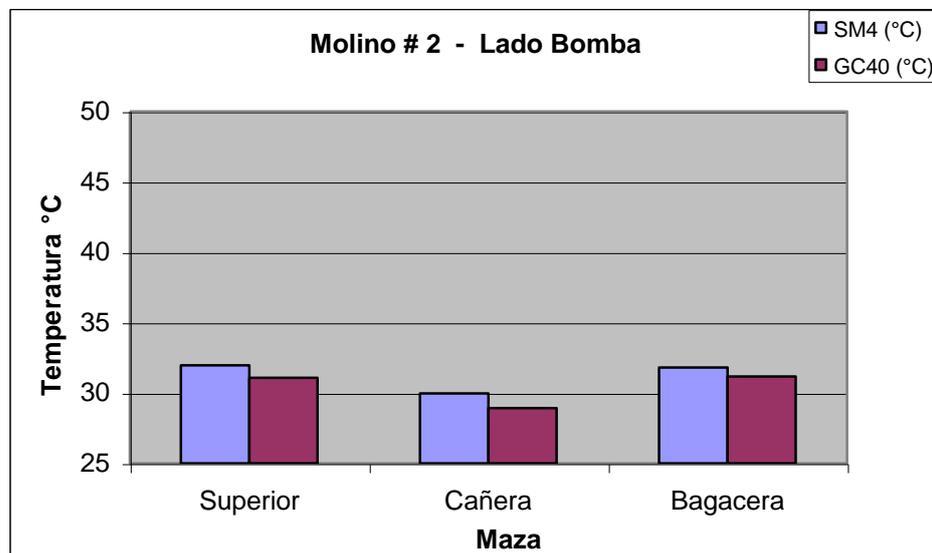
	L. Turbina		L. Bomba	
	SM4 (°C)	GC40 (°C)	SM4 (°C)	GC40 (°C)
Superior	32,17	27,60	33,79	27,42
Cañera	30,66	27,50	29,00	27,92
Bagacera	42,16	35,33	48,65	31,75



MOLINO 2

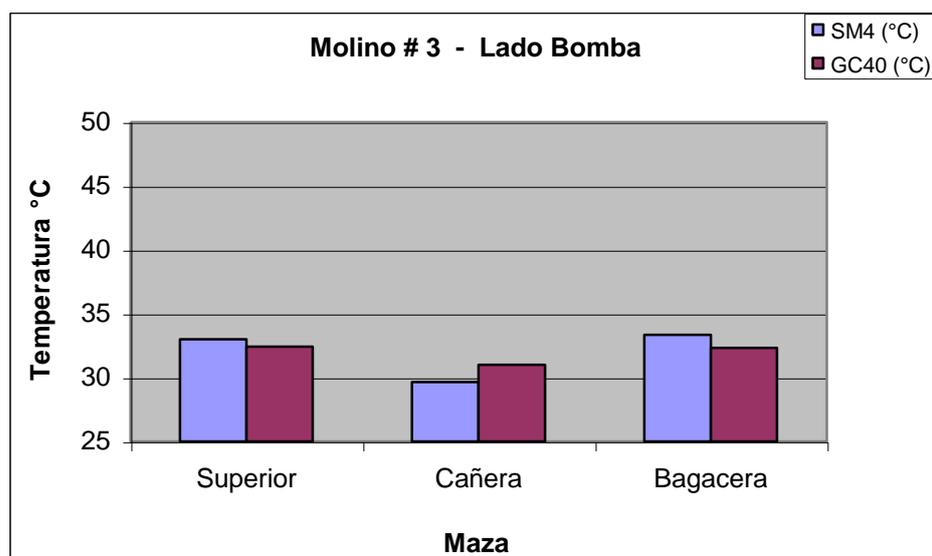
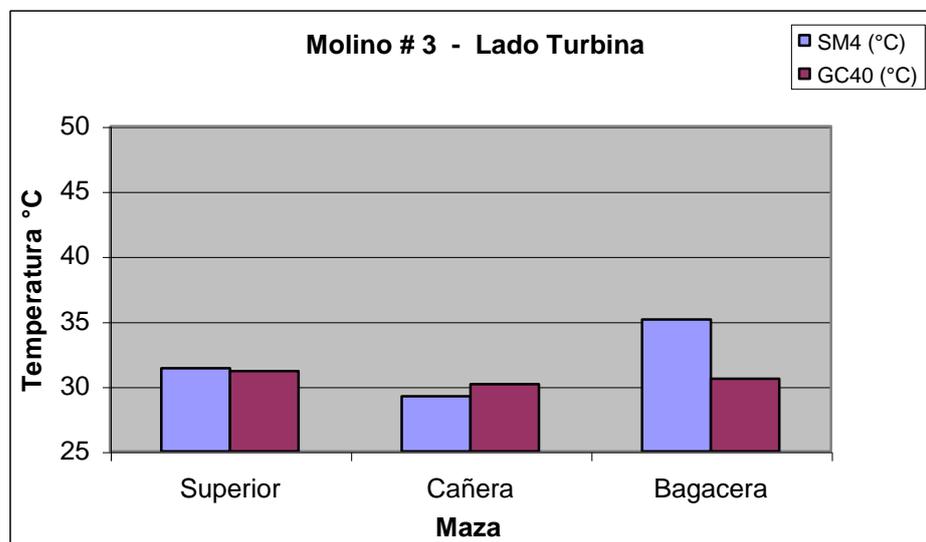
	L. Turbina		L. Bomba	
	SM4 (°C)	GC40 (°C)	SM4 (°C)	GC40 (°C)
Superior	32.56	29.25	31.96	31.08
Cañera	28.88	29.08	29.96	28.92
Bagacera	28.97	28.58	31.80	31.17





