

**UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA**



**DISEÑO DEL SISTEMA CENTRALIZADO DE LUBRICACION DUAL
PARVAL DEL TANDEM DE MOLINOS DE UN INGENIO AZUCARERO
TIPICO PARA TRABAJAR CON UNA GRASA SEMIFLUIDA GRADO
NLGI No. 0 Y SU APLICACION EN EL INGENIO SANTA ANA.**

TESIS

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

POR

EDUARDO RENE OVALLE LOPEZ

**AL CONFERIRSELE EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 1,996.

**PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central**

08
T(3887)
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:

DISEÑO DEL SISTEMA CENTRALIZADO DE LUBRICACION DUAL FARVAL DEL TANDEM DE MOLINOS DE UN INGENIO AZUCARERO TIPICO PARA TRABAJAR CON UNA GRASA SEMIFLUIDA GRADO NLGI No. 0 Y SU APLICACION EN EL INGENIO SANTA ANA.



EDUARDO RENE OVALLE LOPEZ

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA:

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios.
VOCAL 1ro.	Ing. Miguel Angel Sánchez Guerra.
VOCAL 2do.	Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano.
VOCAL 3ro.	Ing. Juan Adolfo Echeverría Méndez.
VOCAL 4to.	Br. Fernando Waldemar de León Contreras.
VOCAL 5to.	Br. Pedro Ignacio Escalante Pastor.
SECRETARIO	Ing. Gilda Marina Castellanos de Illescas.

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Julio Ismael Gonzales Podszueck.
EXAMINADOR	Ing. Roberto Valle.
EXAMINADOR	Ing. Pedro Hugo García.
EXAMINADOR	Ing. Roberto Gandara.
SECRETARIO	Ing. Francisco Javier González López

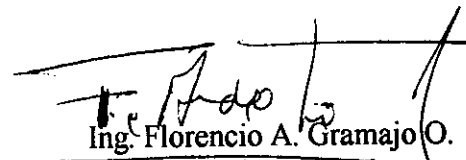
Guatemala, octubre 14, 1996.

Ingeniero
Jorge Peláez Castellanos,
Director de Escuela
Ingeniería Mecánica Industrial,
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Señor Director.

Atendiendo a la designación que se me hiciera como Asesor del trabajo de tesis, **Diseño del Sistema Centralizado de Lubricación Dual Farval del Tándem de Molinos de un Ingenio Azucarero Típico para Trabajar con una Grasa Semifluida Grado NLGI No. 0 y su Aplicación en el Ingenio Santa Ana**, solicitado por el estudiante, Eduardo René Ovalle López, previo a optar al Título de Ingeniero Mecánico Industrial y luego de la revisión de su contenido, me permito informarle que el trabajo desarrollado satisface el Protocolo propuesto y recomiendo que el presente trabajo de tesis sea aprobado.

Atentamente,


Ing. Florencio A. Gramajo O.
Col. No. 2229
Asesor.



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

Ref.E.I.Mec.382.96.
Guatemala, 5 de noviembre de 1,996

Ingeniero Jorge Peláez Castellanos DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería

Ingeniero Peláez Castellanos.

Dando respuesta a su nota
REF.EIMI/600.96, en cuanto a emitir opinión respecto a la tesis
DISEÑO DEL SISTEMA DE LUBRICACION CENTRALIZADO DUAL FARVAL DEL
TANDEM DE MOLINOS DE UN INGENIO AZUCARERO PARA TRABAJAR CON UNA
GRASA SEMIFLUIDA GRADO # 0 Y SU APLICACION EN EL INGENIO SANTA
ANA, desarrollado por el estudiante EDUARDO RENE OVALLE LOPEZ,
Carnet No. 87-11917.

Después de conocer la opinión del
asesor, Ing. Florencio A. Gramajo O. y analizando el contenido,
es opinión de esta Dirección que el trabajo satisface el
protocolo propuesto por lo que se recomienda que la tesis en
cuestión sea aprobada.

Sin otro particular, aprovecho la
oportunidad para quedar de usted.

Atentamente,

Ing. Jorge Siguere R.
Director, Escuela Ingeniería Mecánica





FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

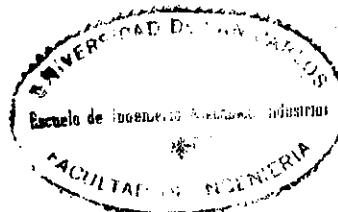
Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

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 DISEÑO DE UN SISTEMA DE LUBRICACION DUAL FARVAL DEL TANDEM DE MOLINOS DE IN INGENIO AZUCARERO TIPICO PARA TRABAJAR CON UNA GRASA SEMIFLUIDA GRADO NLGI No. 0 Y SU APLICACION EN EL INGENIO SANTA ANA presentada por el estudiante universitario Eduardo René Ovalle López, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Jorge Peláez Castellanos
DIRECTOR
INGENIERIA MECANICA INDUSTRIAL

Guatemala, noviembre de 1,996.



emds

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central



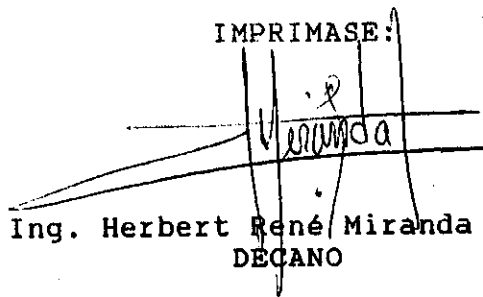
FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica y Regional de Post-grado de Ingeniería Sanitaria.

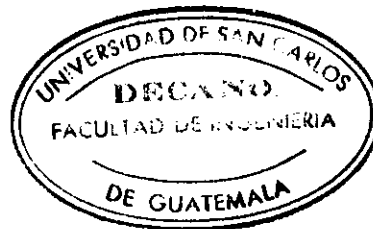
Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

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 DISEÑO DE UN SISTEMA DE LUBRICACION DUAL FARVAL DEL TANDEM DE MOLINOS DE INGENIO AZUCARERO TIPICO PARA TRABAJAR CON UNA GRASA SEMIFLUIDA GRADO NLGI No. 0 Y SU APLICACION EN EL INGENIO SANTA ANA presentada por el estudiante universitario Eduardo René Ovalle López, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:



Ing. Herbert René Miranda Barrios
DECANO



Guatemala, noviembre de 1,996.

emds

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS

Por sobre todas las cosas.

mis padres

**José Antonio Ovalle Barrios
Flor de María López de Ovalle**

Por su apoyo incondicional.

mis Hermanos

Juan Antonio, Alma Irene y Carlos Humberto

Con cariño especial.

Agradecimiento a:

**Ing. Mario V. Pereira P.
Ing. Miguel A. Linares.
ESSO Central America, S. A.**

**Ing. Juan Carlos Corcuera.
Ing. Erick Monroy.
Ingenio Santa Ana, S. A.**

**Ing. Florencio A. Gramajo O.
INDE.**

INDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS	V
INDICE DE GRAFICAS	VII
INDICE DE TABLAS	VIII
GLOSARIO DE TERMINOS TECNICOS	IX
INTRODUCCION	X

CAPITULO 1

1	COMPONENTES Y FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA CENTRALIZADO DE LUBRICACION DUAL FARVAL.	1
1.1	Descripción de los componentes principales y funcionamiento general del sistema Dual Farval.	1
1.1.1	Depósito de lubricante.	2
1.1.2	Motor eléctrico.	2
1.1.3	Reductor de velocidad.	3
1.1.4	Bomba de lubricante.	4
1.1.5	Válvula de alivio-estrangulamiento.	7
1.1.6	Válvula reversible.	7
1.1.7	Microinterruptor	11
1.1.8	Contador eléctrico de tiempo (Timer).	11
1.1.8.1	Ciclo de lubricación del sistema.	12
1.1.9	Válvulas de medición.	12
1.1.9.1	Funcionamiento de las válvulas de medición.	13
1.1.10	Funcionamiento general del sistema.	15
1.1.10.1	Recorrido del flujo de lubricante.	16
1.2	Accesorios.	16

CAPITULO 2

2	COMPONENTES Y FUNCIONAMIENTO DE UN TANDEM DE MOLINOS TIPICO, ASPECTOS QUE PUEDEN AFECTAR EL FUNCIONAMIENTO DE LAS CHUMACERAS DE LAS MAZAS.	17
2.1	Componentes principales de los molinos.	17

2.1.1	Vírgenes.	17
2.1.2	Mazas o cilindros.	17
2.1.3	Cabezotes.	18
2.1.4	Acumulador hidráulico.	18
2.1.5	Bisagras.	18
2.1.6	Peines.	18
2.1.7	Cuchilla central.	18
2.1.8	Coronas.	19
2.1.9	Registro de enfriamiento.	19
2.1.10	Bancazo.	23
2.1.11	Válvulas de medición.	23
2.1.12	Chumaceras.	23
2.1.12.1	Ranura y orificios de suministro de lubricante a las chumaceras.	25
2.1.12.2	Biselado de las tejas de las chumaceras.	26
2.2	Funcionamiento general del tándem de molinos.	27
2.2.1	Alineamiento.	28
2.3	Aspectos a considerar que provocan problemas en las chumaceras de las mazas.	29
2.3.1	Desalineamientos.	29
2.3.2	Sobre flotación de la maza superior.	29
2.3.3	Altas cargas bajas velocidades.	29
2.3.4	Contaminación.	29
2.3.5	Superficies rugosas.	29
2.3.6	Inadecuada lubricación.	30
2.3.7	Construcción de las chumaceras.	30
2.3.8	Paradas y puesta en marcha constantes de las mazas.	30

CAPITULO 3

3	DISEÑO Y OPERACION DEL SISTEMA CENTRALIZADO DE LUBRICACION DUAL FARVAL PARA LUBRICAR LAS CHUMACERAS DE LAS MAZAS DEL TANDEM DE MOLINOS DE UN INGENIO AZUCARERO TIPICO QUE SUMINISTRE UNA GRASA GRADO NLGI No. 0, Y DETERMINACION DEL INTERVALO OPTIMO DE LUBRICACION.	31
3.1	Variables a considerar.	31
3.2	Desarrollo del diseño.	32
3.2.1	Selección de las válvulas de medición.	32
3.2.2	Selección de la estación central.	40
3.2.3	Selección de contador eléctrico de tiempo (Timer), para el control automático de los ciclos de suministro de lubricante.	42
3.2.4	Planificación de las líneas de suministro de lubricante del sistema.	43
3.2.4.1	Líneas principales de suministro ó circuitos.	43
3.2.4.2	Ramas.	43

3.2.4.3	Líneas de descarga.	44
3.3	Arranque, calibración y operación del sistema Dual Farval; Problemas y Soluciones.	47
3.3.1	Arranque del sistema.	47
3.3.2	Calibración de presiones.	49
3.3.2.1	Calibración de las válvulas de medición.	49
3.3.3	Operación general del sistema.	50
3.3.4	Problemas en el sistema y forma de corregirlos.	50
3.3.4.1	El sistema no levanta presión.	50
3.3.4.2	El sistema no opera el cambio de presurización en las líneas de suministro.	51
3.3.4.3	El sistema no arranca.	51
3.3.4.4	El cople de una vía se desliza.	52
3.3.4.5	El sistema levanta demasiada presión.	52
3.3.4.6	Válvulas de medición.	52
3.4	Determinación de la cantidad óptima de lubricante a suministrar.	52
3.4.1	Descripción y datos técnicos del lubricante.	52
3.4.2	Parámetros que permiten evaluar el desempeño del lubricante.	52
3.4.3	Descripción del equipo necesario para evaluar el desempeño del lubricante.	53
3.4.4	Metodología para determinar el intervalo de suministro de lubricante.	53
3.4.5	Aspectos que podrían afectar el desempeño del lubricante.	55

CAPITULO 4

4	DISEÑO DEL SISTEMA DE LUBRICACION PARA SUMINISTRAR UNA GRASA GRADO NLGI No. 0 A LAS CHUMACERAS DEL TANDEM DE MOLINOS DEL INGENIO SANTA ANA.	57
4.1	Descripción del tándem de molinos del Ingenio Santa Ana.	57
4.1.1	Descripción de mazas y chumaceras.	57
4.2	Sistema centralizado de lubricación actual.	58
4.2.1	Estación central.	58
4.2.2	Distribución de líneas de suministro de lubricante.	59
4.2.3	Válvulas de medición.	59
4.2.4	Contador eléctrico de tiempo.	59
4.3	Diseño del nuevo sistema de lubricación para dosificar una grasa grado NLGI No. 0.	59
4.3.1	Selección de las válvulas de medición.	59
4.3.2	Selección de la estación central.	61
4.3.2.1	Selección de la bomba.	62
4.3.2.2	Selección del depósito de lubricante.	65
4.3.3	Selección del contador eléctrico de tiempo.	65
4.3.4	Distribución de las líneas de suministro de lubricante del sistema.	66

4.4	Consumo del lubricante por el sistema.	76
4.4.1	Cálculo para llenado de líneas del sistema.	76
4.4.2	Consumo regular del sistema.	77

CAPITULO 5

5	EXPERIENCIAS OBTENIDAS EN LA IMPLEMENTACION DE LA GRASA GRADO NLGI No. 0 EN LAS CHUMACERAS DEL TANDEM DE MOLINOS DEL INGENIO SANTA ANA; COMPORTAMIENTO Y CONSUMO EN COMPARACION CON UN ACEITE ASFALTICO.	79
5.1	Descripción de la grasa grado NLGI No 0.	79
5.2	Implementación de la grasa grado NLGI No. 0.	80
5.2.1	Pasos que se siguieron para verificar la capacidad de la estación central de suministrar la grasa semifluida.	80
5.2.2	Inicio de zafra 95 - 96	81
5.2.3	Optimización del lubricante.	81
5.2.3.1	Toma de temperaturas y elaboración de gráficas.	82
5.3	Comportamiento de la grasa grado NLGI No. 0 en las chumaceras del tándem de molinos del Ingenio Santa Ana y comparación con el lubricante de base asfáltica usado tradicionalmente.	82
5.3.1	Comportamiento de la grasa grado NLGI No. 0.	83
5.3.2	Comparativo entre la grasa grado NLGI No. 0 y el lubricante de base asfáltica.	83
5.3.2.1	Temperaturas promedio obtenidas.	84
5.3.2.2	Número de chumaceras con agua externa aplicada.	84
5.4	Comparativo del consumo de grasa y del lubricante asfáltico.	84
5.4.1	Consumo de grasa grado NLGI No. 0 (ESSO Gear Cover 40).	84
5.4.2	Consumo de lubricante asfáltico.	85
5.4.3	Comparación de ambos lubricantes.	86
	CONCLUSIONES	XII
	RECOMENDACIONES	XIII
	REFERENCIAS	XV
	BIBLIOGRAFIA	XVI

INDICE DE FIGURAS

No.	NOMBRE	PAGINA
1.1	Estación central, circuitos, ramas y válvulas de medición.	2
1.2	Estación central.	4
1.3	Estación central (vista de planta).	4
1.4	Bomba de lubricante.	5
1.5 A,B	Funcionamiento de la bomba.	6
1.5 C,D	Funcionamiento de la bomba.	6
1.5 E,F	Funcionamiento de la bomba.	7
1.6	Válvula reversible tipo DR460A (para grasa).	8
1.7	Funcionamiento de la válvula reversible.	10
1.8	Contador eléctrico detiempo modelo K5	11
1.9	Sistema básico de circuito.	11
1.10	Ciclo de lubricación del sistema.	12
1.11	Válvulas de medición tipo DM43.	13
1.12	Válvula de medición tipo DD.	14
1.12A	Válvula de medición tipo DD.	14
1.13	Válvula de medición tipo DM.	15
2.1	Molino, algunos de sus componentes principales.	19
2.2	Molino y sus componentes, vista isométrica con varios cortes.	20
2.3	Acumuladores hidráulicos del molino.	21
2.4	Maza y sus partes.	21
2.5	Molino, otros componentes principales.	22
2.6 A	Teja.	24
2.6 B	Chumacera.	24
2.7	Chumacera de la maza bagacera.	24
2.8	Chumacera de la maza cañera.	24
2.9	Esquema de las chumaceras de las mazas bagacera, superior. y cañera (lado de espiga).	25
2.10	Esquema de las chumaceras de las mazas cañera, superior y bagacera (lado de corona).	25
2.11	Ranura y orificios de lubricación, bisel de la teja.	26
2.12	Tándem de molinos.	28
3.1	Modelo de lista de puntos a lubricar.	33
3.2	Ajuste del volumen de descarga de la válvula.	36

No.	NOMBRE	PAGINA
3.3	Selección de válvulas de medición del ejemplo desarrollado.	38
3.4	Dimenciones de las válvulas de medición tipo DM con vástago y tornillo de ajuste.	39
3.5	Descripción del codigo de los contadores eléctricos de tiempo.	42
3.6	Líneas principales, ramas y líneas de descarga.	45
3.7	Puntos de final de rama.	48
3.8	Modelo de pieza de tubing aplastada en el centro.	51
3.9	Hoja con rayado especial para el registro de temperaturas.	54
4.1	Línea principal de suministro y sus ramas.	68
4.2	Esquema de una rama.	75

INDICE DE GRAFICAS

No.	NOMBRE	PAGINA
3.1	Determinación del factor " f " de película de lubricante.	34
5.1	Molino4 - lado de espiga - chumacera superior.	87
5.2	Molino 7 - lado de corona - chumacera bagacera.	88
5.3	Temperatura promedio de las chumaceras de los molinos del Ingenio Santa Ana.	89
5.4	Temperatura promedio de las chumaceras - 25 tomas de temperatura antes y 25 después del 5 de enero de 1996.	90
5.5	Número promedio de chumaceras con agua externa - 25 tomas de temperatura antes y 25 después del 5 de enero de 1996.	90
5.6	Número promedio de chumaceras con agua extra - Ingenio Santa Ana.	91
5.7	Molino4 - lado de corona - chumacera superior.	92
5.8	Molino4 - lado de espiga - chumacera bagacera.	93

VII
PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y SERVICIOS TECNOLÓGICOS

INDICE DE TABLAS

No.	NOMBRE	PAGINA
3.1	Ajuste del volumen de descarga de lubricante de las válvulas de medición.	35
3.1A	Capacidad de ajuste de las válvulas en pulgadas.	36
3.2	Dimensiones de las válvulas de medición.	39
3.3	Desplazamiento del pistón piloto (durante una carrera) Pul ³ .	41
3.4	Volumen de tubing y tubería para alta presión Pul ³ /pie.	41
3.5	Capacidad del depósito de lubricante (para suministrar grasa).	41
3.6	Modelos de contadores eléctricos de tiempo.	43
3.7	Caída de presión en tuberías en psi/pie.	46
4.1	Diámetro de cabezotes y presión hidráulica que se les aplica.	58
4.2	Peso aproximado de las mazas en toneladas.	58
4.3	Selección de las válvulas de medición.	63
4.3	Selección de las válvulas de medición, (continuación).	64
4.4	Características de la estación central.	65
4.5	Longitud de tramos y caídas de presión en las líneas principales de suministro.	67
4.6	Longitud y caídas de presión en las ramas.	67

GLOSARIO DE TERMINOS TECNICOS

ADITIVO Compuesto químico que se le agrega al lubricante con el propósito de dar nuevas propiedades ó mejorar las propiedades con que cuenta el lubricante.

BAGAZO Restos de caña que resultan después de la extracción del jugo.

GRASA Es una dispersión fina de un agente espesador insoluble en aceite (por lo general un jabón), disperso en un lubricante fluido (generalmente un aceite mineral).

HIERRO NEGRO Es un tipo especial de cañería que soporta altas presiones y temperaturas; se clasifica de acuerdo con su resistencia mecánica; el espesor de la pared de esta cañería varía de acuerdo a su clasificación y se fabrica en una gran variedad de diámetros.

INHIBIDOR Compuestos químicos que desminuyen o detienen un proceso químico perjudicial, tal como la oxidación y la corrosión.

JABON Término general que se da a los compuestos químicos que sirven para mantener el aceite atrapado.

NLGI Las grasas se suelen identificar en cuanto a su consistencia, por el sistema de clasificación NLGI (National Lubricating Grease Institute - Instituto Nacional de Grasas Lubricantes). Los grados NLGI se definen como rangos de la penetración trabajada con 60 golpes o carreras de émbolo a 25 °C, conforme a lo determinado por el método ASTM D 217 ó D 2665.

STOKES Unidad de medida de la viscosidad cinemática en el sistema C.G.S. cuyo símbolo es St.; centistok equivalen a 100 stokes, simbolo cSt.

TUBING Se le llama así a una tubería de aleación especial de bronce, que es capaz de soportar altas presiones y moderadas temperaturas; generalmente, es de diámetros pequeños, menores a 1", aunque hay de mayor diámetro para algunas aplicaciones especiales.

VISCOSIDAD Es la medida de la fricción interna de la resistencia que tiene un líquido al fluir.

MAZAS Cilindros de grandes dimensiones y tonelaje que son utilizados para comprimir la caña y así extraer el guarapo, también se les llama cilindros y algunos las denominan rodillos.

INTRODUCCION

Desde sus inicios, la agroindustria azucarera guatemalteca ha estado en constante desarrollo, realizando innovaciones en cada uno de los campos que la conforman. Este proceso involucra a profesionales en diversas ramas y la implementación y desarrollo de nuevas tecnologías.

El proceso de producción de azúcar, se inicia en el campo con la siembra, corte y transporte de la caña al ingenio. Al ingresar la caña al ingenio, es lavada, picada y después molida en el tándem de molinos del ingenio. El tándem de molinos se compone de 4 a 7 molinos, cada molino se compone de 3 ó 4 mazas o cilindros con un peso de 12 a 18 toneladas. Sobre la masa superior se aplica una carga de entre 180 a 220 toneladas. La caña es comprimida por estos cilindros y el jugo o guarapo es extraído. De esta extracción se obtienen dos productos que son indispensables para la operación eficiente del ingenio: el guarapo que es enviado a la fábrica y del cual se obtiene el azúcar y el bagazo que es enviado a las calderas para ser quemado y de esta manera producir vapor el cual es indispensable para llevar a cabo el proceso.

Las mazas giran a una velocidad de 6 a 7 revoluciones por minuto y son soportadas por chumaceras, debido a las bajas revoluciones y a las altas cargas que soportan estas chumaceras, necesitan de una buena lubricación. Por medio de un sistema centralizado de lubricación Dual Farval se pueden lubricar las chumaceras que soportan las mazas y también todos aquellos puntos críticos del tándem de molinos, para evitar así el deterioro prematuro del equipo, por eso es importante exponer el método para el desarrollo del diseño del sistema centralizado y de los aspectos que lo conforman, para que puedan dosificar, adecuadamente, el lubricante.

Otro aspecto importante lo constituye la clase de lubricante que se va a utilizar, tradicionalmente se han lubricado estas chumaceras con aceites de alta viscosidad, inclusive, de base asfáltica, las desventajas de usar estos lubricantes son grandes: inadecuada lubricación, debido a cargas excesivas que provocan desgaste y calentamiento, pues, se rompe la película de lubricante y hay contacto de metal con metal; contaminación del guarapo, pues, se usan cantidades grandes de lubricante.

En opinión de expertos de la compañía ESSO, grasas semifluidas de alta tecnología desarrolladas recientemente para la industria minera norteamericana, constituyen una excelente opción para la lubricación de los molinos de ingenios azucareros. En América Latina, las pruebas se llevaron a cabo en el Ingenio La Unión, Guatemala; con éxito se demostró la aplicabilidad de este producto. Este producto, es la grasa ESSO Gear Cover 40 Grado NLGI No. 0. Es conveniente determinar las cantidades óptimas de lubricante para que haya un adecuado consumo y un buen factor de seguridad; esto se logra mediante un estudio de condiciones de trabajo y un análisis estadístico (gráfico) de las temperaturas que se registren en las chumaceras de las mazas.

La grasa ESSO Gear Cover 40, contiene en su formulación un aceite base de alta viscosidad, sin asfalto, agente espesador de jabón de Litio, un paquete de aditivos de extrema presión EP,

inhibidores de la herrumbre y la corrosión y, también, una excelente combinación de grafito y disulfuro de molibdeno que dan a este producto una capacidad excepcional de soportar altas cargas; además, tiene excelentes propiedades adhesivas, resistente a ser lavada por el agua, en el desarrollo del presente trabajo de tesis, se da mayor información respecto de cada uno de estos aspectos y la forma en que se desempeñan.

CAPITULO 1

1 COMPONENTES Y FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA CENTRALIZADO DE LUBRICACION DUAL FARVAL

Cuando se tienen varios puntos de lubricación situados en un mismo lugar y tienen que ser abastecidos de lubricante en períodos de tiempo, más o menos regulares, esto resulta ser una tarea fácil, pero, cuando los puntos de lubricación son muchos y están situados en lugares distantes, los unos de los otros, además, la cantidad de lubricante a suministrar tiene que ser medida para cada punto de lubricación, en períodos de tiempo relativamente cortos, todo esto, al mismo tiempo que es el caso de las chumaceras de las mazas de los molinos en un tándem de molinos de un ingenio azucarero, la situación es diferente; esta operación se vuelve tediosa y se necesitaría de muchas personas realizando este trabajo y, aún así, se podrían cometer errores con el consiguiente deterioro de las partes que se están lubricando. En situaciones como ésta, lo más conveniente es usar un Sistema Centralizado de Lubricación, el cual va a resolver los problemas descritos anteriormente de una forma bastante segura y eficiente.

Por medio de este sistema se puede suministrar lubricante a las chumaceras de las mazas de los molinos, haciendo más seguro y confiable el funcionamiento de las mismas; por lo que es necesario familiarizarse con todos los componentes que conforman un Sistema Centralizado de Lubricación Dual Farval, así como, también, el funcionamiento general del mismo.

Existen 2 clases de sistemas, el sistema Final de línea¹ y el sistema de Circuito cerrado². El primero es en el cual las líneas de suministro finalizan en la última válvula de medición del sistema y la válvula reversible está activada por una Válvula de Control de alta presión³; este tipo de sistema es comunmente usado donde los puntos de lubricación están dispersos y se necesita alta presión para hacer llegar el lubricante a los mismos; el sistema de Circuito cerrado es aquel en el cual las dos líneas principales de suministro forman dos circuitos, éstos son necesarios para obtener la presión de las líneas de retorno, la presión hace funcionar la válvula (hidráulica) reversible al final del ciclo de suministro de lubricante; este tipo de sistemas se usa cuando los puntos de lubricación están en un área relativamente cerrada, este tipo de sistema es el que más se adapta a un tándem de molinos de un ingenio azucarero; en el presente capítulo se da una descripción y funcionamiento del mismo. Ver figura 1.1

1.1 Descripción de los componentes principales y funcionamiento general del Sistema Dual Farval.

En este capítulo se da una información general del sistema, en especial de la estación central, sus componentes y las válvulas de medición; en el capítulo 3 se habla sobre las líneas principales de suministro (circuitos) las ramas (líneas de suministro que se derivan de los circuitos) y las líneas de descarga (que van de las válvulas de medición hacia las chumaceras).

1.1.1 Depósito de lubricante.

En este componente se vacía el lubricante que se va a suministrar a las chumaceras, está colocado encima de la bomba del sistema, su capacidad puede ser de 100 ó 200 lbs (de grasa) según las demandas que se tengan, a éste llegan las líneas de o retorno (alivio) del sistema y de la válvula de alivio; tiene una entrada especial, para que sea llenado de lubricante sin remover la tapa y, así, evitar que se contamine con bagazo o polvo los que pueden crear taponamientos en el sistema. Tiene un vástago indicador de nivel de lubricante en la tapadera y éste está acoplado a un interruptor eléctrico que puede activar una bomba mediante una señal eléctrica para el llenado automático del depósito, este vástago 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 en el extremo inferior acoplado 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 1.2.

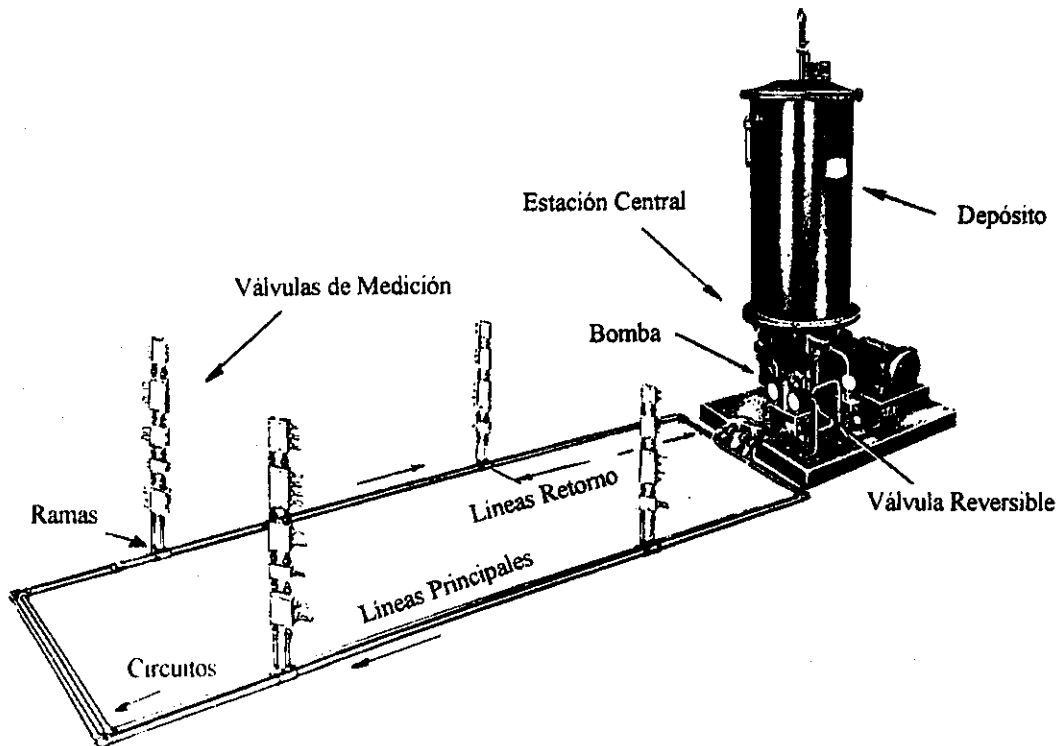


figura 1.1 Estación central, circuitos, ramas y válvulas de medición.

1.1.2 Motor eléctrico.

El motor eléctrico es de 1 hp, trifásico, gira a 1,725 rpm, es el que transmite la potencia a la bomba, para que ésta 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 1.3.

1.1.3 Reductor de velocidad.

Este recibe la potencia del motor y lo transmite a la bomba a la que está acoplado por medio de un acoplamiento tipo laberinto, este es del tipo de tornillo sín fin, por cada 10 revoluciones que recibe, transmite una revolución al eje de la bomba, usa un aceite viscosidad ISO VG 460 cSt a 40°C, cambiándolo 2 semanas después de la primera llenada y, posteriormente al año. Ver figura 1.3.

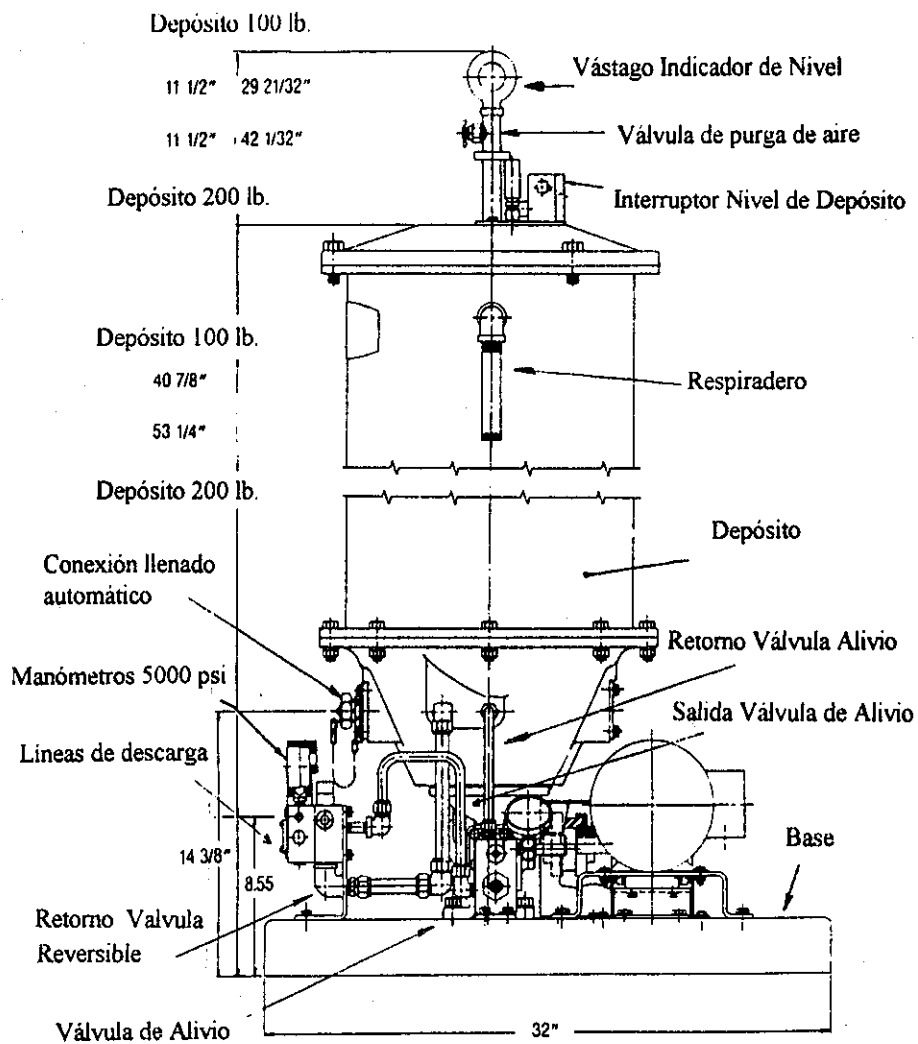


figura 1.2 Estación central.

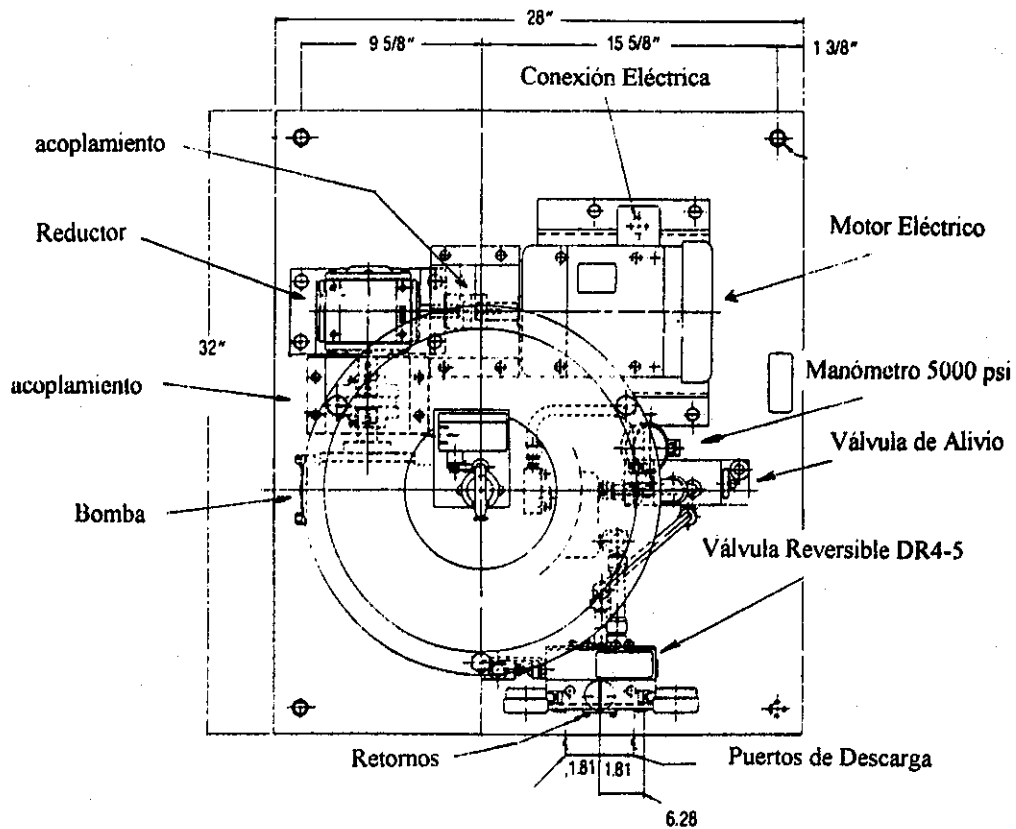


figura 1.3 Estación central (vista de planta).

1.1.4 Bomba de lubricante.

Es una de las partes más importantes del Sistema Dual Farval, pues, levanta la presión necesaria para que las válvulas de medición trabajen, adecuadamente.

Esta bomba consta de una recámara o bloque dentro del cual hay un pequeño cigüeñal al que se le transmite la potencia; este eje mueve dos pistones que están dentro de sus respectivos cilindros y tienen conexión directa con el depósito de lubricante, el movimiento de los pistones crea una presión y desplaza volúmenes de lubricante hacia el sistema, la bomba está conectada a la válvula de alivio o estrangulamiento; en el cárter del cigüeñal hay que vaciar un aceite de las mismas características que el que se usa en el reductor. La bomba es capaz de desplazar 0.195 pulgadas cúbicas de grasa por tiempo del pistón ó 33.6 pulgadas cúbicas de grasa por minuto⁴. En la figura 1.4. se puede observar una bomba modelo DJ4-5.

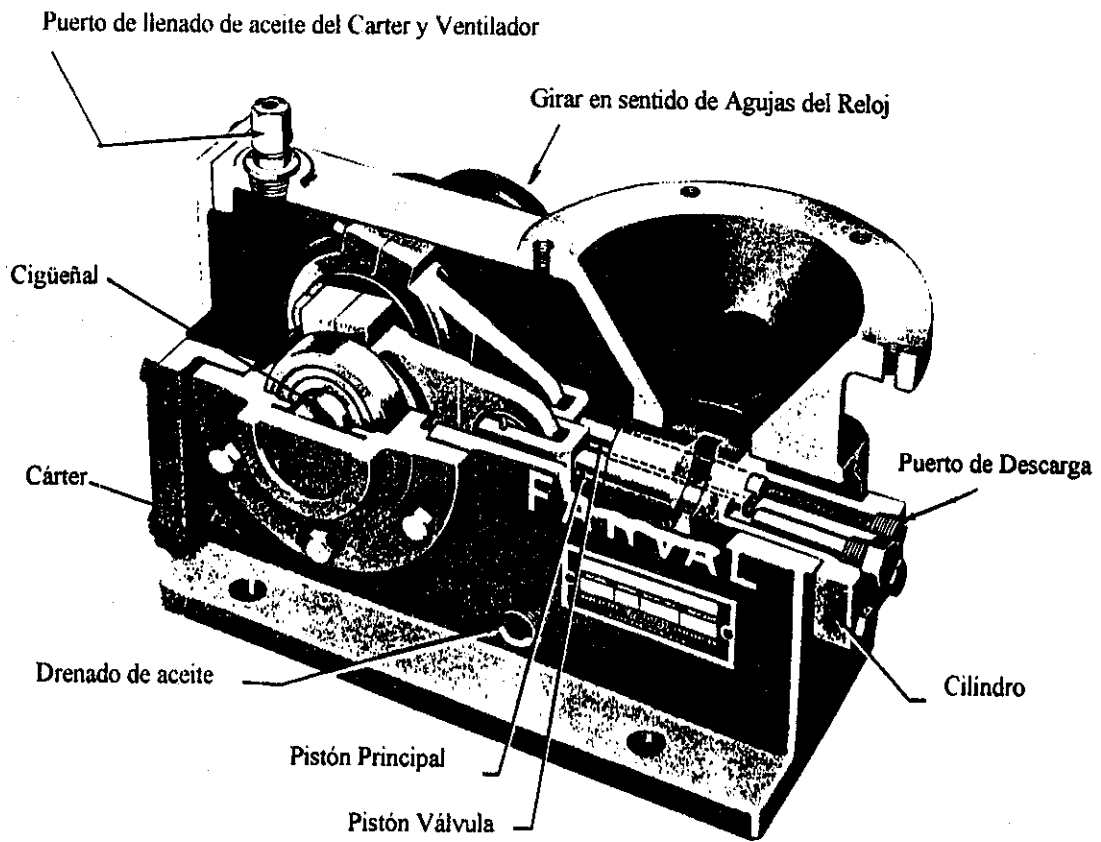
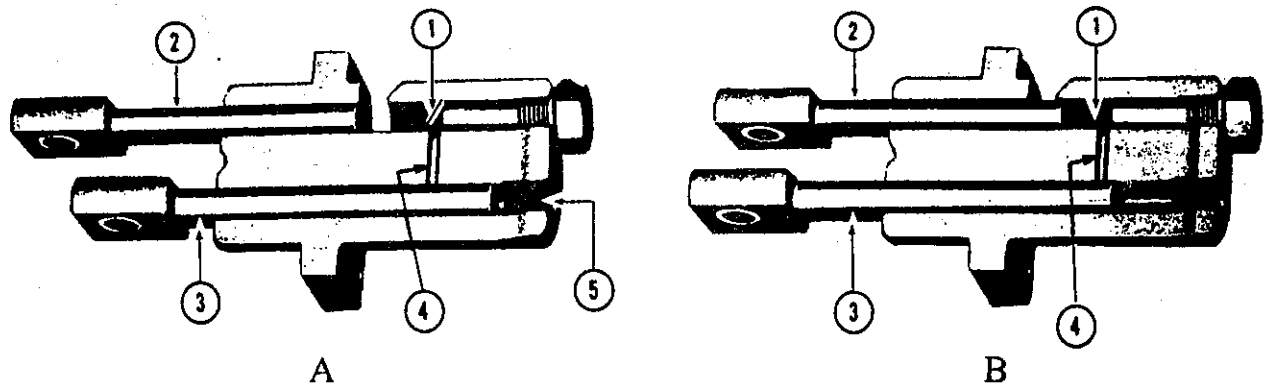


figura 1.4 Bomba de lubricante.

La bomba funciona de acuerdo con la siguiente secuencia: ver figuras 1.5 de la A a la F.

A. El lubricante entra a la recámara principal (1) desde el depósito de lubricante, cuando el pistón principal (2) alcanza el punto muerto inferior, que es el extremo izquierdo de los cilindros, el pistón válvula (3) bloquea el puerto de descarga (4) y la salida (5) a la línea de suministro del sistema.

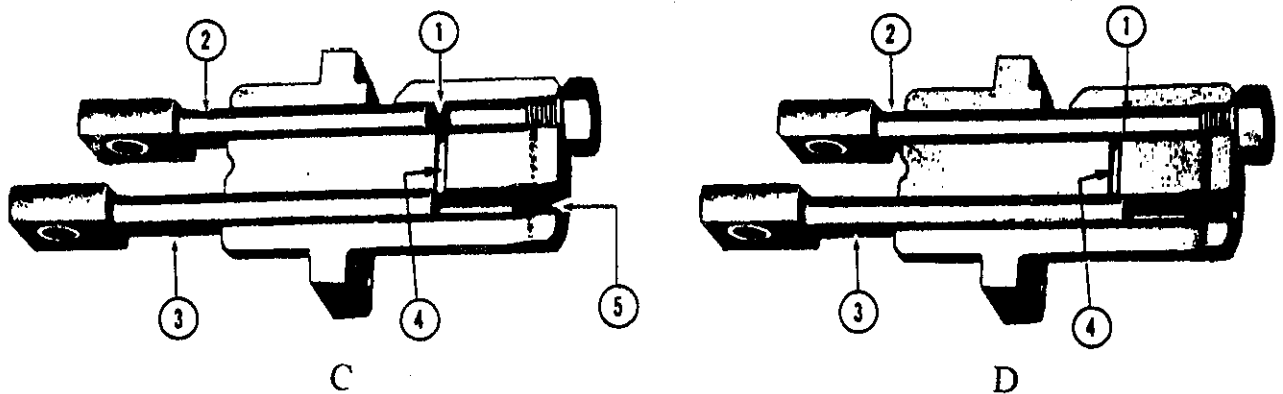
B. El pistón principal (2) se mueve a la derecha ejerciendo presión sobre el lubricante en la cámara principal (1) también el pistón válvula (3) se mueve a la izquierda para abrir el puerto de descarga (4).



figuras 1.5 A y B, Funcionamiento de la bomba.