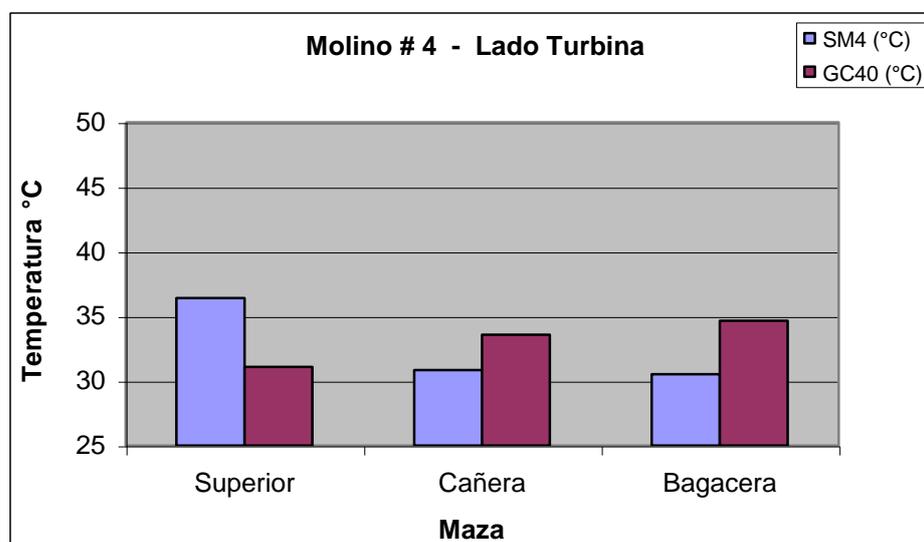
MOLINO 3

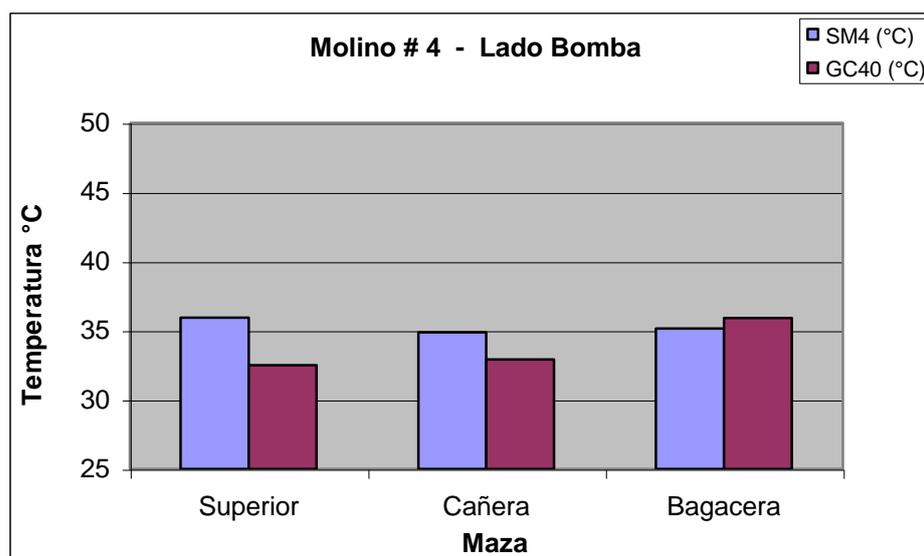
	L. Turbina		L. Bomba	
	SM4 (°C)	GC40 (°C)	SM4 (°C)	GC40 (°C)
Superior	31.39	31.17	32.99	32.42
Cañera	29.23	30.17	29.65	31.00
Bagacera	35.14	30.58	33.34	32.33



MOLINO 4

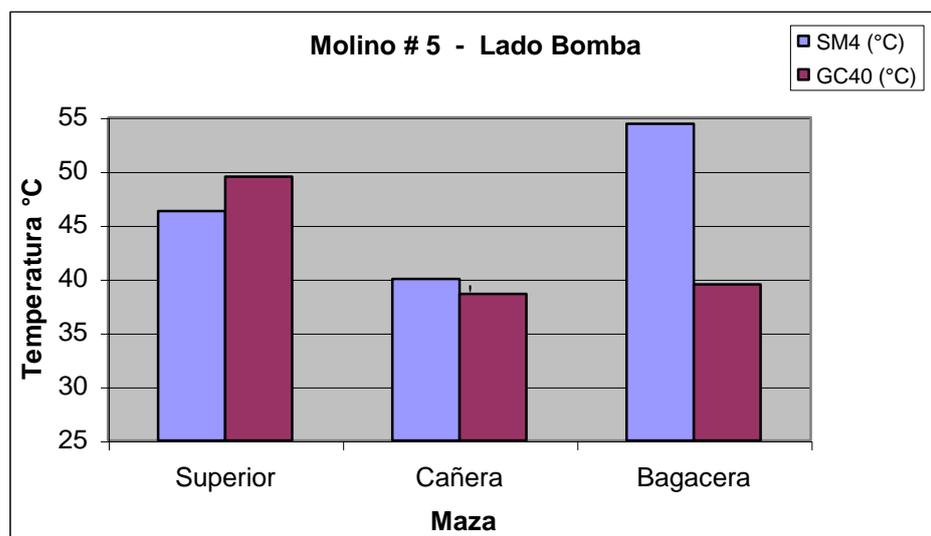
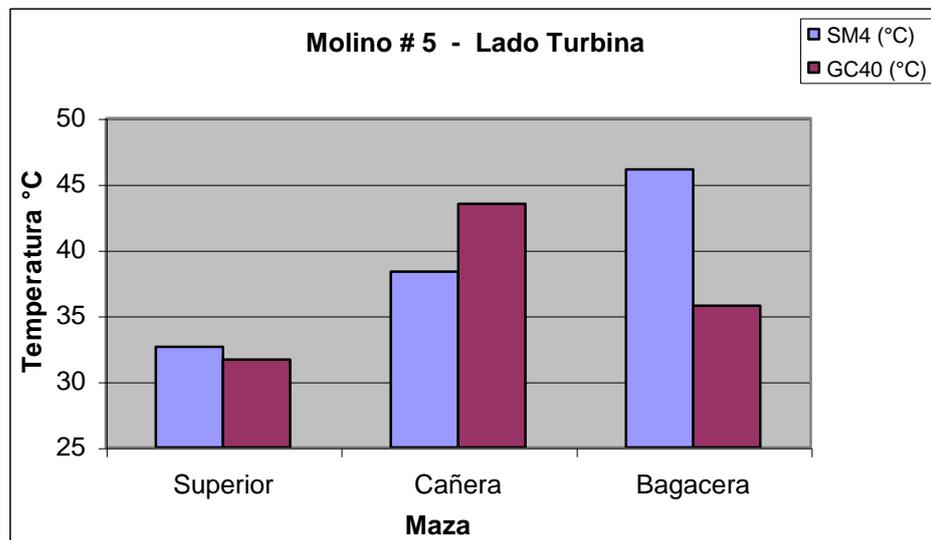
	L. Turbina		L. Bomba	
	SM4 (°C)	GC40 (°C)	SM4 (°C)	GC40 (°C)
Superior	36.40	31.08	35.93	32.50
Cañera	30.84	33.58	34.88	32.92
Bagacera	30.52	34.67	35.15	35.92