C. El pistón principal (2) continúa a la derecha empujando el lubricante desde la recámara principal (1) a través del puerto de descarga (4) y la salida (5) a la línea de suministro del sistema, el pistón válvula (3) continúa hacia la izquierda.

D. El pistón principal (2) alcanza el punto muerto superior, extrema derecha, inyectando todo el lubricante desde la recámara principal (1), el pistón válvula (3) se mueve a la derecha para cerrar el puerto de descarga (4).



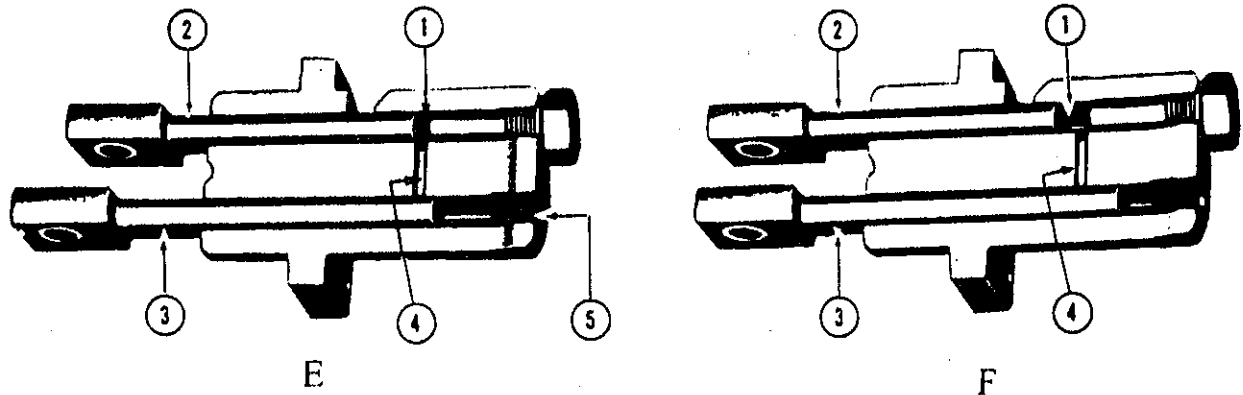
figuras 1.5 C y D, Funcionamiento de la bomba.

E. El pistón principal (2) se mueve a la izquierda, creando un vacío en la recámara principal (1) mientras el pistón válvula (3) continúa hacia la derecha bloqueando el puerto de descarga (4) y la salida a la línea de suministro (5).

F. El pistón principal (2) continúa hacia la izquierda preliminarmente para abrir el puerto de

lubricante a la recámara principal (1), el pistón válvula mantiene el puerto de descarga (4) cerrado. La secuencia se repite cuando el pistón principal alcanza la posición original.

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 también la destruye, especialmente, los cilindros y los pistones.



figuras 1.5 E y F, Funcionamiento de la bomba.

1.1.5 Válvula de alivio-estrangulamiento.

Está colocada después del puerto de salida de lubricante de la bomba, ésta 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. Ver figura 1.2.

1.1.6 Válvula reversible.

Esta válvula 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, el cual se describirá más adelante; así, el flujo es dirigido primero a un puerto de entrada de las válvulas de medición y, luego, al 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 usa 2 manómetros con rango de 0 a 5000 psi al final de cada línea de retorno para observar la presión de retorno. Existen 2 tipos de válvulas reversibles, dependiendo del lubricante que se 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 lubricantes. Ver figuras 1.6 y 1.7.

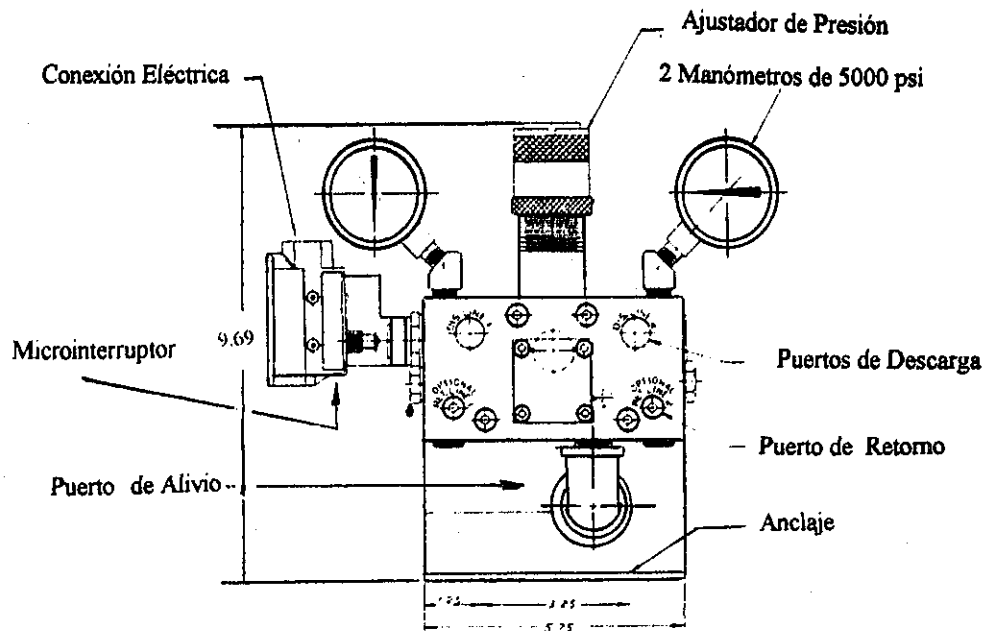


figura 1.6 Válvula reversible tipo DR460A (para grasa).

El funcionamiento de la válvula se describe a continuación.

En la figura 1.7, se puede apreciar la mitad de un ciclo de operación, sus componentes son mostrados en un mismo plano para más claridad, el otro medio ciclo es idéntico, sólo que la presión es aplicada en la línea "L2" del sistema y la línea "L1" se convierte en retorno, al final del segundo ciclo, el pistón "A" y el interruptor deberán regresar a la posición original. Las líneas en blanco indican que éstas están presurizadas.

Posición No.1 Bajo presión de la bomba, el lubricante entra a la válvula reversible por el puerto de entrada "S" con el pistón "A" dirigiendo el flujo a la línea principal de suministro "L1"; el pistón "A" en esta posición también conecta la línea principal de suministro "L2" a través del pasaje mostrado con la línea en blanco y negro a la línea de alivio "N", la cual está conectada al depósito de lubricante. Las líneas blancas indican el lubricante presurizado, el cual tiene al pistón "A" en la posición mostrada. La presión levantada en "L1" hace que las válvulas de medición descarguen la grasa en los puntos de lubricación e incrementa la presión de retorno en "R1" de la línea "L1".

Posición No.2 Después que las válvulas de medición han descargado su volumen de lubricante a las chumaceras, se incrementa la presión en el retorno "R1", para mover el pistón "B" a una nueva posición; el pistón "B" luego dirige el lubricante (mostrado en líneas blancas) de la línea de suministro "S" al final del lado derecho del pistón "A" conectando la recámara del lado izquierdo del pistón "A" a la línea (en blanco y negro) de alivio "N".

Posición No.3 El lubricante presurizado que pasa a través del puerto "S" ha movido el pistón "A" a la posición mostrada, el pistón "A" en esta posición conecta la línea "L1" a través del pasaje mostrado con la línea en blanco y negro al alivio "N", éste también dirige el flujo de lubricante de la entrada "S" a la línea principal de abastecimiento "L2". El pistón "A" tiene en un extremo el vástago "D", éste se mueve de acuerdo con el pistón y sirve para activar un microinterruptor que desconecta el motor de la bomba cuando ha terminado medio ciclo de lubricación.

La unidad central de bombeo permanece en reposo después de cada medio ciclo de lubricación, y, durante este tiempo, no es aplicada ninguna presión en las líneas principales de suministro (dos circuitos).

Cuando la bomba es activada nuevamente por el contador eléctrico de tiempo (Timer), el lubricante que a través de "S" es dirigido a la línea "L2", como se muestra en la figura 1.7, es presurizado y mueve todas las válvulas de medición nuevamente y se desarrolla una presión en el retorno "R2" de la línea "L2"; solamente después que las válvulas de medición han descargado el lubricante, suficiente presión es levantada en el retorno "R2" para mover el pistón "B" a la posición No.1 descrita anteriormente.

El lubricante presurizado que entra en "S" es, así, otra vez, dirigido al final del lado izquierdo del pistón "A", causando que éste se mueva de nuevo a la posición No.1 y el vástago activa el interruptor, haciendo este que se detenga el motor de la bomba.

Un resorte ajustable sujeta el sector "C" en la válvula reversible para controlar la presión al final del retorno, sea ésta, la línea "R1" ó la "R2", para mover el pistón "B" en ambas direcciones, este simple recurso controla la presión de operación del retorno del sistema.

Este resorte está sujeto a un brazo que está conectado directamente al sector "C", el cual es movido por una cremallera que tiene el pistón "B", este resorte, a su vez, está sujeto a un tornillo que, al girarlo, puede tensarlo, aflojarlo, aumentando o desminuyendo de esta manera la presión de retorno del sistema.

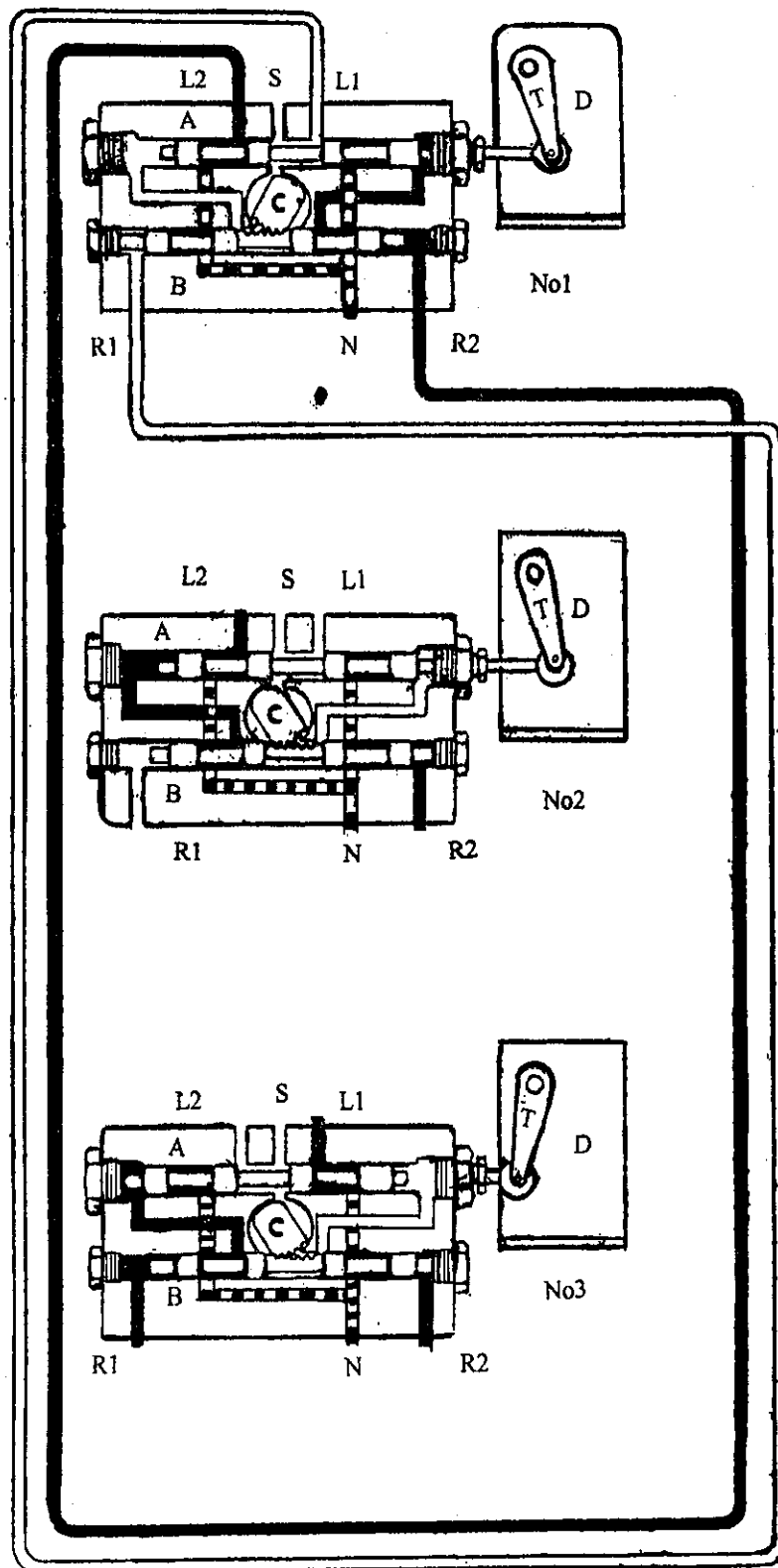


figura 1.7 Funcionamiento de la válvula reversible.

1.1.7 Microinterruptor.

Este dispositivo sirve para detener el motor de la bomba, es activado por el vástago que tiene el pistón "A" de la válvula reversible, según se mencionó anteriormente. Está relacionado con el contador eléctrico de tiempo formando un circuito de 2 vías. Ver figura 1.6

1.1.8 Contador eléctrico de tiempo (Timer).

Sirve para el control del Sistema Dual Farval de Circuito cerrado y de otros tipos, éstos 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, el cual puede activar una alarma, ya sea auditiva o visual, que indique falla en el sistema y detiene la bomba, y, si se desea, puede detener el equipo que se está lubricando.

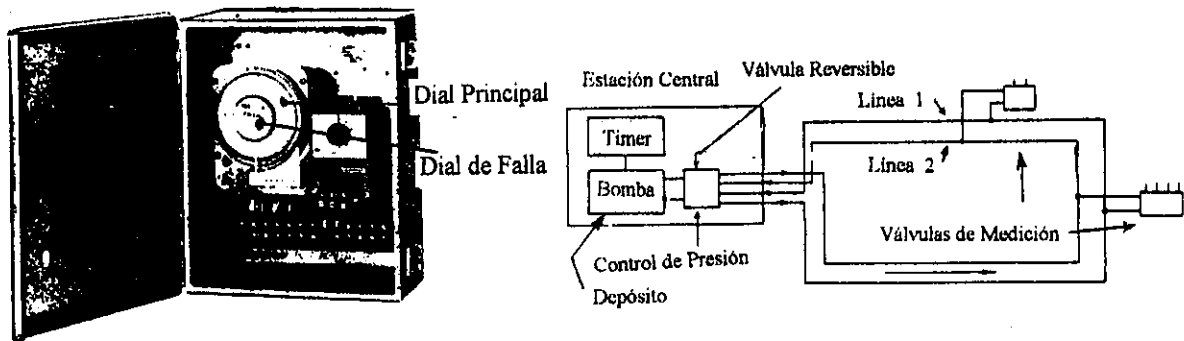


figura 1.8 Contador eléctrico de tiempo modelo K5

figura 1.9 Sistema básico de circuito.

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. El timer también tiene un dispositivo que permite intervalos de tiempo mayores que los que proporciona el dial. Este disco saltador, como se le llama, hace esto con clavijas insertadas en la base de los agujeros ranurados en la base de sus brazos y funcionan de igual forma que los otros. Hay tipos de Contadores eléctricos de tiempo: para 1 hora y para 24 horas de servicio, para voltajes de 120, 220 y 440 v. de 50 Hz y 60 Hz. Ver figura 1.8; la figura 1.9 muestra un sistema básico de circuito.

1.1.8.1 Ciclo de lubricación del sistema.

Es el tiempo en el cual la bomba funciona 2 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. En la figura 1.10 se puede ver un ciclo típico de lubricación.

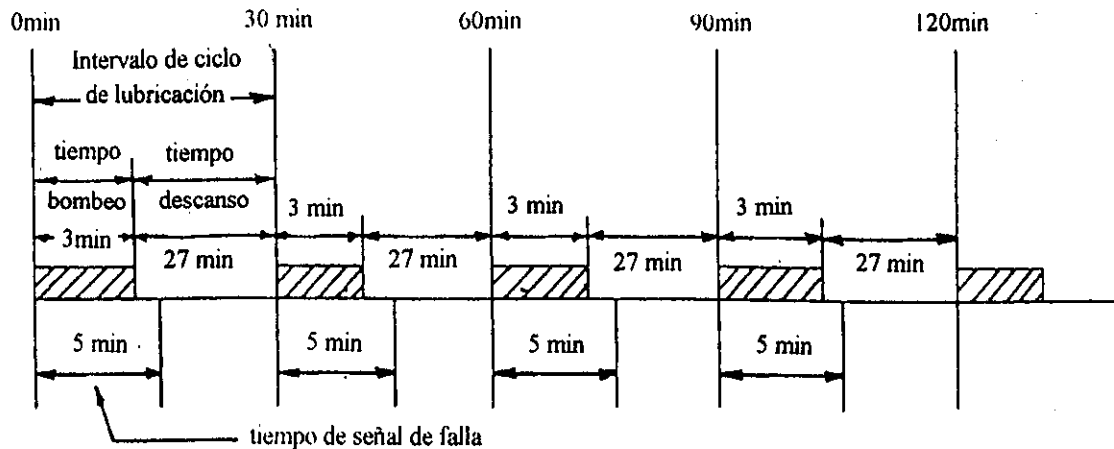


figura 1.10 Ciclo de lubricación del sistema.

1.1.9 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 unos conductos internos por donde circula el lubricante que se va a suministrar, tiene acoplados otros elementos, éstos se van a describir más adelante.

Hay dos tipos: las válvulas DD y las válvulas DM, éstas funcionan hidráulicamente y son, individualmente, ajustables respecto del volumen de grasa 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 grasa a 8 puntos de lubricación y un bloque con 4 válvulas DM solamente puede descargar lubricante a 4 puntos de lubricación; las válvulas de medición DD y 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; 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 1.11 y 1.12.

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 1.11.

Los bloques traen en la parte más ancha, un código que describe sus características, por ejemplo si las válvulas son tipo DD o, sea, de 2 puertos de descarga por pistón o tipo DM que traen 1 puerto de descarga por pistón; además, el tamaño de las válvulas y el número de éstas por bloque. Si el bloque trae la denominación DM43, DM significa que solamente se tiene un puerto de descarga por válvula, el número 4 indica que descarga 0.135 Pul³ por tiempo⁷ y el número 3, que el bloque tiene 3 válvulas. Las series 100 y 250, traen el vástago mencionado con anterioridad, la serie 251, no lo traen.

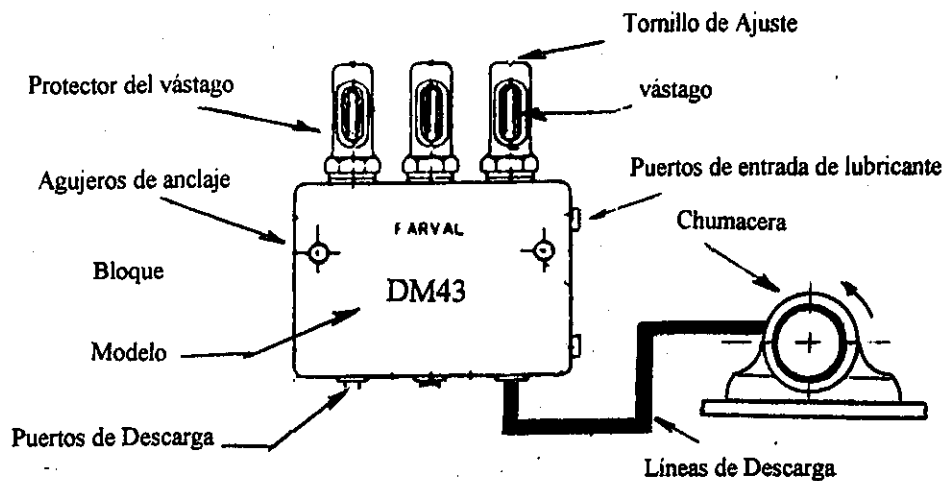


figura 1.11 Válvulas de medición tipo DM43.

1.1.9.1 Funcionamiento de las válvulas de medición.

Las válvulas de medición DD funcionan como se indica. Ver figura 1.12.

- A. El lubricante presurizado entra a la válvula y fuerza al pistón piloto a bajar, permitiendo que la presión actúe en la parte superior del pistón principal y éste empieza a bajar.
- B. El pistón principal se mueve hacia abajo y fuerza al lubricante de esta recámara a pasar por la parte baja del pistón piloto y salir a la línea de descarga de lubricante.
- C. El lubricante presurizado, entra a la válvula forzando al pistón piloto a subir, permitiendo que la presión sea aplicada en la parte baja del pistón principal y éste, a su vez, se mueve hacia arriba.
- D. El pistón principal se mueve hacia arriba bajo presión y fuerza al lubricante de esta

recámara a pasar por la parte alta del pistón piloto y salir a la segunda línea de descarga del lubricante.

Las válvulas DD también pueden funcionar descargando lubricante a un solo punto de lubricación, solamente se pone un tapón al puerto que se quiere bloquear y se cambia el tapón de desvío por otro tapón y se obtiene el cambio, descargando lubricante a un solo punto de lubricación. Ver figura 1.12A.