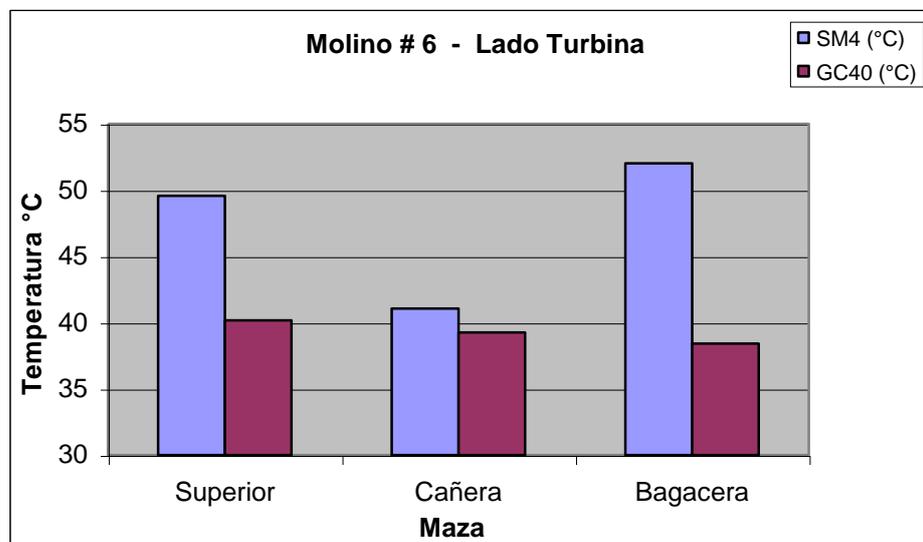
MOLINO 5

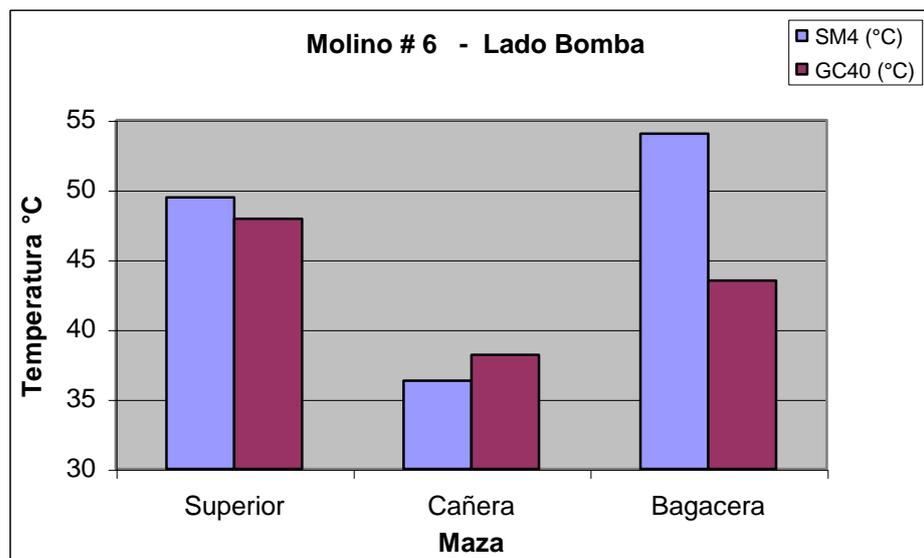
	L. Turbina		L. Bomba	
	SM4 (°C)	GC40 (°C)	SM4 (°C)	GC40 (°C)
Superior	32.64	31.67	46.29	49.50
Cañera	38.34	43.50	40.01	38.60
Bagacera	46.10	35.75	54.41	39.50



MOLINO 6

	L. Turbina		L. Bomba	
	SM4 (°C)	GC40 (°C)	SM4 (°C)	GC40 (°C)
Superior	49.56	40.17	49.46	47.92
Cañera	41.06	39.25	36.33	38.17
Bagacera	52.03	38.42	54.01	43.50





3.4 Comparación de ambos lubricantes

Como se ha demostrado en capítulos precedentes, existe una diferencia significativa en la utilización y el consumo de ambos lubricantes, si se desea mejores resultados con aceite asfáltico hay que usar cantidades mayores, en cambio para la grasa se usan cantidades significativamente menores para una excelente protección de los cojinetes.

El menor consumo de lubricante contribuye a una menor contaminación en el área del tándem de molinos y a una menor contaminación del guarapo (jugo de la caña) y por lo tanto hay un menor impacto ambiental

Económicamente el precio del producto asfáltico es de USD. 4.8 / galón es decir que por el consumo de la zafra se paga en lubricantes USD. 8985.6 y el precio de la grasa es de USD. 12.5 / galón, es decir que por el consumo de la grasa en época de zafra se paga USD. 6750. Por lo que el ahorro solo por el cambio de lubricantes es de **USD. 2235.6**

CAPITULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Son considerables las ventajas que se tienen al usar la grasa Esso Gear Cover 40, entre las cuales se tiene:

- Una reducción considerable del consumo del lubricante y por ende un menor impacto ambiental
- Sobresaliente limpieza de maquinaria y pasillos
- Menor desgaste de tejas y ejes
- Reducción de la mano de obra para el manejo de lubricantes
- Reducción del espacio necesario en la bodega de almacenamiento
- Reducción en posibilidad de accidentes

Con la implementación de la grasa en las chumaceras del tándem de molinos se logró disminuir la temperatura en 8 puntos:

- En 3 puntos cuyo valor era superior a los 50° C a valores menores a los 40° C.
- En 1 punto cuyo valor era mayor a los 50° C a valor menor a los 45° C.
- En 2 puntos cuyo valor era superior a los 45° C a valores cercanos a los 40° C.
- En 1 punto cuyo valor era mayor a los 45° C a un valor menor a los 35° C.
- En 1 punto cuyo valor era mayor a los 40° C a un valor cercano a los 35° C

Se debe estar seguro que el lubricante que se vaya a usar tenga buena fluidez, de tal manera que pueda ser suministrado por sistemas centralizados de lubricación, sin crear problemas de pérdidas excesivas de presión.

4.2 Recomendaciones

Se recomienda que cuando se implemente la grasa hay que hacer un seguimiento constante de las temperaturas de operación para determinar suministros óptimos de lubricación.

Para el reabastecimiento del depósito de lubricante de la estación central, se debería usar una bomba neumática de lubricante, para estar evitando llevar el tanque de un lugar a otro y estar abriendo la tapa del depósito.

Para un mejor funcionamiento en los cojinetes de las mazas superior, cañera y bagacera se recomienda hacer que tengan 2 entradas de lubricante por chumacera y que entre estos dos conductos haya una separación de entre 8 y 10”.

Colocar la estación central en un lugar en el que esté libre de polvo, bagacillo, agua, etc y así evitar la contaminación de la grasa que se está suministrando a las chumaceras del tándem de molinos.

Renovar el contador eléctrico (Timer) para poder graduar sin inconvenientes el ciclo de lubricación en el momento de querer reducir consumos.

APÉNDICES

- Apéndice A: Datos del monitoreo de Temperaturas de los Molinos Usando Mobil Sm4
- Apéndice B: Datos del Monitoreo de Temperaturas de los Molinos Usando Esso Gear Cover 40.