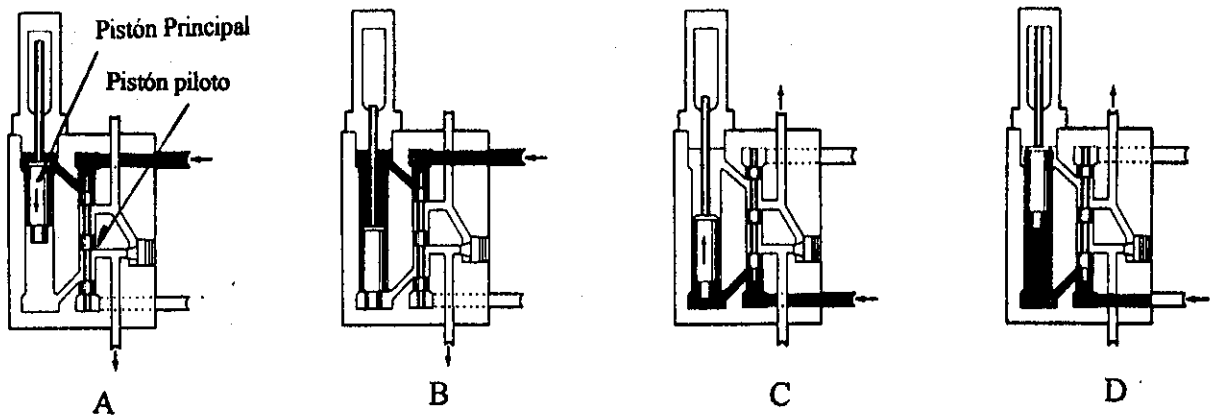


figura 1.12 Válvula de medición tipo DD

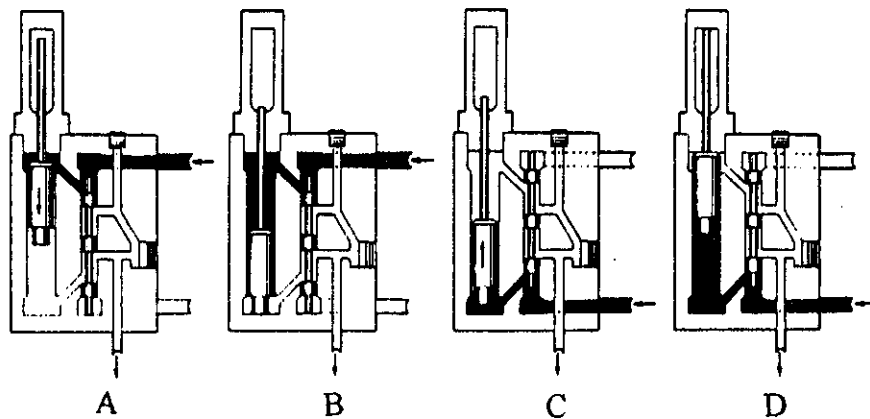


figura 1.12A Válvula de medición tipo DD.

Las válvulas de medición DM funcionan, exactamente, igual que las Válvulas DD con la diferencia que sólo tienen un puerto de descarga. Ver figura 1.13.

Si algunos de los puertos de descarga de las válvulas no se van a usar, se les puede colocar un tapón y el resto de puertos de descarga del bloque seguirán descargando lubricante, normalmente.

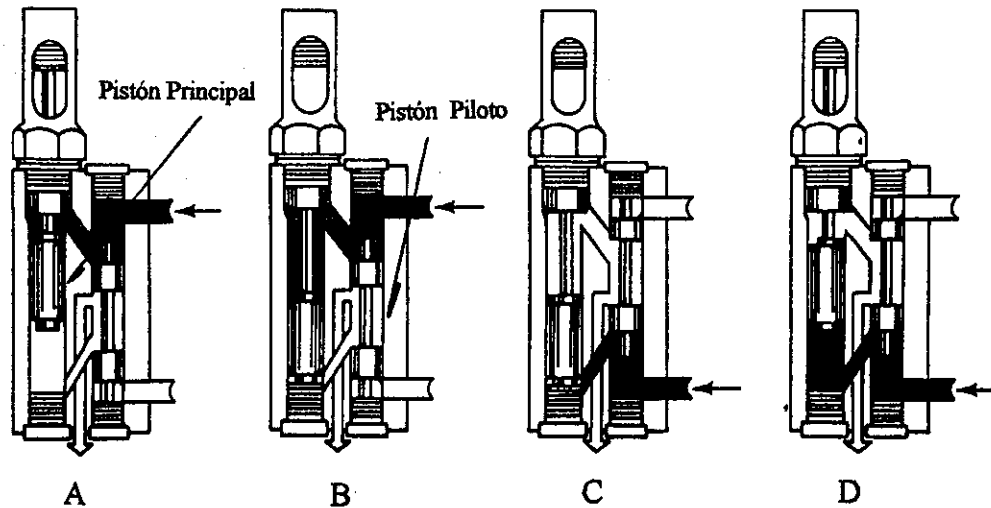


figura 1.13 Válvula de medición tipo DM.

La descarga de lubricante de las válvulas de medición puede ser determinada por 3 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.

1.1.10 Funcionamiento general del sistema.

Contador eléctrico de tiempo enciende el motor de la bomba y así se inicia medio ciclo de lubricación, la bomba empieza a levantar presión en una de las dos líneas principales de suministro (dos 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 de lubricante del sistema.

La presión continúa incrementándose, cuando ésta 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 regulador 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 es desplazado, activa el microinterruptor 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 anteriormente descrita se repite exactamente, sólo que con la otra línea de

suministro, las válvulas de medición regresan a su posición original. Ver figura 1.1 y 1.7.

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.

1.1.10.1 Recorrido del flujo de lubricante.

El lubricante pasa del depósito a la bomba, ésta crea un flujo y lo va presurizando, este flujo pasa a la válvula de alivio o estrangulador, 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 de 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.

1.2 Accesorios.

Son todos aquellos elementos que complementan el Sistema Centralizado de Lubricación Dual Farval y éstos son: tubos de hierro negro para alta presión CD#40 o CD #80, tubing, fittings de bronce; mangueras de flexibles para alta presión y alta temperatura, sujetadores de tubo, conectores, codos, tees, uniones universales, reducidos bushing, válvulas de aguja, coplas, adaptadores, sellos; lo anterior puede ser de hierro negro o de bronce para alta presión, manómetros, bocinas (alarma del contador eléctrico de tiempo), alambre para conexiones eléctricas, etc, estos accesorios se seleccionan de acuerdo con el diseño del sistema y vienen en variedad de tamaños.

CAPITULO 2

2 COMPONENTES Y FUNCIONAMIENTO DE UN TANDEM DE MOLINOS TIPICO, ASPECTOS QUE PUEDEN AFECTAR EL FUNCIONAMIENTO DE LAS CHUMACERAS DE LAS MAZAS

Es importante familiarizarse con cada uno de los componentes que conforman el tándem de molinos de un ingenio azucarero típico, para comprender mejor su funcionamiento. Los componentes están relacionados entre sí y tienen, como objetivo primordial, extraer la mayor cantidad posible de guarapo (jugo de caña) de la caña de azúcar; para esto es necesario realizar un buen montaje del tándem y, además, aplicar técnicas adecuadas de extracción de jugo.

Existen algunos aspectos que pueden afectar el funcionamiento del tándem de molinos y en especial el funcionamiento de la chumaceras de las mazas; en el desarrollo del presente capítulo se mencionarán estos aspectos.

2.1 Componentes principales de los molinos.

Los molinos son partes muy importantes del tándem, son los que realizan la extracción del guarapo, en el cual está contenida la sacarosa, azúcar común; para lograr su objetivo, los molinos cuentan con una serie de componentes que se describen a continuación.

2.1.1 Vírgenes.

Son bastidores bastante robustos de acero que tienen varios compartimientos en donde van alojadas las chumaceras de las mazas; además, a éstas van acoplados todos los componentes que conforman el molino. Cada molino usa dos vírgenes. Ver figura 2.1 y 2.2.

2.1.2 Mazas o cilindros.

Son cilindros de grandes dimensiones que están compuestos por un eje de una longitud total de entre 160" y 180", revestido de una camisa de hierro fundido que oscila de entre 48" y 84" de longitud, un rallado especial para aumentar la superficie de contacto de diámetro de 24" a 36"; el eje tiene un muñón en cada extremo, éstos giran sobre unas chumaceras con tejas de bronce; su peso oscila entre 12 y 18 toneladas aunque hay de mayor tonelaje, el ángulo del rallado es de 45° y 50°. Generalmente los molinos usan 3 ó 4 mazas, los nombres de éstas son: maza bagacera, maza cañera y maza superior, cuando tienen 4 mazas a la otra maza se le llama cuarta maza; en las figuras 2.1, 2.2, se observa la posición de las mazas en el molino y sus respectivos nombres. En la figura 2.4 se muestra una maza y sus partes.

2.1.3 Cabezotes.

Son dispositivos hidráulicos que están conformados 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 regular tamaño; su función es ejercer mayor fuerza o carga sobre la maza superior, de 180 a 220 toneladas, aproximadamente; con el fin de que ésta haga mayor compresión sobre la caña que pasa por debajo de ella y encima de las otras mazas, mejorando grandemente la extracción de 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. Ver figuras 2.1, 2.2 y 2.3.

2.1.4 Acumulador hidráulico.

Este es una especie de recámara que tiene conexión directa con el cabezote hidráulico por medio de una manguera de alta presión y es el encargado de amortiguar la sobreflotación de la maza superior debida al colchón de caña que pasa debajo de ésta; está conformado por un cilindro o botella de metal que tiene en su interior una bolsa de hule que contiene gas nitrógeno a presión; al haber una sobrecarga, el fluido hidráulico fluye hacia el acumulador y la bolsa de hule que contiene el gas nitrógeno se comprime, aliviando, de esta manera, las sobrecargas que se presentan. Ver figuras 2.3 y 2.5.

2.1.5 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 el centro un tornillo de potencia que sirven para fijar las chumaceras en una posición determinada impidiendo que éstas se deslicen al compresionar la caña. Ver figura 2.1 y 2.5.

2.1.6 Peines.

Son piezas de hierro fundido, dentadas longitudinalmente, estos dientes van alojados directamente en el rallado de las mazas, cada maza utiliza su respectivo peine y su función es evitar la acumulación de bagazo entre este rallado, limpiándolo constantemente; este peine está acoplado a las vírgenes por medio de un eje y un tornillo de potencia que sirve para ajustarlo, de tal manera, que desempeñe bien su función. Ver figuras 2.1, 2.2 y 2.5.

2.1.7 Cuchilla central.

Es una pieza parecida a los peines, al igual que éstos, es dentada pero en ambos lados, sus dientes van alojados entre el rallado de la maza bagacera y el rallado de la maza cañera, pero no las limpia, su objetivo principal es servir de paso a la caña que pasa entre las mazas superior y cañera y superior y bagacera, va montada sobre un puente, es así como queda acoplada al molino, cuenta con dispositivos para ajustarla, según sea necesario. En las figuras

2.1 y 2.5 se puede observar la posición de ésta, respecto de las mazas cañera y bagacera.

2.1.8 Coronas.

Son engranajes rectos de grandes dimensiones, su función es transmitir potencia y movimiento de una maza a otra; por medio de la transmisión (catarina) se transmite la potencia a la maza superior y ésta, a su vez, la transmite a las otras mazas por medio de estos engranajes o coronas como se les llama. Estas son lubricadas por aspersión o por baño, con lubricantes sólidos (grasas) o lubricantes líquidos, generalmente, de tipo asfálticos (aceites) y, de esta manera, se protegen del desgaste. Ver figura 2.2.

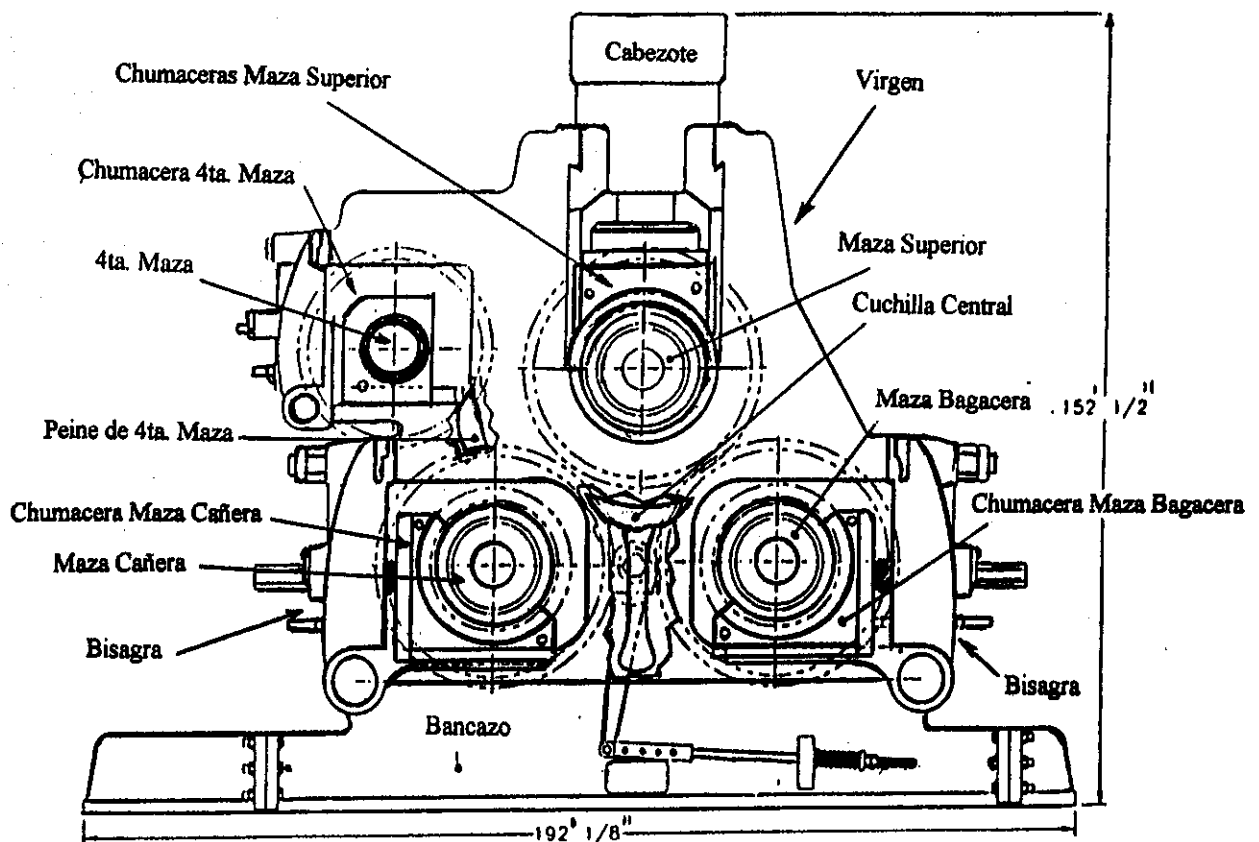


figura 2.1 Molino, algunos de sus componentes principales.

2.1.9 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 si hay circulación de agua de enfriamiento dentro de las chumaceras y a qué temperatura está ésta. Ver figura 2.5.

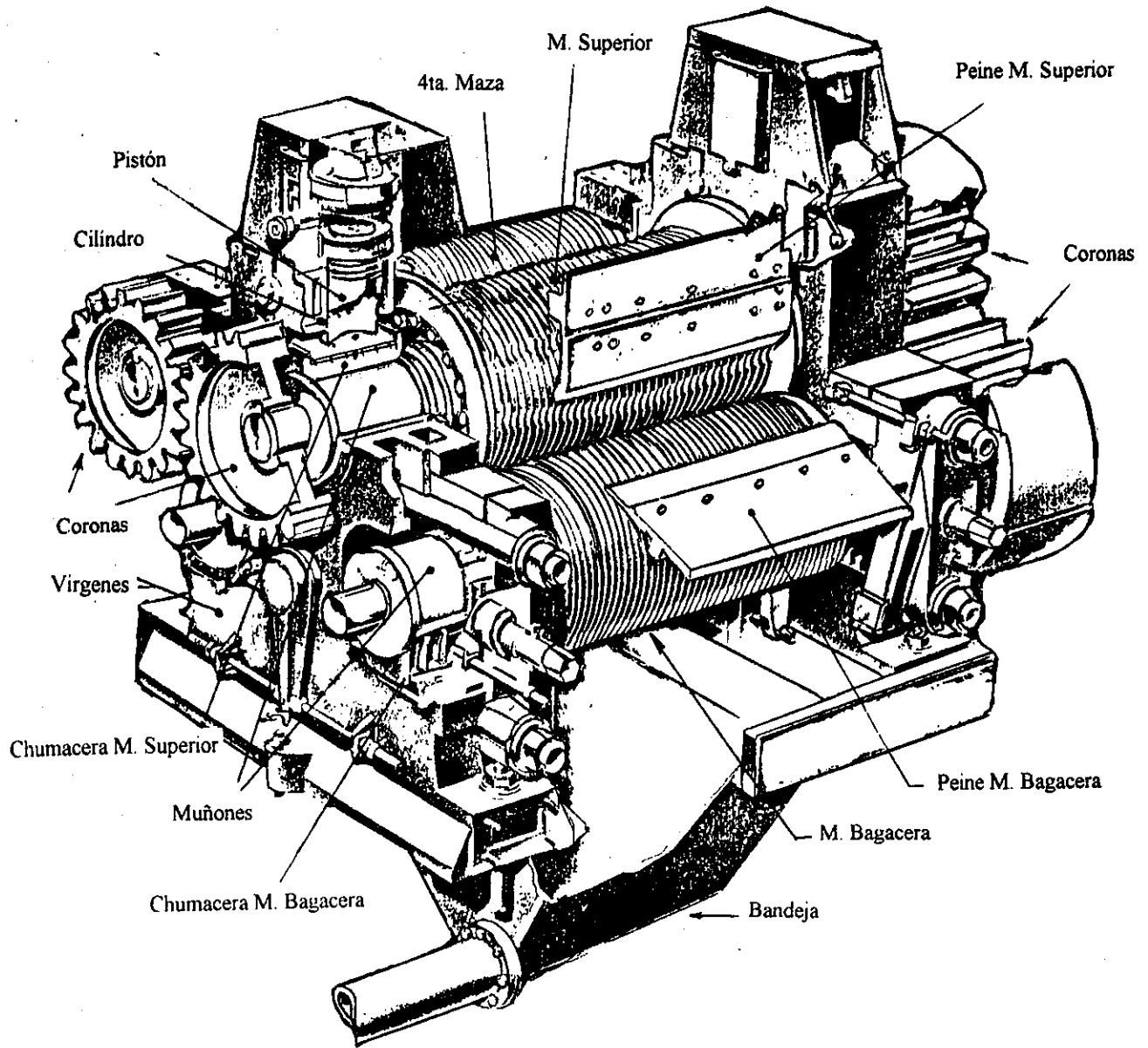


figura 2.2 Molino y sus componentes, vista isométrica con varios cortes.

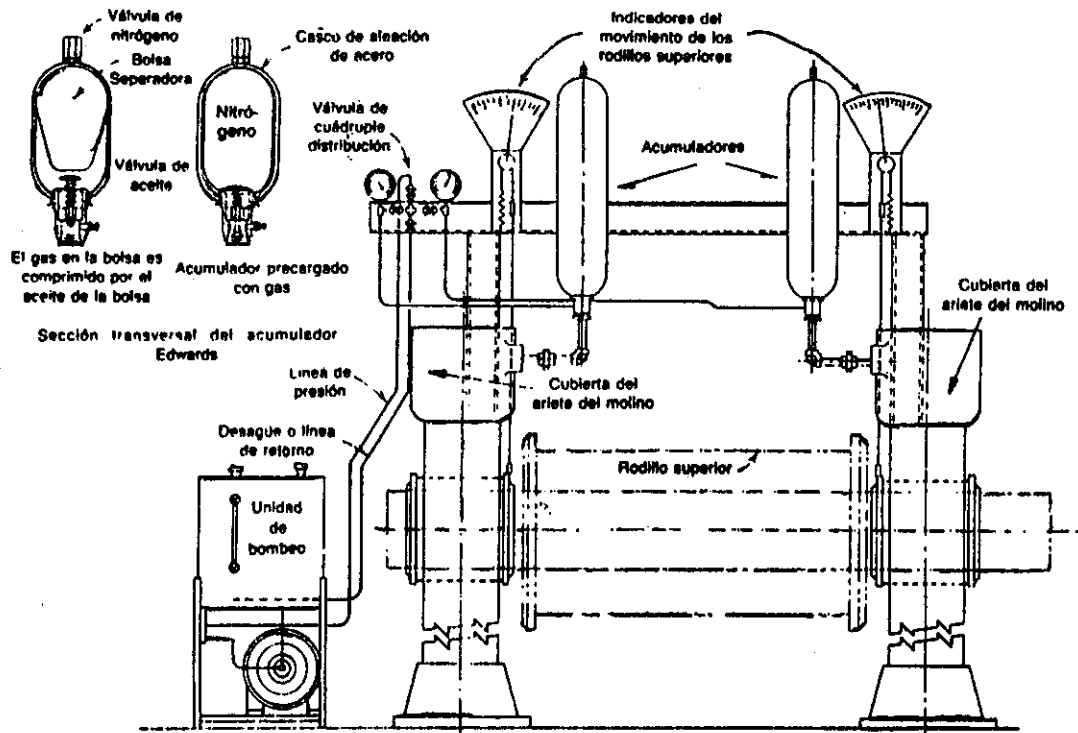


figura 2.3 Acumuladores hidráulicos del molino.