APÉNDICE A

**DATOS DEL MONITOREO DE TEMPERATURAS DE LOS MOLINOS
USANDO MOBIL SM4**

Molino No. 1

HORA	CAÑERA		BAGACERA		SUPERIOR		OBSERVACIONES
	L. Bomba	L. Turbina	L. Bomba	L. Turbina	L. Bomba	L. Turbina	
PROM. D1	29,6	27,7	53,1	47,6	33,4	32,9	
PROM. D2	28,8	30,8	45,6	55,0	32,8	32,0	
PROM. D3	29,0	29,2	47,0	48,3	31,9	32,0	
PROM. D4	28,0	29,2	50,7	44,9	30,0	34,0	
PROM. D5	29,5	30,3	43,3	40,2	30,0	33,3	
PROM. D6	28,7	31,7	44,7	40,6	32,8	31,8	
PROM. D8	29,0	29,8	43,6	38,1	33,0	30,0	
PROM. D9	28,4	29,7	45,0	33,7	34,0	33,0	
PROM. D10	29,0	34,2	54,2	39,3	37,3	31,0	
PROM. D11	29,3	33,7	59,8	44,5	39,9	32,0	
PROM. D12	29,0	30,6	48,1	35,3	35,0	33,0	
PROM. D13	29,7	31,2	48,8	38,3	35,5	31,0	
LB SEM 1-2	29,0	30,7	48,7	42,2	33,8	32,2	

Molino No. 2

HORA	CAÑERA		BAGACERA		SUPERIOR		OBSERVACIONES
	L. Bomba	L. Turbina	L. Bomba	L. Turbina	L. Bomba	L. Turbina	
PROM. D1	30,4	28,1	34,8	33,8	35,0	33,1	
PROM. D2	29,5	28,8	36,9	32,7	31,1	32,0	
PROM. D3	30,8	29,8	37,7	31,5	32,3	30,2	
PROM. D4	29,1	29,9	31,4	30,7	30,1	29,8	
PROM. D5	32,2	29,5	31,7	29,4	33,0	32,5	
PROM. D6	30,2	28,5	28,9	28,8	32,0	32,1	
PROM. D8	29,9	28,4	29,5	28,7	31,6	33,2	
PROM. D9	29,5	30,7	30,2	26,8	31,4	33,4	
PROM. D10	30,7	29,4	28,6	26,2	31,9	33,1	
PROM. D11	29,7	27,2	33,1	25,5	32,2	35,0	
PROM. D12	28,6	27,8	28,9	26,3	32,0	31,8	
PROM. D13	29,0	28,3	30,0	27,2	31,0	34,7	
LB SEM 1-2	30,0	28,9	31,8	29,0	32,0	32,6	

Molino No. 3

HORA	CAÑERA		BAGACERA		SUPERIOR		OBSERVACIONES
	L. Bomba	L. Turbina	L. Bomba	L. Turbina	L. Bomba	L. Turbina	
PROM. D1	30,9	29,1	36,2	41,2	37,3	34,9	
PROM. D2	30,9	29,8	30,8	39,0	34,7	30,6	
PROM. D3	31,8	29,3	32,5	42,9	35,2	30,1	
PROM. D4	30,0	29,1	29,8	37,4	30,9	29,3	
PROM. D5	29,0	28,9	32,5	36,4	31,5	32,4	
PROM. D6	28,4	30,1	34,2	36,7	34,3	35,3	
PROM. D8	28,7	30,2	34,8	34,8	33,6	32,0	
PROM. D9	28,9	29,4	35,4	31,8	33,0	31,8	
PROM. D10	29,1	28,9	36,5	31,3	33,0	29,9	
PROM. D11	29,6	28,3	33,7	31,6	27,7	29,2	
PROM. D12	29,2	28,7	31,2	28,5	31,4	30,1	
PROM. D13	29,3	29,2	32,5	30,2	33,3	31,0	
LB SEM 1-2	29,6	29,2	33,3	35,1	33,0	31,4	

Molino No. 4

HORA	CAÑERA		BAGACERA		SUPERIOR		OBSERVACIONES
	L. Bomba	L. Turbina	L. Bomba	L. Turbina	L. Bomba	L. Turbina	
PROM. D1	37,7	31,8	61,1	32,0	44,1	49,0	
PROM. D2	33,8	32,8	36,9	32,1	33,9	34,5	
PROM. D3	33,6	27,7	29,5	29,0	37,2	35,6	
PROM. D4	34,2	30,3	32,5	30,8	36,6	34,0	
PROM. D5	33,5	30,6	31,0	32,1	37,1	39,2	
PROM. D6	36,3	31,9	34,2	32,4	34,7	34,5	
PROM. D8	34,1	30,9	32,0	29,7	32,5	34,2	
PROM. D9	35,5	29,4	30,0	27,9	32,2	33,8	
PROM. D10	36,0	30,1	33,5	30,0	36,5	36,5	
PROM. D11	34,8	32,2	30,5	28,7	35,0	34,5	
PROM. D12	34,5	30,0	34,0	34,5	36,0	35,5	
PROM. D13	34,0	30,5	33,8	33,0	35,5	35,0	
LB SEM 1-2	34,9	30,8	35,1	30,5	36,0	36,6	