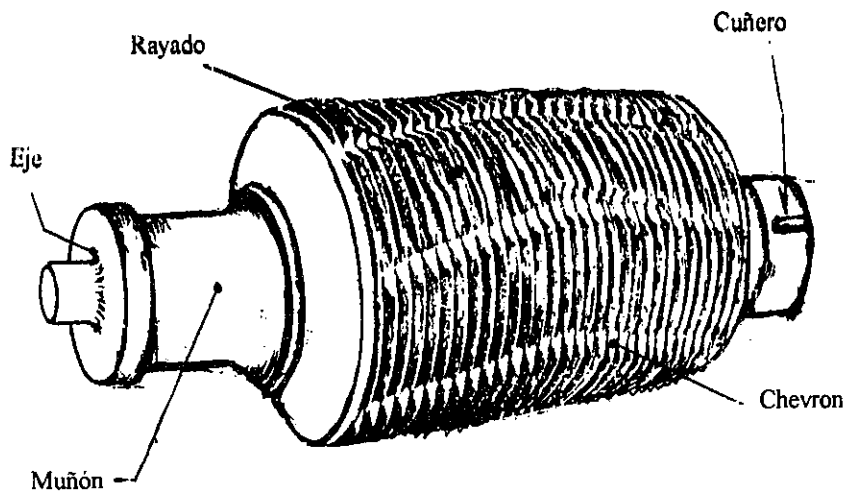


figura 2.4 Maza y sus partes.

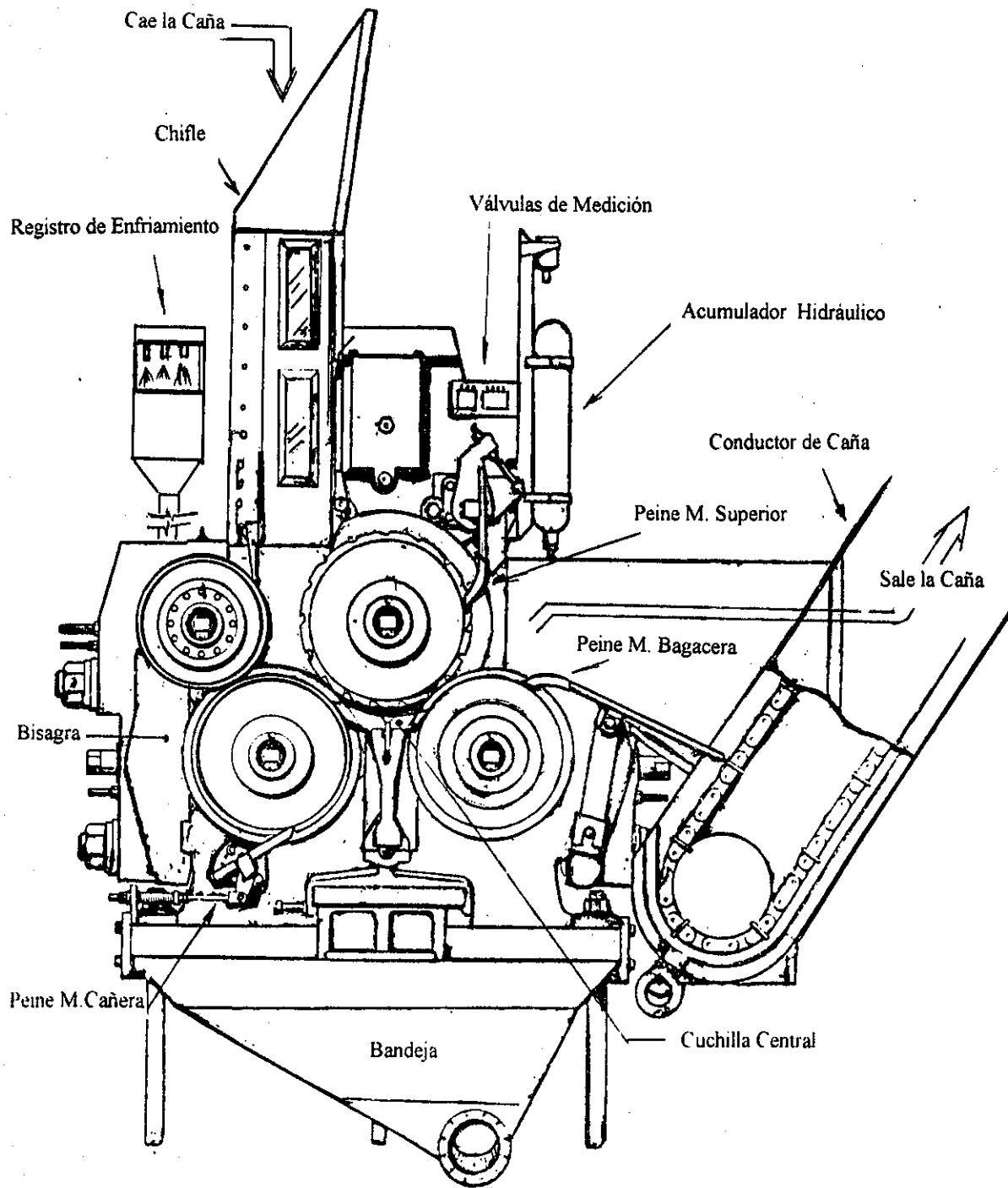


figura 2.5 Molino, otros componentes principales.

2.1.10 Bancazo.

Se llama, así, a un 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. Ver figura 2.1.

2.1.11 Válvulas de medición.

Son las mismas que se mencionan en el capítulo anterior; los puertos de descarga de éstas están acoplados a unos tubing, que llevan el lubricante a las chumaceras, el lubricante llega a los puertos de entrada de la teja y por medio de unos conductos llega a la ranura transversal y allí se aloja, éste es tomado por el muñón de la maza cuando ésta gira y, así, se logra la lubricación. Estas van ancladas en las cercanías de las chumaceras, de preferencia en lugares en que estén protegidas y que sean de fácil supervisión. Ver figuras 1.11 al 1.13 capítulo anterior y figura 2.5.

2.1.12 Chumaceras.

Son cojinetes planos bastante robustos en los que giran los muñones de las mazas; están conformados por tejas de bronce acopladas a una estructura de hierro fundido, aunque también existen chumaceras que son completamente de bronce; tienen una entrada para el agua de enfriamiento, la que viene de una tubería que constituye el sistema de suministro del agua de enfriamiento; esta agua hace su recorrido por unos compartimientos que están dentro de la estructura de la chumacera y, luego, sale por otro agujero 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 a que son sometidas.

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 maza mientras ésta gira. Las chumaceras, generalmente, son lubricadas por medio de un sistema centralizado de lubricación, el cual les suministra lubricante, periódicamente, para evitar el desgaste debido a la fricción. A continuación se describen las chumaceras de las mazas.

A. Chumaceras de la maza superior.

Están compuestas de dos partes, la parte inferior es una teja de bronce donde descansa el muñón, ver figura 2.6 A, esta teja va alojada en un compartimiento en la vírgen 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 ó de bronce, donde va ensamblada la teja (fig. 2.6 A), ver figura 2.6 B; cuando se está moliendo caña, la maza superior flota y son estas chumaceras las que trabajan, ya que sobre éstas es donde se aplica la carga necesaria para realizar la extracción del guarapo de la caña. Ver figuras 2.1, 2.6 A y 2.6 B.

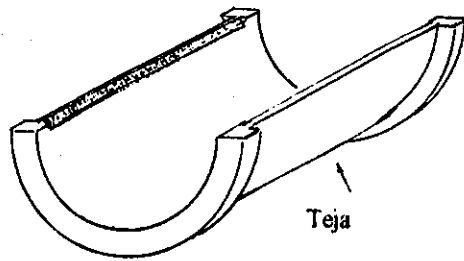


figura 2.6 A, Teja.

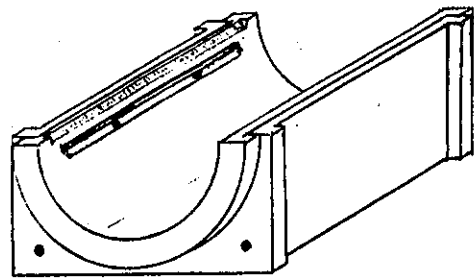


figura 2.6 B, Chumacera.

B. Chumaceras de la maza bagacera.

Estas están conformadas por una teja igual a la mencionada anteriormente y una estructura que le sirve de soporte, éstas son un tanto diferentes a las anteriores, la teja describe medio cilindro y está en forma inclinada formando un ángulo de 45° respecto de la vertical, los muñones de la maza giran sobre las tejas y encima llevan un colector de metal en forma de medio cilindro, esta pieza, generalmente, es de acero inoxidable y tiene en lado interior, es decir en la parte que da al muñón, dos tiras de fieltro en los extremos y su objetivo es proteger el muñón del bagazo, guarapo, agua, etc. y también evitar que el lubricante se derrame o se contamine. Ver figuras 2.1 y 2.7.

C. Chumaceras de la maza cañera.

Se podría decir que son, exactamente, iguales a las anteriores, la única variante que presentan es la posición de la ranura de lubricación y la forma en que están colocadas en las vírgenes. Ver figuras 2.1 y 2.8.

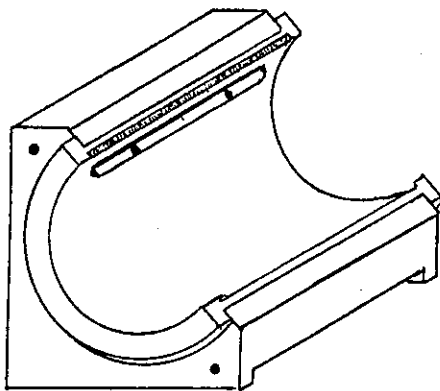


figura 2.7 Chumacera de la maza bagacera

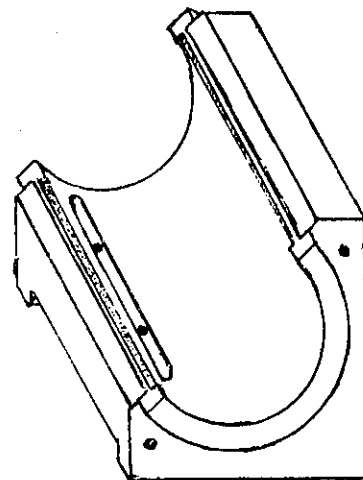


figura 2.8 Chumacera de la maza cañera.

D. Chumaceras de la cuarta maza.

La teja de las chumaceras de la cuarta maza forma un cilindro completo, no esta dividida como las chumaceras de las otras mazas, pero comparada con estas es de menor tamaño; esta al igual que las otras también cuenta con una estructura de acero. Ver figura 2.1.

2.1.12.1 Ranura y orificios de suministro de lubricante a las chumaceras.

Un aspecto muy importante en la lubricación de las chumaceras es la ranura de lubricante con que cuentan las tejas, esta ranura debe estar bien maquinada y en el lugar correcto; en esta ranura se aloja, aparte del lubricante, cantidades pequeñas 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.

Esta ranura está ubicada en el área de baja presión para que se forme una buena cuña de lubricante, proveniente de la acción hidráulica y, de esta manera, el lubricante sea aprovechado al máximo por el muñón y la chumacera; en la figura 2.9 se presenta un esquema de las chumaceras de las mazas bagacera (A) superior (B) y cañera (C) vistas del lado de espiga, el círculo punteado está ubicado en el área de baja presión y dentro de éste está representada la ranura vista de perfil; en la figura 2.10 se presenta la misma situación, en el esquema están representadas las chumaceras de las mazas cañera (A) superior (B) y bagacera (C), vistas del lado de corona, en ambas figuras se señala el sentido de giro de las mazas.

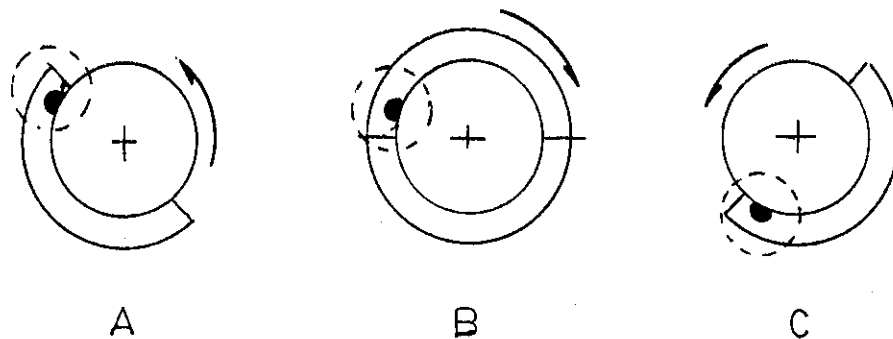


figura 2.9 Esquema de las chumaceras de las mazas bagacera, superior y cañera (lado de espiga).

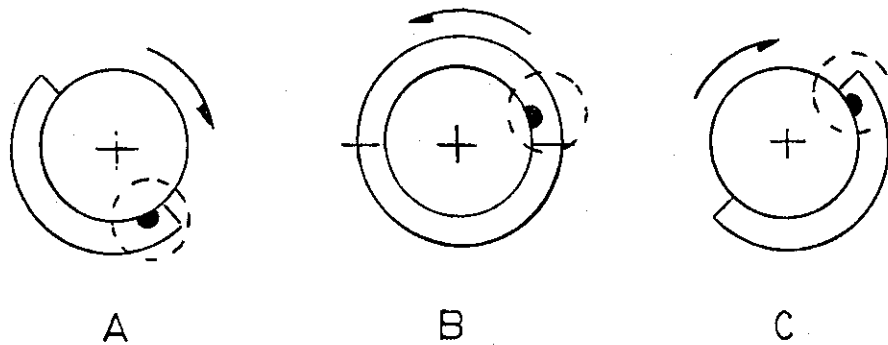


figura 2.10 Esquema de las chumaceras de las mazas cañera, superior y bagacera (lado de corona).

Las chumaceras largas, generalmente, tienen más de un orificio de suministro de lubricante, las chumaceras de las mazas, generalmente, usan 2 orificios de suministro de lubricante con diámetro de 3/8" separados 8" el uno del otro⁸; en la figura 2.11 se presenta un esquema de la ranura de lubricante, en esta se contempla la distancia aproximada a que se debe de maquinar la ranura respecto de 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, esta ubicada en el área de baja presión, ésta está frente al muñón de la maza superior, formando un ángulo de 90° respecto de la horizontal; esta ranura es similar a la mostrada en la figura 2.11, pero, por sus dimensiones, solamente usa un agujero de suministro de lubricante colocado al centro de la misma y de esta manera trabaja, eficientemente, protegiendo el muñón y la teja de la chumacera.

2.1.12.2 Biselado de las tejas de las chumaceras.

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 lubricante⁹ y, también, para evitar que se raye el muñón con los bordes agudos de la teja. Ver figura 2.11.

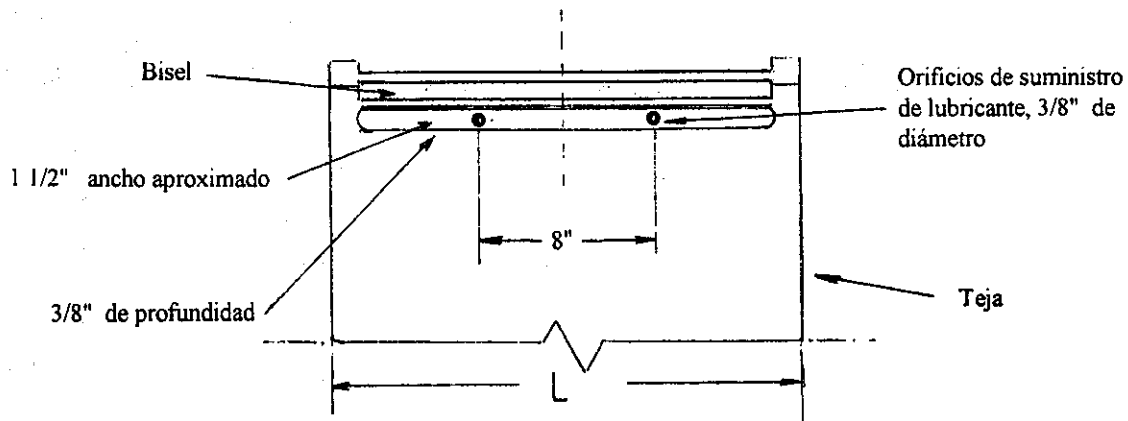


figura 2.11 Ranura y orificios de lubricación, bisel de la teja.

2.2 Funcionamiento general del tándem de molinos.

Los tándem de molinos tienen entre 4 y 7 molinos y funcionan como se indica.

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, 6 ó 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 propiamente el azúcar pero sin cristalizar; la extracción es grandemente beneficiada por la carga que el cabezote ejerce sobre la maza superior.

La caña preparada 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, sucesivamente, 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 molino y del segundo, cae 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 de azúcar que se va a triturar en el último molino se le aplica agua caliente (130°F aproximadamente) este es el proceso de imbibición, 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 compartimiento 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 por el penúltimo molino cae a su bandeja, seguidamente al colador de bagacillo y después a su compartimiento en el tanque de maceración, este guarapo es extraído y aplicado a la caña que va a ser molida triturada por el antepenúltimo molino 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 va a triturar el segundo molino, éste es proceso de maceración. El objetivo del proceso descrito anteriormente es mejorar la extracción de azúcares que contiene la caña.

Por el colador de bagacillo que está colocado arriba del tanque de maceración pasan las aspas del conductor de bagacillo, el cual se encarga de arrastrarlo y llevarlo hasta los conductores de caña preparada para que de nuevo pase por los molinos. Ver figura 2.12

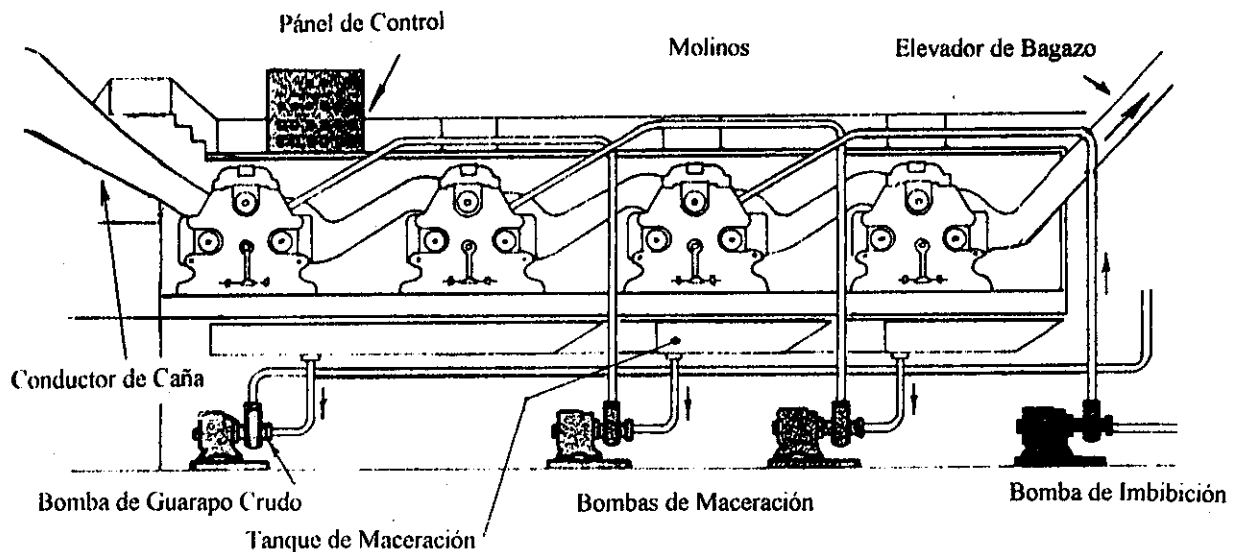


figura 2.12 Tándem de molinos.

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 a 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 las coronas; en algunos lugares se utilizan motores eléctricos de gran potencia para sustituir a las turbinas de vapor. El funcionamiento conjunto de todas las partes que conforman el tándem, está sincronizado de tal manera que el proceso sea continuo.

2.2.1 Alineamiento.

Es imprescindible que el molino esté bien alineado y a nivel, especialmente las vírgenes, mazas, peines, etc., pues, esto puede afectar su funcionamiento y deteriorar sus componentes

prematuramente, desminuyendo la capacidad de extracción del molino.

2.3 Aspectos a considerar que provocan problemas en las chumaceras de las mazas.

Los problemas que más se presentan y que influyen directamente en la vida útil de las tejas de las chumaceras son:

2.3.1 Desalineamientos.

Este es uno de los aspectos que más influye en el incremento de la temperatura, en el desgaste y el deterioro de las tejas de las chumaceras y del equipo en general; todos los componentes del molino tienen que estar bien alineados, en especial las mazas y las chumaceras; se tiene que tener presente que las cargas que se manejan son bastante altas y que un desalineamiento en el equipo induciría a un rápido desgaste y deterioro del mismo.

2.3.2 Sobre flotación de la maza superior.

La maza superior tiene que flotar una altura determinada para permitir el paso del 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 decir que la maza se desalinea y esto provoca sobrecalentamiento y desgaste en las tejas, con las consecuencias ya mencionadas.

2.3.3 Altas cargas bajas velocidades.

Las mazas son sometidas a elevadas cargas, adicionalmente a su tonelaje, es aplicada una carga a las mazas para mejorar la extracción de jugo, en especial sobre la maza superior, esto favorece el rompimiento de la película de lubricante que existen entre las tejas y los muñones de las mazas; además, las mazas giran a velocidades relativamente bajas, 6 ó 7 rpm; dificultando que sean lubricadas adecuadamente, favoreciendo el contacto metal con metal.

2.3.4 Contaminación.

Otro aspecto importante a considerar es la contaminación del lubricante; generalmente, éste se contamina con bagazo, polvo, cenizas, arena, sólidos abrasivos, agua y algunas veces con otros lubricantes, esto provoca que pierda sus propiedades y se degrade, no cumpliendo adecuadamente su función. El guarapo por su alta acidez tiende a lavar el lubricante y por consiguiente a favorecer el contacto de las superficies metálicas.

2.3.5 Superficies rugosas.

El muñón y la teja deben tener una superficie bien maquinada suficientemente lisa y uniforme; las superficies rugosas crean una mayor fricción la cual se manifiesta con altas temperaturas, también si las superficies no son uniformes en cuanto a sus dimensiones pueden provocar desgastes excesivos en ciertas áreas de las superficies que se están deslizando, deteriorandolas, prematuramente.

2.3.6 Inadecuada lubricación.

Esta puede ser provocada por un volumen deficiente de la película de lubricante entre las superficies deslizantes ó por no estar usando el lubricante adecuado; también se puede presentar por fugas, suciedad o taponamientos en las líneas de suministro de lubricante o un inadecuado funcionamiento del sistema centralizado de lubricación.

2.3.7 Construcción de las chumaceras.

Los conductos de lubricante dentro de las chumaceras deben ser del tamaño adecuado para que permitan la libre circulación del lubricante. También la ranura que se hace a la teja de la chumacera, para alojar el lubricante, debe tener las dimensiones adecuadas y estar en el lugar de baja presión para optimizar su función; El muñón no debe quedar demasiado ajustado a la teja; Los conductos por donde pasa el agua de enfriamiento deben estar despejados y limpios de tal manera que permita la libre circulación del agua para disipar mejor el calor; a la vez el agua de enfriamiento debe estar libre de sedimentos, pues, éstos tienden a engrosar las paredes é, incluso, tapar los conductos por donde ésta circula, influyendo negativamente en el enfriamiento de las chumaceras, es aconsejable que el agua de enfriamiento sea lo más frío posible para obtener mejores resultados.

2.3.8 Paradas y puesta en marcha constantes de las mazas.

Cuando se están realizando constantes paradas, 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 arranque esta película suele ser tan delgada que se rompe, creándose un contacto metal con metal, desgastando ambas superficies.

CAPITULO 3

3 DISEÑO Y OPERACION DEL SISTEMA CENTRALIZADO DE LUBRICACION DUAL FARVAL PARA LUBRICAR LAS CHUMACERAS DE LAS MAZAS DEL TANDEM DE MOLINOS DE UN INGENIO AZUCARERO TIPICO QUE SUMINISTRE UNA GRASA GRADO NLGI No. 0, Y, DETERMINACION DEL INTERVALO OPTIMO DE LUBRICACION

El objetivo principal de la estación central, es suministrar lubricante a los puntos de lubricación donde se necesita; hay que considerar qué lubricante se va a suministrar, la razón es porque algunos componentes de la estación central están diseñados para suministrar aceite y otros para suministrar grasa, es el caso del depósito de lubricante, la válvula reversible y las líneas de suministro; aunque los principios de funcionamiento de estos componentes son los mismos, físicamente son un tanto diferentes; sin embargo, se han usado componentes diseñados para aceite, para suministrar grasa (semifluida grado NLGI No.0) aunque han presentado algunos problemas con el presurizado de las líneas de suministro, se pueden considerar aceptable.

Lo más indicado y para tener buenos resultados con el diseño que se desarrolle, hay que usar los componentes, según para lo que fueron diseñados, especialmente, si se van a suministrar grasas más consistentes o de mayor grado que la grasa grado NLGI No. 0.

3.1 Variables a considerar.

Es importante definir todas aquellas variables que se relacionan con el diseño del sistema de suministro de lubricante, esto facilita los cálculos de diseño y hace más confiable el desempeño del sistema; entre las variables a considerar tenemos:

- diámetro y ancho de las chumaceras (las tejas) para efectos de diseño se asume que éstas tienen las mismas dimensiones que los muñones del eje de la maza,
- RPM a las que están girando las mazas,
- número de entradas de suministro de lubricante a las tejas, sus dimensiones y características.
- longitud de las líneas principales de suministro del sistema y las ramas que las conforman,
- duración aproximada de los ciclos de lubricación, los que pueden ser determinados de acuerdo con experiencias anteriores,
- volumen de descarga de lubricante de las válvulas de medición,
- flujo de lubricante descargado por la bomba,
- tipo de chumaceras o cojinetes,
- caídas de presión que se presentan en los tubos que conforman las líneas de suministro de lubricante.

3.2 Desarrollo del diseño.

El desarrollo del diseño de un sistema está constituido por cuatro partes¹⁰ que son:

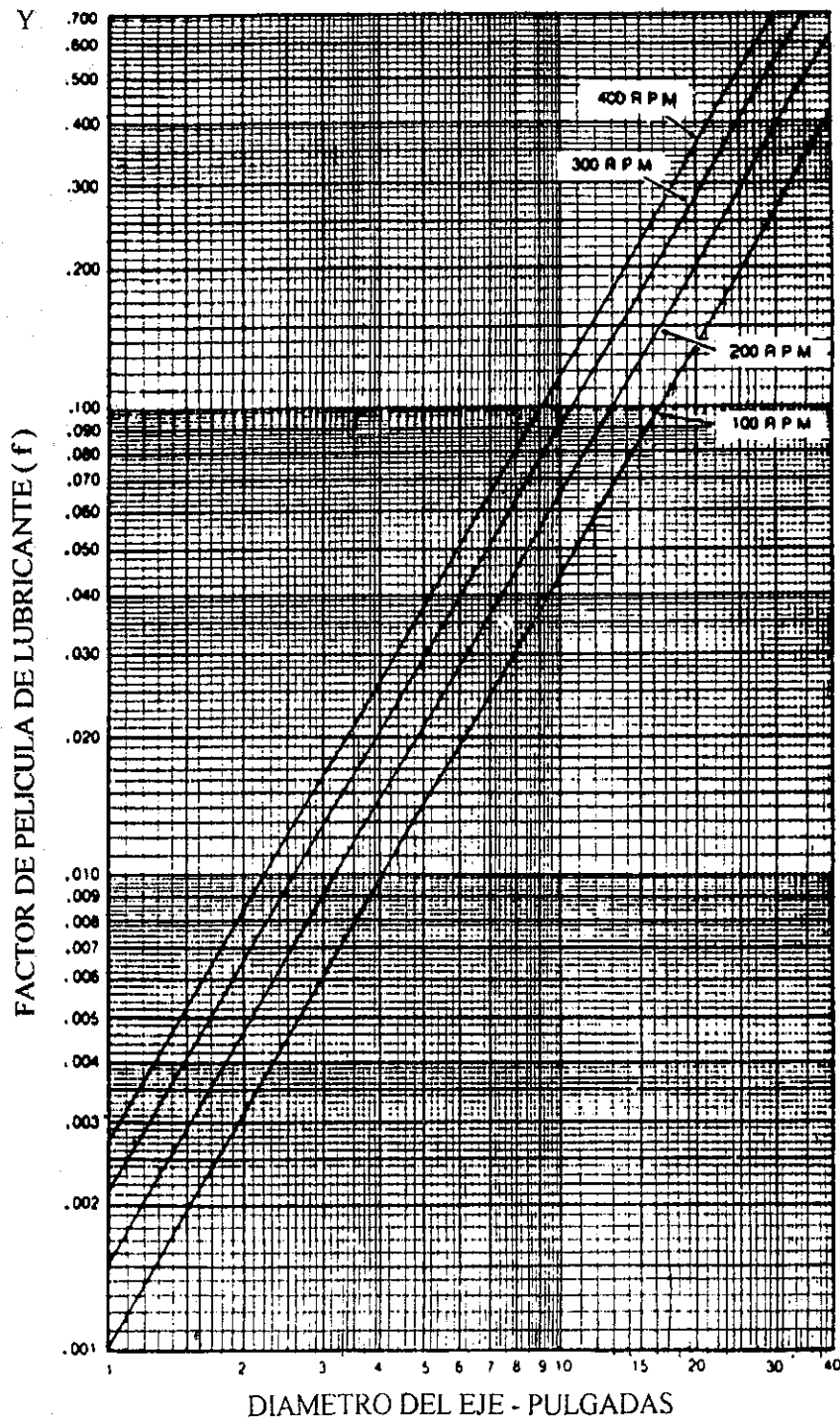
- a. selección de las válvulas de medición.
- b. selección de la estación central.
- c. selección del contador automático de tiempo (timer).
- d. planificación de la distribución de las líneas de suministro de lubricante.

3.2.1 Selección de las válvulas de medición¹¹.

El primer paso es preparar una lista de los puntos a lubricar, acompañada con un encabezado en el cual se detallen todos los datos que se consideren de importancia, ver figura 3.1 (siguiente página) éste es el punto de partida para desarrollar cualquier tipo de sistema. Se tienen que hacer las siguientes notas:

- Nota No.1: Anotar el diámetro y ancho de las chumaceras (tejas) ó los muñones de las mazas.
- Nota No.2: Anotar si los cojinetes son planos (chumaceras)"P" ó antifricción "A".
- Nota No.3: Indicar el número de rpm al que están girando las chumaceras.
- Nota No.4: Anotar el número de entradas de lubricante que tiene cada chumacera o cojinete y condición de las mismas: F, si las entradas son fijas; M, si las entradas son móviles o flexibles.

El siguiente paso es determinar el volumen de lubricante requerido para alimentar las chumaceras; el volumen de lubricante a suministrar a intervalos regulares de tiempo se le llama Volumen de película (V_1) la frecuencia de suministro se hará de acuerdo con las condiciones que se presenten y al lubricante que se va a usar; las chumaceras van a necesitar más lubricante si se encuentran en un lugar donde hay polvo, agua, calor, guarapo bagazo, etc.; ó menos lubricante si están operando en ambientes menos severos; es posible que también se necesite suministrar volúmenes pequeños de lubricante en períodos de tiempo cortos. Usar la gráfica 3.1 para cada chumacera que ha sido listada, localizar el diámetro del muñon de su eje en el plano "X", en el punto en el gráfico que represente el diámetro del eje, trazar una línea vertical hacia arriba hasta interceptar la diagonal que representa la velocidad más cercana a la que está girando el eje en rpm; si el eje está rotando a 100 rpm o menos, tomar la diagonal de 100 rpm, si el eje está rotando a 400 rpm o más usar la diagonal de 400 rpm. El punto en el cual la línea vertical y la diagonal se intersectan, trazar una línea horizontal hacia la izquierda hacia el eje "Y", el punto de intersección representa el factor de película de lubricante "f".



1 Lb de grasa = 28.93 pul³

1 gal. = 8.0 Lb. de grasa

gráfica 3.1 Determinación del Factor " f " de película de lubricante.

Para determinar el volumen de la película de lubricante se usan las fórmulas:

- a. $V_1 = (f \times L) \div N$ para las chumaceras
- b. $V_1 = f \div N$ para cojinetes antifricción
- c. $V_1 = (f \times 2) \div N$ para cojinetes antifricción de dos líneas

en donde: N es el número de entradas de lubricante por chumacera o coginete
 L es la longitud o ancho de la chumacera
 f es el factor de película de lubricante

Para el desarrollo de este punto se ha preparado un ejemplo sencillo; el volumen de película de lubricante para este ejemplo, ha sido calculado, usando la fórmula "a", teniendo presente que el lubricante a suministrar es una grasa semifluida grado NLGI No.0; el volumen "V1" que se ha obtenido para cada chumacera es luego dividido entre dos porque como se vió en el capítulo anterior, las chumaceras de las mazas cañera y bagacera describen sólo medio cilindro y es esa parte la que realmente trabaja; algo similar ocurre con la maza superior, aunque en ésta la chumacera describe un cilindro completo, sólo una de las dos trabaja a la vez, esto es cuando se está molinando caña o, simplemente, están girando sin carga.

El último paso a dar es la selección de las válvulas de medición, para esto se usan las tablas 3.1, 3.1A y la figura 3.2; el volumen que descarga la válvula seleccionada debe ser mayor que el volumen de la película de lubricante requerido, así se puede observar en el ejemplo desarrollado. Ver figura 3.3.

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		Pul. Cub.	oz. fd.		
	mínimo	máximo	mínimo	maximo				
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

tabla 3.1 Ajuste del volumen de descarga de lubricante de las válvulas de medición.

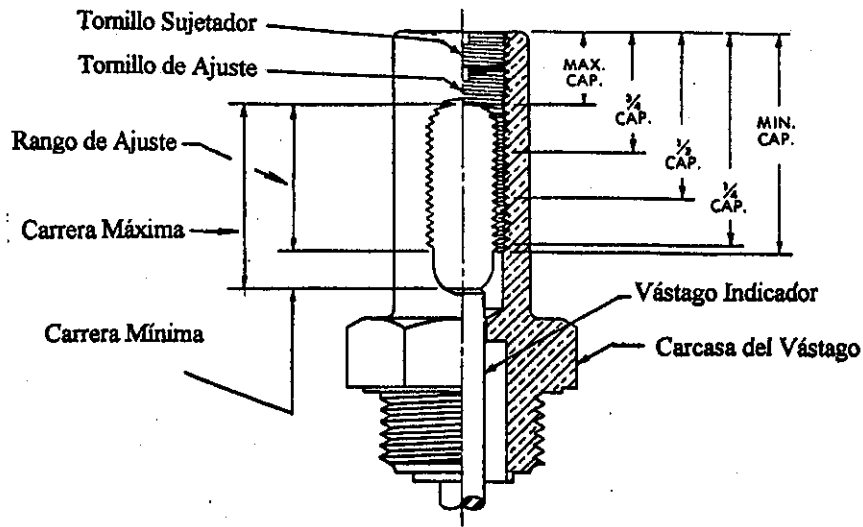


figura 3.2 Ajuste del volumen de descarga de la válvula.

MODELOS DE VALVULAS	Capacidad de ajuste de válvula en pulgadas				
	máximo	3/4	1/2	1/4	mínimo
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 3.1A Capacidad de ajuste de las válvulas en pulgadas.

En este caso se van a usar válvulas tipo DM, porque se quiere lubricar todas las chumaceras al mismo tiempo, este tipo de válvulas solamente tienen un puerto activo, a diferencia de las válvulas tipo DD que tiene 2 puertos activos. A continuación el desarrollo del diseño.

Condiciones:

- diámetro maza superior 19" y ancho o "L" 20",
- diámetro de mazas bagacera y cañera 18" y el ancho o "L" 20",
- giran a un promedio de 7 rpm,
- se toma la chumacera como un cojinete plano,
- número de entradas de lubricante por chumacera 2,
- diámetro de las entradas de lubricante a las chumaceras 1/4".

Cálculos del ejemplo.

Para la realización de los cálculos considerará solamente un lado del molino, puesto que el otro lado es, exactamente, igual. En la figura 3.3, están incluidas todas las chumaceras del molino; para chumaceras (cojinetes planos) se usa la fórmula:

$V_1 = f \times L / N$; haciendo cálculos para las mazas cañera y bagacera se tiene:

$f =$ factor de película = 0.11

$L =$ ancho de chumacera = 20"

$N =$ número de entradas de lubricante a cada chumacera: 2

$$V_1 = (0.11 \times 20") \div 2 = 1.1 \text{ Pul}^3; \text{ luego: } V_1 \div 2 = 0.55 \text{ Pul}^3 \text{ de lubricante}$$

Se ha dividido, nuevamente, entre dos, por las razones expuestas párrafos atrás. Al observar en la tabla 3.1 sobre la descarga de lubricante de las válvulas de medición se ve que el modelo DM5X descarga 0.306 Pul³ por tiempo del pistón y se necesita 0.55 Pul³ por chumacera, así que se puede usar un bloque DM54 que puede suministrar 0.306 Pul³ por válvula, si se multiplica por las 4 válvulas que trae éste, se tiene un total de 1.224 Pul³ por tiempo, que es un volumen mayor al requerido y sólo se tendría que ajustar a la descarga que se necesita por medio del tornillo ajustador. Del bloque DM54 se van a tomar dos válvulas para las chumaceras de la maza cañera y dos válvulas para las chumaceras de la maza bagacera, dos válvulas descargan en total 0.306 Pul³ x 2 = 0.612 Pul³ > 0.55 Pul³.

Para la maza superior se procede de la misma manera, sólo se cambian datos y se puede observar que para este caso se necesitan bloques DM6X con 2 puertos de salida y de igual manera hay que ajustarla a la descarga requerida. Ver figura 3.3

En las figuras 3.4 y en las tablas 3.2, se pueden observar las dimensiones de las válvulas de medición, las que son de utilidad para contemplar el espacio para colocarlas en los molinos así como, también, para diseñar los soportes para montarlas en el molino.

Empresa:		(Desarrollo del Ejemplo)		Fecha:		Hoja:									
Equipo a Lubricar:		Plano de Referencia:		Lubricante a usar:		Grasa Aceite									
Marca y/o Fabricante:		Centralizado de final de línea		Clasificación del lubricante:		Marca del Lubricante:									
Sistema de Lubricación Requerido:		Centralizado Manual		Otros:		Duración de Ciclos de Suministro:									
Centralizado de Circuitos		Centralizado Manual		Otros:		Total de Puntos a Lubricar:									
No. Ref.	Ubicación de Chumaceras	Num. de Chum.	dimensión de la teja de la chumacera (pulgadas)	tipo de cojinetes a lubricar	velocidad rotación eje (maza) rpm	diametro conductos lubricante de la teja pulgadas	numero entradas lubricante F: fijo M: móvil, flexible	Nota No.4 tipos entradas lubricante	desplazamiento de flexiones en pulgadas	total de puntos de lubricación	volumen de película de lubricante calculado para la chumacera	volumen de película real. (columna anterior dividida entre 2)	volumen de tipo de válvulas de medición a utilizar	ajuste del volumen de descarga de las válvulas por bloque	cantidad de válvulas a utilizar total de puertos de descarga
1	M. Bagacera	2	18" x 20"	P	7	1/4"	2	F	-	4	1.1	0.55	DM5X	0.55	2 DM54
2	M. Canera	2	18" x 20"	P	7	1/4"	2	F	-	4	1.1	0.55	DM5X	0.55	--
3	M. Superior	4	19" x 20"	P	7	1/4"	2	M	6	4	1.25	0.63	DM6X	0.63	2 DM62
Observaciones:										12					
										total de puntos de lubricación					
										volumen total película lubricante pulgadas cúbicas	3.45				
										volumen total de descarga de válvulas en pulgadas cúbicas	1.73				
															5.65

FIGURA 3.3 SELECCION DE VALVULAS DE MEDICION DEL EJEMPLO DESARROLLADO.

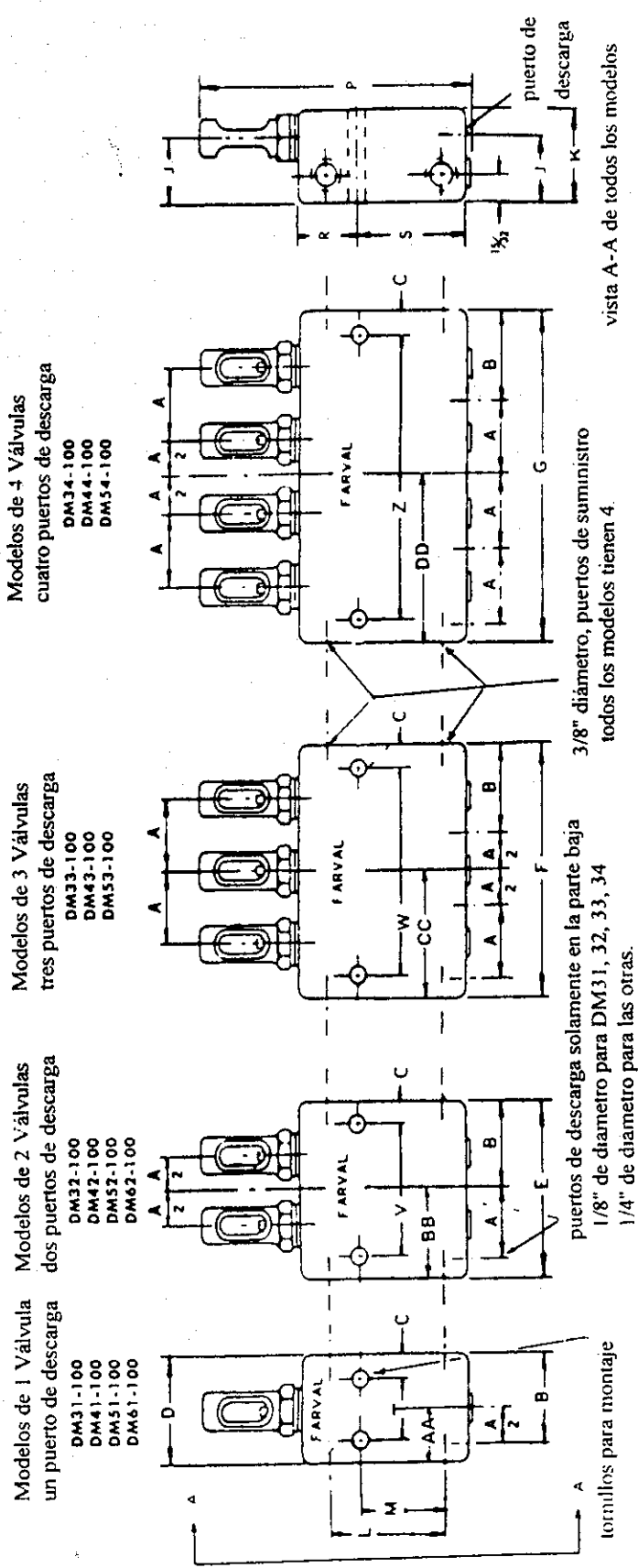


figura 3.4 Válvulas DM con vástago Indicador y Ajuste.

MODELO	Dimensión en Pulgadas															
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
DM-31	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	—	—	—	—	—	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2
DM-32, 33, 34	1 1/8	1 1/8	1 1/8	—	2 7/8	4	5 1/8	5 1/8	5 1/8	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2
DM-41, 42, 43, 44	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	3 3/8	4 3/8	5 3/8	5 3/8	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2
DM 51, 52, 53, 54	1 1/8	1 1/8	1 1/8	2 1/8	3 3/8	5	6 3/8	6 3/8	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2
DM 61, 62	1 1/8	2 1/8	1 1/8	2 1/8	4 1/8	—	—	—	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2
MODELO	Dimensión en Pulgadas															
	AA	BB	CC	DD	EE	FF	GG	HH	II	JJ	KK	LL	MM	NN	OO	PP
DM-41, 42, 43, 44	1	1 1/8	2 1/8	2 7/8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

tabla 3.2 Dimensiones de los Modelos de Válvulas de Medición

3.2.2 Selección de la Estación central¹².

Esta selección se hace tratando de satisfacer 3 condiciones:

- a. el volumen total de la película de lubricante de todas las chumaceras debe ser suministrado en un solo período de suministro y cuando todas las válvulas están a su máxima descarga,
- b. la bomba debe suministrar en menos de 6 minutos cada descarga de lubricante,
- c. la estación central debe tener un reservorio o depósito de lubricante, lo suficientemente grande, de tal manera, que no tenga que estarse llenando en períodos de tiempo relativamente cortos.