Molino No. 5

HORA	CAÑERA		BAGACERA		SUPERIOR		OBSERVACIONES
	L. Bomba	L. Turbina	L. Bomba	L. Turbina	L. Bomba	L. Turbina	
PROM. D1	60,9	38,5	51,3	41,6	52,9	33,4	
PROM. D2	40,7	39,0	55,6	41,8	46,0	31,4	
PROM. D3	38,3	38,0	57,1	42,5	44,0	31,7	
PROM. D4	40,6	37,5	56,2	41,0	45,4	31,6	
PROM. D5	39,5	41,5	56,0	42,0	42,5	31,3	
PROM. D6	36,7	37,5	63,9	41,0	47,1	33,1	
PROM. D8	37,6	38,0	58,3	46,0	47,1	33,5	
PROM. D9	38,0	39,0	55,3	52,4	44,5	32,7	
PROM. D10	36,7	37,5	49,6	51,9	48,0	32,8	
PROM. D11	38,5	38,0	56,4	51,2	47,0	33,2	
PROM. D12	36,2	37,0	47,2	56,8	46,0	31,9	
PROM. D13	36,5	38,5	46,0	45,0	45,0	35,2	
LB SEM 1-2	40,0	38,3	54,4	46,1	46,3	32,6	

Molino No. 6

HORA	CAÑERA		BAGACERA		SUPERIOR		OBSERVACIONES
	L. Bomba	L. Turbina	L. Bomba	L. Turbina	L. Bomba	L. Turbina	
PROM. D1	35,7	42,4	81,6	63,8	47,7	52,6	
PROM. D2	36,3	38,8	74,1	64,0	46,0	48,1	
PROM. D3	36,0	37,8	63,7	62,0	46,0	53,0	
PROM. D4	36,2	38,8	46,9	50,5	46,0	47,7	
PROM. D5	36,9	45,5	48,6	49,5	44,4	47,4	
PROM. D6	38,3	42,8	45,4	53,5	48,1	53,4	
PROM. D8	37,0	42,0	55,0	53,0	50,5	48,5	
PROM. D9	35,5	40,5	53,0	51,0	48,5	50,5	
PROM. D10	36,5	41,2	51,5	49,0	49,5	49,5	
PROM. D11	34,4	44,5	42,5	42,0	58,6	49,5	
PROM. D12	36,2	40,6	44,0	41,0	54,8	48,0	
PROM. D13	37,2	38,5	41,5	45,0	53,7	47,7	
LB SEM 1-2	36,3	41,1	54,0	52,0	49,5	49,6	

APÉNDICE B:

**DATOS DEL MONITOREO DE TEMPERATURAS DE LOS MOLINOS USANDO
ESSO GEAR COVER 40.**

Molino No. 1

HORA	CANERA		BAGACERA		SUPERIOR	
	L. Bomba	L. Turbina	L. Bomba	L. Turbina	L. Bomba	L. Turbina
PROM. D36	28,5	28,0	29,5	33,0	27,5	28,5
PROM. D37	28,0	26,0	28,0	32,0	26,0	26,0
PROM. D38	29,0	28,0	31,0	39,0	28,0	29,0
PROM. D39	27,0	29,0	46,0	40,0	30,0	27,5
PROM. D40	28,0	28,0	27,0	36,0	27,0	27,0
PROM. D41	27,0	26,0	29,0	32,0	26,0	26,0
LB SEM 6	27,9	27,5	31,8	35,3	27,4	27,6