En el mercado existen varios modelos de estaciones centrales, éstas difieren, según su capacidad de suministro de lubricante, en las chumaceras de los molinos de un ingenio azucarero, generalmente, la demanda de lubricante es alta, de tal manera que se tiene que usar un sistema centralizado de lubricación de gran capacidad de suministro, el modelo DC-42 es el más grande y el que mejor se adapta al medio. Desde luego que existe un método para determinar el equipo más adecuado, éste se describe a continuación.

El primer paso es calcular el volumen total de lubricante suministrado al sistema durante medio ciclo V_5 , incluye el volumen de lubricante requerido para hacer que las válvulas de medición descarguen lubricante una vez, incluyendo los pistones piloto, $V_2 + V_3$ (V_2 se divide entre dos cuando se usan válvulas modelo DD), más el volumen de lubricante comprimido en una línea de suministro (circuito principal y sus ramas) V_4 .

- La razón mínima de suministro de lubricante requerida, en Pul^3/min . es igual a $V_5 \div 6$ donde $V_5 = V_2 + V_3 + V_4$.

se divide entre seis minutos, porque se estima que éste es el tiempo que la bomba de la estación central tarda funcionando, este tiempo puede ser un tanto menor ó mayor.

V_2 = volumen total de película de lubricante el cual se obtiene de la columna de volumen de película real; figura 3.1 ó figura 3.3.

V_3 = volumen total desplazado por todos los pistones pilotos de las válvulas de medición del sistema, usar la tabla 3.3.

$V_4 = 0.005 \times$ la longitud de una línea principal (cicuito y ramas en pies) \times volumen de la línea Pul^3/pie , usar tabla 3.4.

Desplazamiento del Pistón Piloto (una carrera, en Pul ³)					
DD22	.012	DD52	.042	DM61	.044
DD24	.024	DD54	.084	DM62	.088
DD26	.036	DD56	.126		
DD28	.048	DD58	.168		

tabla 3.3 Desplazamiento del pistón piloto (durante una carrera Pul³).

Volumen de Tubing y Tubería en Pul ³ por Pie					
3/16 x .035	.131	1/4 SCD 40	1.25	1 1/4 SCD 80	15.39
1/4 x .035	.305	3/8 SCD 40	2.29	1 1/2 SCD 80	21.20
3/8 x .049	.723	1/2 SCD 80	2.82	2 SCD 160	26.87
1/2 x .065	1.290	3/4 SCD 80	5.19	2 1/2 SCD 160	42.54
3/4 x .083	3.123	1 SCD 80	8.63		

tabla 3.4 Volumen de tubing y tubería para alta presión Pul³/pie.

Con el dato del cálculo anterior se puede determinar el tamaño más apropiado del depósito de lubricante, tomando en cuenta que el reabastecimiento de lubricante de éste se realice en periodos de tiempo lo más largo posible.

Si se tiene duda en los volúmenes de película, una selección apropiada de la bomba y el depósito, se puede basar en el volumen total descargado por las válvulas de medición del sistema cuando están funcionando a descarga máxima, se puede usar la tabla 3.5 para seleccionar el depósito de lubricante; tomando en cuenta que la capacidad de la bomba tipo DJ4-5 de la estación central DC-42 (suministrando grasa) es de 33.6 Pul³/minuto.

Capacidad del depósito de lubricante	
Lbs	Pul ³
100	2893
200	5786

tabla 3.5 Capacidad del depósito de lubricante (para suministrar grasa).

Un Sistema Dual Farval, tendrá, adicionalmente, al depósito de lubricante y a la bomba de suministro, una Válvula Reversible, en este caso para trabajar con grasa (semifluida), el modelo más aconsejable es el DR460A, aunque como se mencionó, anteriormente, un modelo para trabajar con aceite, funcionará aceptablemente.

3.2.3 Selección de contador eléctrico de tiempo (timer), para el control automático de los ciclos de suministro de lubricante¹³.

El Sistema centralizado Dual Farval de circuito, puede usar contadores eléctricos de tiempo ó timers modelos: "K5", "KL5", "K7" y "KL7"; para seleccionar el contador eléctrico de tiempo más adecuado, primero hay que observar la figura 3.5.

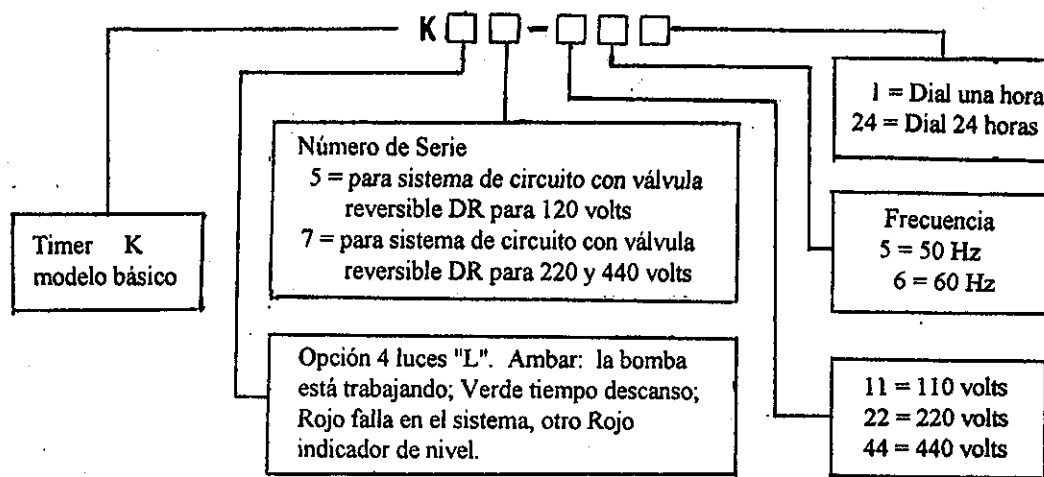


figura 3.5 Descripción del código de los contadores eléctricos de tiempo.

Seguidamente, establecer las consideraciones que se exponen más adelante, por último, con el apoyo de la tabla 3.6, tomar la decisión.

Hay que establecer las siguientes consideraciones:

- el voltaje y la frecuencia(Hz),
- si es electromecánico o transistorizado,
- si se quiere con luces indicadoras o sin estas,

- el tipo de dial, de 1 hora (60 minutos) o de 24 horas para periodos mayores a 60 minutos,
- el código para ordenarlo.

Voltaje	Frecuencia Hz	sin luces		con luces	
		Dial 1 h.	Dial 24 h.	Dial 1 h.	Dial 24 h.
110	50	K51151	K511524	KL51151	KL511524
	60	K51161	K511624	KL51161	KL511624
220	50	K72251	K722524	KL72251	KL722524
	60	K72261	K722624	KL72261	KL722624
440	50	K74451	K744524	KL74451	KL744524
	60	K74461	K744624	KL74461	KL744624

tabla 3.6 Modelos de contadores eléctricos de tiempo.

3.2.4 Planificación de las líneas de suministro de lubricante del sistema ¹⁴.

Las líneas de suministro de lubricante deben ser planeadas, de tal manera, que la caída de presión en las mismas no sea tan elevada, que las válvulas de medición funcionen, adecuadamente, a la vez que esta presión esté dentro del rango de presión que puede levantar la bomba.

3.2.4.1 Líneas principales de suministro ó circuitos.

Debe ser tubería de hierro negro para alta presión; éstas están formadas por dos circuitos (ver figura 1.1, Capítulo 1) y, además, están conectadas directamente a la válvula reversible; a través de éstas se crea el flujo principal de lubricante, se instalan de tal manera que abarquen la mayoría o todos los puntos de lubricación, a éstas están acopladas las ramas. Ver figura 3.6.

3.2.4.2 Ramas.

Son líneas que se derivan de las líneas principales de suministro para dirigir el flujo de lubricante hacia las válvulas de medición (ver figura 1.1, capítulo 1) ya que no es aconsejable que estas válvulas estén conectadas directamente a las líneas principales de suministro, porque si alguno de los bloques de estas válvulas llegara a taponarse ó a deteriorarse, podrían cortar el flujo de lubricante al resto de bloques de válvulas que forman el sistema y, por consiguiente, se cortaría el suministro de lubricante a las chumaceras,

ocasionando graves problemas a éstas; otra de las razones es que de esta manera se logra que los bloques de las válvulas de medición, queden más cerca de los puntos de lubricación, reduciendo las pérdidas de presión en las tuberías; normalmente, son de tubería de hierro negro. Ver figura 3.6.

3.2.4.3 Líneas de descarga.

Como se mencionó anteriormente, éstas empiezan en los puertos de descarga de las válvulas de medición y terminan en las chumaceras, es por medio de éstas que se suministra lubricante a las tejas, generalmente, son de tubing. Ver figura 3.6.

Para el desarrollo del diseño se debe cumplir con las siguientes condiciones:

- la caída de presión total entre la válvula reversible y las chumaceras no debe exceder de 2000 psi,
- la presión disponible en las válvulas de medición debe ser de 500 psi ó mayor,
- la caída de presión en las líneas principales de suministro no debe exceder de 2000 psi.

Para implementar la grasa grado NLGI No. 0, calcular la máxima caída de presión recomendada en psi/pie de la línea principal de suministro usando la fórmula 3.1, luego seleccionar en la tabla 3.7 el diámetro de tubo o el de tubing más apropiado.

$$\text{máxima caída de presión/pie} = \frac{\text{máxima caída de presión en la línea principal}}{\text{longitud de la línea principal (circuito)}}$$

fórmula 3.1 Máxima caída de presión en cada una de las líneas principales de suministro en psi/pie

La caída de presión en las ramas de suministro, tiene que ser menor que la mitad de caída de presión en la línea principal de retorno. Las líneas principales de retorno empiezan en el punto donde las ramas están conectadas con la línea principal de suministro, hasta la estación central, siguiendo la dirección del flujo, así la caída de presión en "X" debe ser menor que la mitad de la caída de presión del tramo b,c,d,e; y en "Y" la caída de presión debe ser menor que la mitad de la caída de presión del tramo c,d,e; ver figura 3.6.

Cuando las líneas principales de suministro y las ramas tienen diámetros iguales (de tubería), lo anterior puede ser expresado en términos de longitud, así la longitud "X" no debe exceder la mitad de la longitud del tramo b, c, d, e.

Para calcular la máxima caída de presión recomendada en las ramas, en psi por pié, usar la fórmula siguiente y, luego, usar el tamaño de tubo más apropiado. Ver tabla 3.7.

$$\text{Caída de presión en la línea de la rama} = \frac{\text{Caída presión/pie en línea principal} \times \text{Longitud línea de retorno} \times 0.5}{\text{Longitud de la rama de suministro}}$$

fórmula 3.2 Caída de presión en cada una de las ramas en psi/pie

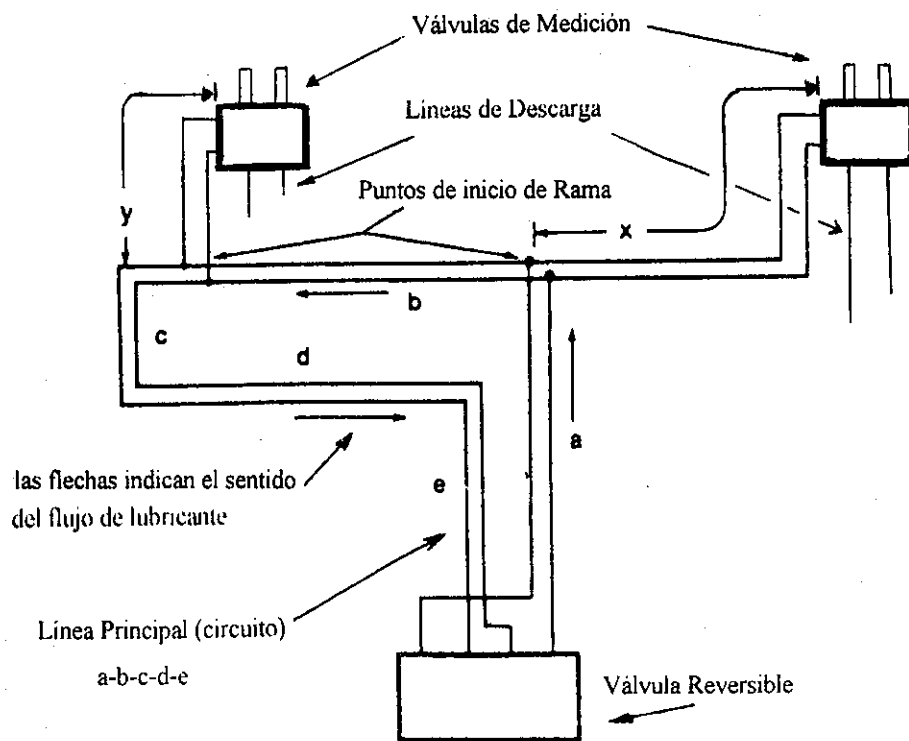


figura 3.6 Líneas principales, ramas y líneas de descarga.

La caída de presión entre las válvulas de medición y las chumaceras puede ser reducida de la siguiente manera:

- como regla general, las válvulas de medición no deben estar a una distancia mayor de 10 pies de la chumacera más lejana,
- la caída de presión entre las válvulas de medición y chumaceras no debe ser mayor de 250 psi.

A continuación se expone una tabla en la cual están representadas las caídas de presión en psi/pié para una grasa grado NLGI No. 0, estas pérdidas varían dependiendo del diámetro y del tipo de tubería que se quiera usar para suministrar el lubricante, tanto en las líneas principales de suministro, en las ramas y en las líneas de descarga.

Caída de presión para grasa grado NLGI No. 0 (psi/pie)		
Temperatura ambiente 77°F		Pérdidas psi / pie
Razón de flujo 34 Pul ³ /minuto		
Diámetro Tubing en pulgadas	1/4 x .035	48 1/4
	3/8 x .049	19
	1/2 x 0.65	10 3/4
	3/4 x .083	4 1/4
Diámetro de tubo de hierro negro en pulgadas	1/4 CD# 40	10 3/4
	3/8 CD# 40	5 1/2
	1/2 CD#80	4 1/2
	3/4 CD# 80	2 1/2
	1 CD# 80	1 1/2
	1 1/4 CD#80	3/4
	1 1/2 CD#80	1/2
	2 CD# 160	13/32
2 1/2 CD# 160	5/16	

tabla 3.7 Caída de presión en tuberías en psi/pie.

Nota.

Los valores de caídas de presión listados en la tabla anterior son para una grasa semifluida de jabón de Litio grado NLGI No. 0, grasas de otros tipos de jabón pueden presentar pérdidas mayores o menores (psi/pie).

3.3 Arranque, calibración y operación del sistema Dual Farval; problemas y soluciones¹⁵.

Estos aspectos son importantes para lograr un buen desempeño del sistema y cada uno se tiene que desarrollar en forma lógica. Para empezar, se tiene que ubicar el sistema en un lugar seguro, que esté lo más protegido posible del bagazo, suciedad, agua, guarapo, etc. y que sea fácil de reabastecer; de igual manera las válvulas de medición tienen que ser colocadas en un lugar seguro, que ofrezcan buena visibilidad para supervisar su funcionamiento y lo más cerca posible de las chumaceras.

3.3.1 Arranque del sistema.

Para el arranque hay que realizar las siguientes actividades:

- observar que el eje de la bomba gire en el sentido de las agujas del reloj o según indica la flecha que está en la carcasa de la misma,
- revisar que todo el sistema esté debidamente instalado, que no haya piezas flojas, desconectadas o mal ubicadas,
- revisar que los niveles de aceite de la bomba y del reductor estén bien,
- purgar todo el aire que se encuentre en las líneas de suministro del sistema, el aire atrapado puede impedir el cebado de la bomba al momento del encendido y dañarla seriamente, a la vez, que entorpece el suministro de lubricante a los puntos de lubricación; para lograr esto, inicialmente, vaciar al depósito del sistema poco más de un galón de un aceite especial para cilindros, puede ser un ESSO Cylesso TK460, seguidamente, llenar el depósito con la grasa que se va a suministrar; abrir la válvula de sangrado de aire que se encuentra en la parte superior del vástago indicador de nivel para dejar escapar todo el aire que se encuentre atrapado debajo del plato seguidor del depósito,
- llenar las líneas principales de suministro (2 circuitos) con lubricante limpio, operando la bomba de la estación central ó de preferencia usando una bomba neumática de alto volumen. Durante este período, desconectar ambas líneas en los puntos finales del retorno, esto es,

presisamente, en los puertos de retorno de la válvula reversible; se empieza a llenar un circuito y cuando el lubricante empieza a fluir en el extremo final de éste, libre de aire y materiales extraños, se vuelve a conectar a su respectivo puerto en la válvula reversible y se deja funcionando la bomba de la estación central hasta que se opere el cambio en la válvula reversible; se procede de la misma manera con la otra línea principal. El desconectar las líneas principales, ayuda a identificarlas y a hacer más fácil el trabajo de llenado.

Llenar y purgar las ramas de manera similar a las líneas principales; las ramas están acopladas en un extremo a las líneas principales y, en el otro, a los bloques de las válvulas de medición, el último bloque de válvulas en la rama, generalmente, lleva unos tapones de diámetro 3/8" NPT en dos (de los cuatro) puertos de suministro que no se usan, estos tapones constituyen el final de la rama y tienen que ser removidos cuando ésta se vá a llenar, para que el aire y otros materiales extraños puedan salir por estos puertos de suministro; después que ha fluído lubricante por estos puertos de suministro, los tapones deben ser colocados, nuevamente, de esta manera queda llena la rama y se procede de igual manera con la otra. ver figura 3.7.

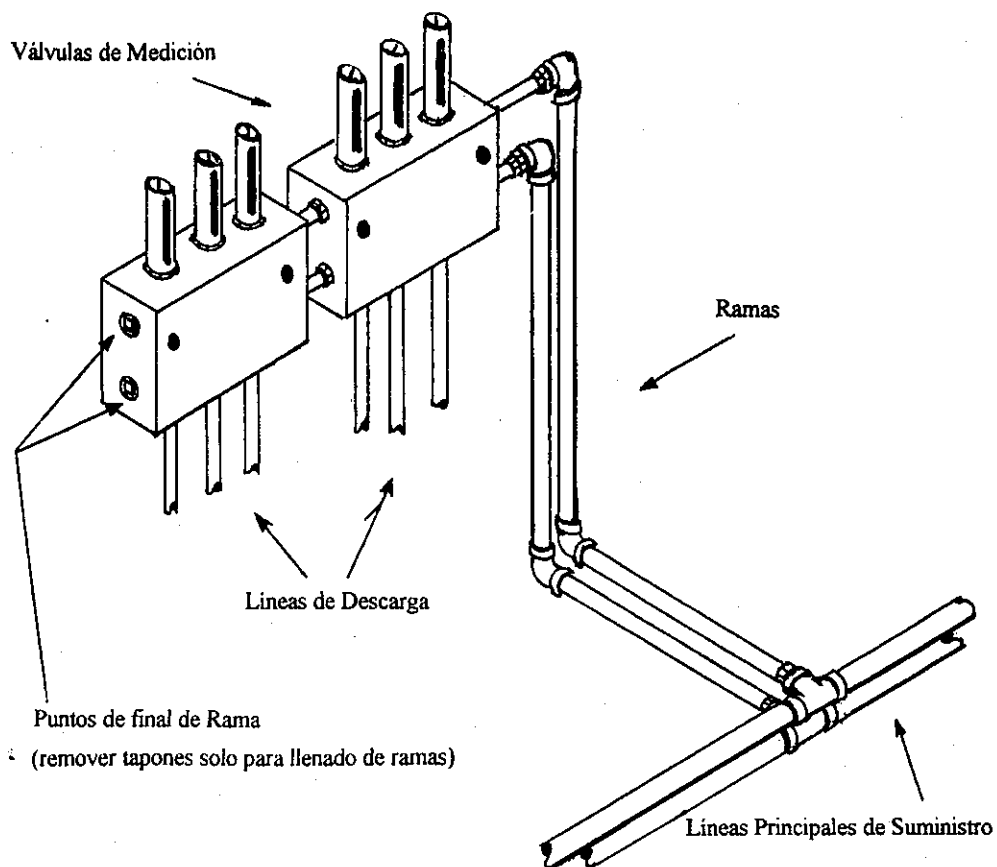


figura 3.7 Puntos de final de rama.

Las líneas de descarga se desconectan de los puertos de descarga de las válvulas de medición, éstas se pueden llenar con una pistola manual; al estar llenas, se conectan, nuevamente, a los puertos de descarga de las válvulas de medición,

- llenar todas las chumaceras de lubricante; para asegurar esta operación se puede usar una pistola engrasadora de barril (tonel) o una pistola manual, observar que el lubricante esté fluyendo (escurriendo) por las tejas de las chumaceras,
- calibrar el dial del timer, según el tiempo estimado para cada período de suministro de lubricante, proceder de la misma manera con el dial de la alarma,
- si el sistema ha estado parado por varias horas, al arrancarlo, nuevamente, los primeros periodos de suministro serán entre 10% a 15% más largos de lo normal.

3.3.2 Calibración de presiones.

Ajustar la presión en la válvula reversible entre 300 y 700 psi (600 psi es satisfactorio) girando el tornillo ajustador a la derecha o a la izquierda según sea necesario, para esta operación hay que valerse de los manómetros de esta válvula. La válvula de alivio tiene un manómetro que indica la presión a la salida de la bomba, la caída de presión a través del sistema es la diferencia de presiones entre la válvula de alivio o estrangulamiento y la válvula reversible (en los puertos de retorno). Estas pérdidas de presión se dan en las líneas de suministro, en las válvulas de medición, etc., con la presión puesta en 600 psi en el punto en la válvula reversible se podría tener una presión de 1200 psi en la válvula de alivio, pueden haber variantes debido a los cambios de temperatura; esta presión aumenta conforme baja la temperatura.