Molino No. 2

HORA	CANERA		BAGACERA		SUPERIOR	
	L. Bomba	L. Turbina	L. Bomba	L. Turbina	L. Bomba	L. Turbina
PROM. D36	28,5	29,5	30,0	29,5	30,5	33,5
PROM. D37	27,0	27,0	29,0	26,0	29,0	30,0
PROM. D38	27,0	29,0	33,0	31,0	29,0	27,0
PROM. D39	30,0	30,0	32,0	32,0	31,0	28,0
PROM. D40	30,0	29,0	32,0	27,0	35,0	28,0
PROM. D41	31,0	30,0	31,0	26,0	32,0	29,0
LB SEM 6	28,9	29,1	31,2	28,6	31,1	29,3

Molino No. 3

HORA	CANERA		BAGACERA		SUPERIOR	
	L. Bomba	L. Turbina	L. Bomba	L. Turbina	L. Bomba	L. Turbina
PROM. D36	31,0	30,0	33,0	32,5	35,5	30,0
PROM. D37	29,0	29,0	30,0	28,0	35,0	26,0
PROM. D38	31,0	34,0	30,0	31,0	29,0	33,0
PROM. D39	30,0	33,0	32,0	32,0	31,0	34,0
PROM. D40	32,0	28,0	34,0	31,0	32,0	33,0
PROM. D41	33,0	27,0	35,0	29,0	32,0	31,0
LB SEM 6	31,0	30,2	32,3	30,6	32,4	31,2

Molino No. 4

HORA	CANERA		BAGACERA		SUPERIOR	
	L. Bomba	L. Turbina	L. Bomba	L. Turbina	L. Bomba	L. Turbina
PROM. D36	34,5	35,5	32,5	31,0	34,0	30,5
PROM. D37	33,0	33,0	30,0	29,0	33,0	28,0
PROM. D38	32,0	35,0	40,0	39,0	30,0	36,0
PROM. D39	33,0	35,0	42,0	40,0	31,0	34,0
PROM. D40	32,0	32,0	35,0	37,0	35,0	28,0
PROM. D41	33,0	31,0	36,0	32,0	32,0	30,0
LB SEM 6	32,9	33,6	35,9	34,7	32,5	31,1

Molino No. 5

HORA	CANERA		BAGACERA		SUPERIOR	
	L. Bomba	L. Turbina	L. Bomba	L. Turbina	L. Bomba	L. Turbina
PROM. D36	39,5	42,0	36,0	33,5	48,0	30,0
PROM. D37	36,5	43,5	32,5	29,0	51,0	28,0
PROM. D38	39,0	40,0	46,5	42,0	49,0	34,0
PROM. D39	40,0	41,0	46,0	41,0	50,5	37,0
PROM. D40	38,6	48,0	37,5	36,0	48,5	30,0
PROM. D41	38,0	46,5	38,5	33,0	50,0	31,0
LB SEM 6	38,6	43,5	39,5	35,8	49,5	31,7

Molino No. 6

HORA	CANERA		BAGACERA		SUPERIOR	
	L. Bomba	L. Turbina	L. Bomba	L. Turbina	L. Bomba	L. Turbina
PROM. D36	36,0	38,5	42,0	39,0	48,5	45,0
PROM. D37	33,0	35,0	42,0	33,0	51,0	41,0
PROM. D38	34,0	37,0	43,0	41,0	43,0	38,0
PROM. D39	44,0	39,0	49,0	44,5	47,5	34,0

PROM. D40	40,0	42,0	41,0	39,0	48,5	45,0
PROM. D41	42,0	44,0	44,0	34,0	49,0	38,0
LB SEM 6	38,2	39,3	43,5	38,4	47,9	40,2

OBSERVACIONES

OBSERVACIONES

OBSERVACIONES

OBSERVACIONES

OBSERVACIONES

OBSERVACIONES

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Equipos Industriales: Guía Práctica, Reparación y Mantenimiento, pág 376
Tomo II
- 2.- Idem, pag 377
- 3.- Farval: Catalogue Section DN Bulletin DL 1041, pag DN 1-1, DN 1-2
- 4.- Idem, pág DN3-9, DN 3-20
- 5.- Farval Dualine Components and System Design Manual, pág 9 - 37
- 6.- Boletines Técnicos de Productos de la línea ExxonMobil
- 7.- Información Técnica ExxonMobil
- 8.- Texaco INC, Lubricación de Ingenios Azucareros, Pág 4-5
- 9.- Farval: Catalogue Section DA Bulletin DL 300, pag DA 20, DA 21