Lo importante en el sistema es que todas las válvulas de medición con que cuenta, suministren el lubricante, debidamente, para lo cual hay que verificar el movimiento de los vastagos de las mismas, éstos se tienen que mover en ambas direcciones, si esto no sucede, se puede aumentar la presión de retorno en la válvula reversible, teniendo presente siempre que la presión a la salida de la bomba sea mayor que la presión de retorno.

3.3.2.1 Calibración de las válvulas de medición.

Las válvulas de medición se ajustan de acuerdo con la cantidad de lubricante que se necesite suministrar a los puntos de lubricación, esto se hace como se mencionó anteriormente, girando el tornillo ajustador del protector del vástago de la válvula y, así, graduar su desplazamiento, al alargar o acortar la carrera del pistón principal de la válvula, automáticamente, se está aumentando o desminuyendo el volumen de descarga de la válvula. Ver tabla 3.1.

3.3.3 Operación general del sistema.

Antes de poner en marcha el sistema a lubricar (sistema en el que están ubicados los puntos de lubricación) en este caso el tándem de molinos, hay que poner a funcionar el sistema Dual Farval y es aconsejable que éste funcione en forma continua (manual) realizando unas cuantas descargas de lubricante y, también, revisar si todas las válvulas de medición están funcionando; al verificar que todo esté bien, se pone a funcionar el sistema a lubricar, al mismo tiempo que se pone a funcionar el sistema Dual Farval en modo automático (controlado por el timer) para que éste realice las descargas de lubricante de forma regular.

Es de recordar que hay que mantener siempre lleno de lubricante el depósito del sistema, pues, si la bomba opera con el depósito vacío, va a forzar aire en las líneas de suministro, causando problemas al levantar presión, también se pierde el cebado de la bomba é, incluso, se deteriora. Hay que reabastecer el depósito con lubricante limpio evitando de esta manera taponamientos en las líneas de suministro; hay que realizar limpiezas periódicas a la estación central; inspeccionar el sistema completo, regularmente, é, incluso, la tubería y mangueras de suministro, reemplazándolas rápidamente si están deterioradas y todos los accesorios en general, para detectar si hay fugas o algún otro problema que puede influir en el desempeño del sistema; revisar, periódicamente, las válvulas de medición para cercionarse que están funcionando. En caso de que sea cambiado cualquier tramo de tubería de cualquiera de las líneas de suministro se debe tratar de purgar todo el aire.

3.3.4 Problemas en el sistema y forma de corregirlos.

- Al no funcionar, adecuadamente, el sistema y para tener idea de dónde puede estar el problema, elaborar 2 piezas de tubing y doblarlas, de tal manera que en la válvula reversible queden en contacto cada puerto de salida con su respectivo retorno, aplastar el tubing en el centro de tal manera que hagan una resistencia al paso de lubricante a través de éstos; poner a funcionar la bomba y si se registran los cambios en la válvula reversible es que el problema se encuentra en las líneas de suministro. ver figura 3.8
- Aire en el sistema: la bomba falla al levantar presión, cebarla apropiadamente o cuando el vástago indicador de nivel de lubricante se eleva más rápido de lo normal, después de operar el sistema, corregirlo, limpiando el depósito, luego, llenarlo como en el arranque y purgar el aire del sistema completo.

3.3.4.1 El sistema no levanta presión.

- Línea de suministro quebrada o floja: localizarla y arreglarla.
- Aire en el sistema: sangrar el sistema como se mencionó anteriormente y revisar el nivel de lubricante.
- Pérdida de cebado de la bomba: revisar consistencia de la grasa ó si entró aire al depósito.

- El cilindro de la bomba no está calzado correctamente: recalzarlo.
- Si alguna válvula de medición no tiene el pistón piloto: revisar todas las válvulas hasta localizarla y ponérselo.
- La válvula de alivio no funciona, adecuadamente, incrementándose la presión fijada anteriormente: los tornillos y retenedores están flojos, limpiarlos y apretarlos.
- El eje conductor del motor está girando en el sentido contrario: el cople de una vía está rodando libremente reparar el cople reparando la regilla y poner a rotar en el sentido correcto.
- La bomba está gastada: cambiar el cilindro y los pistones.
- Apretar los coples del motor y el reductor si están flojos.

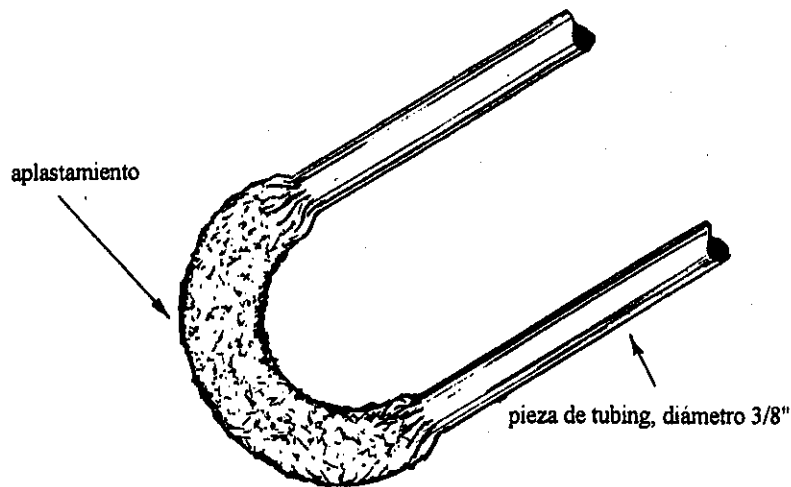


figura 3.8 Modelo de pieza de Tubing aplastada en el centro.

3.3.4.2 El Sistema no opera el cambio de presurización en las líneas de suministro.

- Fugas excesivas en los sellos: apretarlas o cambiarlas.
- Líneas tapadas: verificar que cada línea de suministro esté conectada a su respectivo retorno en la válvula reversible.
- La válvula reversible esta deteriorada: repararla o cambiarla.

3.3.4.3 El sistema no arranca.

- El alambrado del timer está incorrecto: revisar el diagrama ó ver si los alambres no están desconectados.
- El microinterruptor de la válvula reversible está quebrado: reemplazarlo.
- Revisar el timer si está en buenas condiciones, si no, repararlo ó reemplazarlo.
- Revisar el motor si está en buenas condiciones.

3.3.4.4 El cople de una via se desliza.

- La rejilla o resorte está quebrada: reemplazarla.
- El motor está girando en sentido contrario a lo indicado.

3.3.4.5 El sistema levanta demasiada presión.

- La consistencia de la grasa es muy alta, reemplazarla por otra que tenga una mejor consistencia y fluidez.
- El tubo de la línea principal tiene diámetro muy pequeño, reemplazarlo con otro de mayor diámetro.
- La presión de la válvula reversible está muy alta, recalibrarla.

3.3.4.6 Válvulas de medición.

- Limpiarlas, periódicamente.
- Cambiar los vástagos que estén en malas condiciones.
- Si el sello del vástago está muy ajustado, pasarle un barreno de la misma medida del diámetro del vástago para aflojarlo un poco.
- Alta resistencia al flujo de lubricante en las chumaceras, usar una pistola manual para engrasar y ver si los conductos de lubricante de la chumacera están taponeados o mal maquinados.

3.4 Determinación de la cantidad optima de lubricante a suministrar.

Después que se ha determinado el volumen de la película de lubricante en las chumaceras hay que determinar la cantidad de lubricante necesaria en las chumaceras, para esto se tiene que observar el desempeño del lubricante.

3.4.1 Descripción y datos técnicos del lubricante.

Es importante conocer las características del lubricante que se vá a suministrar a los puntos de lubricación, el diseño del sistema de líneas de distribución de lubricante y la selección de algunos componentes de la estación central, dependen de éste; en este caso, en particular, se deben describir los datos de la grasa grado NLGI No. 0 que se quiere implementar.

3.4.2 Parámetros que permiten evaluar el desempeño del lubricante.

Todos los lubricante han sido desarrollados con el fin de reducir la fricción entre 2 superficies que se están deslizando una respecto de la otra, posicionándose entre ellas, formando una película que evite el contacto metal con metal, reduciendo el desgaste y deterioro de éstas. Cuando estas superficies tienen contacto directo, se crea gran fricción, la cual se manifiesta

a través de altas temperaturas y desgaste prematuro.

Las chumaceras de los molinos soportan altas cargas al girar los muñones de las mazas sobre éstas y si no se lubrican, adecuadamente, se generará una alta fricción que se manifestará en forma de calor. Por lo tanto, se va a tomar como parámetro de evaluación del lubricante, la temperatura que se manifieste en las chumaceras de las mazas, específicamente en las tejas de éstas, por ser un indicativo bastante confiable y fácil de evaluar. Como parámetro general una temperatura de 15 a 20 grados centígrados arriba de la temperatura ambiente se considera normal.

3.4.3 Descripción del equipo necesario para evaluar el desempeño del lubricante.

Es necesario usar un equipo adecuado para que los resultados obtenidos sean confiables. Para la toma de temperaturas se puede usar una pistola de rayos infrarrojos marca Raytek que puede registrar temperaturas en un rango 0 a 850 grados centígrados, aproximadamente, con una mira laser para facilitar las tomas de las lecturas, con un ajuste de emisibilidad = 1.00; el registro de las temperaturas se hace en unas hojas con un rayado especial como la que se muestra en la figura 3.9.

3.4.4 Metodología para determinar el intervalo de suministro de lubricante.

Establecer el tiempo de duración de cada ciclo de lubricación es un evento de suma importancia, esto se hace con base en el comportamiento que presente el lubricante en los puntos de lubricación que, en este caso, lo conforman las chumaceras de las mazas de los molinos; con la toma de temperaturas y su posterior análisis, se puede determinar si el lubricante está cumpliendo con su cometido.

La metodología a seguir es la siguiente:

- establecer los lugares en los que se van a realizar las tomas de temperaturas; en este caso se ubican los puntos en los que se presentan altas temperaturas en las chumaceras; estos puntos están en la zona de alta presión; normalmente, éstas se localizan en las proximidades del lado opuesto al lugar donde están ubicadas las ranuras de lubricación en las tejas de las chumaceras mencionadas en el capítulo anterior; el aparato que sirve para realizar las tomas de temperatura se debe orientar hacia la orilla de la teja, lo más cercano posible al eje, aunque es aconsejable revisar la teja completa, para obtener datos más confiables.

Las chumaceras de la maza superior presentan mayores temperaturas en la teja de arriba por las razones expuestas con anterioridad, la teja inferior calienta solamente cuando la maza gira sin carga,

- realizar tomas de temperaturas cada 2 ó 3 horas a todas las chumaceras de las mazas del tándem de molinos, por un período aproximado de 1 mes,

TEMPERATURA CHUMACERAS MOLINOS

FECHA: _____

SUPERVISOR: _____

HORA: _____

CON ENFRIAMIENTO

	MOLINO No. 1	MOLINO No. 2	MOLINO No. 3	MOLINO No. 4	MOLINO No. 5	MOLINO No. 6	MOLINO No. 7
MAZA SUPERIOR	/	/	/	/	/	/	/
MAZA CAÑERA	/	/	/	/	/	/	/
MAZA BAGACERA	/	/	/	/	/	/	/
4ta. MAZA	/	/	/	/	/	/	/
SIN ENFRIAMIENTO							
MAZA SUPERIOR	/	/	/	/	/	/	/
MAZA CAÑERA	/	/	/	/	/	/	/
MAZA BAGACERA	/	/	/	/	/	/	/
4ta. MAZA	/	/	/	/	/	/	/

TEMPERATURA: _____ °C

AJUSTE APARATO: _____

DISTANCIA A CHUMACERA: _____



OBSERVACIONES: _____

figura 3.9 Hoja con rayado especial para el registro de temperaturas.

- elaborar cuadros sobre promedios diarios de temperaturas registradas en cada chumacera,
- graficar los datos anteriores para tener una mejor perspectiva de comportamiento de las temperaturas de las chumaceras y hacer comparaciones de éstas en relación con la temperatura ambiente,
- de acuerdo con el análisis de los datos anteriores (tablas y gráficas) hacer los siguiente:
 - si las temperaturas están por debajo del límite aconsejable, incrementar los períodos de suministro en 3 ó 5 minutos a fin de alargar cada vez más el tiempo entre cada descarga de lubricante; monitorear de nuevo las temperaturas y analizar su comportamiento, repetir hasta llegar a las cercanías del límite aconsejable; algo importante es saber sobre el comportamiento del lubricante según, las temperaturas que se registren,
 - si las temperaturas están por encima del rango aconsejable se tienen que acortar los períodos de lubricación reduciéndolos en 3 a 5 minutos y seguir monitoreando las temperaturas,
 - si no se logran buenos resultados, lo más aconsejable es realizar una evaluación general de la situación a fin de determinar las posible causas.

3.4.5 Aspectos que podrían afectar el desempeño del lubricante.

A. Contaminación.

Es uno de los aspectos que merece atención especial; en tándem de molinos se presenta un ambiente muy contaminado por bagazo, agua, guarapo, polvo, partículas metálicas, etc., en especial, en las áreas más cercanas a las chumaceras de las mazas; el lubricante al contaminarse tiende a degradarse ó perder sus propiedades y, por consiguiente, su capacidad de lubricar. También tener el cuidado que el lubricante no se mezcle con otros lubricantes, en especial, si no son compatibles, esto merma sus propiedades y su buen desempeño.

B. Cargas excesivas.

Al aplicar cargas repentinas muy fuertes, paradas y arranques en lapsos de tiempo, relativamente cortos, vibración excesiva, girar los ejes a revoluciones mayores a las establecidas, puede provocar el rompimiento de la película de lubricante y esto genera un contacto de metal con metal y, por consiguiente, un desgaste excesivo de las superficies.

C. Aplicación inadecuada.

El lubricante debe aplicarse en lugares para los cuales ha sido diseñado, en la cantidad, intervalos de tiempo y métodos recomendados, si esto no se cumple, no se tendrán buenos

resultados.

D. temperatura.

Este aspecto debe tomarse muy en cuenta, pues afecta grandemente a cualquier lubricante, conforme la temperatura va aumentando, la viscosidad de los lubricantes tiende a bajar hasta llegar a un punto en el cual el lubricante se degrada, perdiendo todas sus propiedades.

CAPITULO 4

4 DISEÑO DEL SISTEMA DE LUBRICACION PARA SUMINISTRAR UNA GRASA GRADO NLGI No. 0 A LAS CHUMACERAS DEL TANDEM DE MOLINOS DEL INGENIO SANTA ANA

El desarrollo del diseño debe estar orientado a satisfacer la demanda de lubricante de las chumaceras y éste se debe hacer de acuerdo al método establecido en el Capítulo 3; es importante que se consideren ampliaciones, modificaciones, implementaciones, etc. que se pudiesen realizar en un futuro en el área donde van a estar ubicados los puntos de lubricación y de ser posible preverlos en el diseño del sistema.

4.1 Descripción del tándem de molinos del Ingenio Santa Ana.

Este está conformado por 7 molinos y cada molino cuenta con 4 mazas: la maza superior, la maza cañera, la maza bagacera y la cuarta maza; la potencia necesaria para mover las mazas es generada por turbinas de vapor de agua, hay una turbina para cada molino. La potencia de la turbina es transmitida a reductores de velocidad de llamados: reductor de alta, reductor intermedios y reductor de baja ó catarina, los que están dispuestos en el orden mencionado; el reductor de baja, transmite la potencia a la maza superior a la que está acoplado y ésta, mueve el resto de las mazas por medio de las coronas, las mazas giran a una velocidad de 6 a 7 rpm. Las turbinas giran a una velocidad de entre 3500 a 4000 rpm, a una presión de vapor de entrada de 200 psi y presión de escape de 20 psi; para transportar la caña de un molino al otro se utilizan conductores tipo Donelly; además, cuenta con todos los elementos mencionados en el Capítulo 2.

4.1.1 Descripción de mazas y chumaceras.

Las mazas y las chumaceras son bastante similares a las descritas en el Capítulo 2; por el enfoque del presente trabajo de tesis se va a dar más importancia a las dimensiones de los muñones de las mazas y la velocidad a la que giran, esto está contenido en la tabla 4.3; y, para efectos de referencia se va a mencionar el diámetro de los cabezotes en pulgadas y la presión hidráulica que se les aplica en psi, filas "A" y "B" de la tabla 4.1 respectivamente; y, los pesos de las mazas en toneladas, tabla 4.2. Los diámetros de las tejas de las chumaceras en relación al diámetro de los muñones de las mazas son bastante similares, las tolerancias son mínimas, por lo que para efectos de los cálculos que se van a realizar más adelante, se asume que los diámetros son iguales.

filas	Molino 1	Molino 2	Molino 3	Molino 4	Molino 5	Molino 6	Molino 7
A	15"	13"	12"	12"	12"	12"	12"
B	2000	2200	2200	2200	2200	2200	2300

Tabla 4.1 Diámetro de cabezotes y presión hidráulica que se les aplica.

Mazas	Molino 1	Molinos del 2 al 7
M. Superior	22	18
M. Cañera	15	15
M. Bagacera	15	15
Cuarta M.	9	9

Tabla 4.2 Peso aproximado de las mazas en toneladas.

4.2 Sistema centralizado de lubricación actual.

A continuación se describe el sistema centralizado de lubricación Dual Farval, con que cuenta actualmente el ingenio.

4.2.1 Estación central.

El sistema centralizado Dual Farval que actualmente se está utilizando es el DC-4, fué uno de los primeros modelos que salió al mercado; algunas partes son, físicamente, un tanto diferentes, pero los principios de funcionamiento, operación y mantenimiento son iguales al modelo actual, el DC-42; el ingenio cuenta con 2 equipos iguales, uno está en servicio y el otro está en reserva; ambos están conectados al circuito principal y los cambios de los sistemas se hacen por medio de válvulas de aguja.

La estación central suministra aceite a las chumaceras para su lubricación, pero, en comparación con las estaciones diseñadas para suministrar grasa, existen algunas diferencias, específicamente, en relación con el depósito de lubricante y la válvula reversible.

Esta estación fué utilizada para suministrar grasa NLGI No. 0 a las chumaceras, operación que realizó con algunos problemas en el presurizado de las líneas, pero, que se podría considerar como aceptable, es decir, que puede suministrar esta grasa en forma normal.

Las características de los componentes del sistema actual son:

- a. base: de hierro fundido modelo DC-4 serie 42-C de 42.25" x 22" x 3",
- b. reductor de velocidad: de tornillo sin fin marca Cleveland ratio 10:1,
- c. bomba: marca Farval modelo DJ4-5, con acoplamiento Falk,
- d. depósito de lubricante: capacidad de 25 galones de aceite sin vástago indicador de nivel,
- e. válvula de alivio (y/o estrangulamiento): alivia a 2400 o 2500 psi,
- f. válvula reversible: es del tipo DR2-7B,
- g. manómetros: modelos con rango de presión entre 600 y 700 psi,
- h. motor eléctrico: de 1720 rpm, 1.5 hp trifasico, 60 hz, 220/440 V., 5.0/2.5 amperios,
- i. microinterruptor: para parar el motor eléctrico, es activado por el vástago de la válvula reversible.

4.2.2 Distribución de líneas de suministro de lubricante.

Tubería de hierro negro y hierro galvanizado diámetro 3/4" en los dos circuitos principales con una longitud total aproximada de 741 pies; tubería galvanizada diámetro 1/2" en las 14 ramas, con una longitud total aproximada de 460 pies; tubo de cobre de 3/8" y 1/4" en las líneas de descarga a las chumaceras que en conjunto tienen una longitud aproximada de 900 pies; todas con sus respectivos accesorios de hierro negro, hierro galvanizado y bronce, respectivamente.

4.2.3 Válvulas de medición.

Son de los modelos DM53 y DM62, las que están distribuidas: las primeras distribuyen lubricante a las chumaceras de las mazas cañera, bagacera y cuarta maza de todos los molinos, y, las segundas, se utilizan para las chumaceras de las mazas superiores del tándem.

4.2.4 Contador eléctrico de tiempo.

Este es de tipo electromecánico con dial de 1 hora, con un dial de emergencia, el cual en caso de detectar alguna falla manda una señal a una alarma.

4.3 Diseño del nuevo sistema de lubricación para dosificar una grasa grado NLGI No. 0.

Para el desarrollo del diseño se van a seguir los pasos descritos en el Capítulo 3, siguiendo el mismo orden.

4.3.1 Selección de las válvulas de medición.

Para seleccionar las válvulas de medición se van a considerar las dimensiones del muñón de las mazas o de las tejas de las chumaceras, que para este caso se asume que tienen las mismas

dimensiones; la velocidad promedio a la que están girando las mazas; el número de entradas de lubricante por chumacera y el tipo de entrada. Las chumaceras de las mazas cañera y bagacera tienen sólo una teja (medio cilindro); las chumaceras de la maza superior tienen 2 tejas (cilindro completo), pero, generalmente, sólo una de estas trabaja; cuando se está moliendo caña, la maza superior está flotando y es la teja superior la que está sujetando el eje y cuando está girando sin carga, es la teja inferior la que está soportando el peso de la maza. Con la cuarta maza las tejas forman un cilindro completo y, realmente, no está soportando mayor carga en comparación con las otras mazas.

Los cálculos para determinar el volumen de película de lubricante necesario para las chumaceras y para seleccionar el tipo de válvulas de medición, se hicieron de acuerdo al método descrito en el Capítulo 3, sección 3.2.1, siguiendo todos los pasos y fórmulas recomendadas, los resultados se muestran en la tabla 4.3 en la cual se encuentran también las dimensiones de cada maza y datos útiles para los cálculos.

Para efectos de cálculo de volumen de película de lubricante en las chumaceras de las mazas cañera, bagacera fueron analizadas como si fuesen 1/2 cilindro; del mismo modo se hizo con la maza superior, esto en relación a lo descrito en párrafos anteriores; con la cuarta maza sucede que al no soportar mayor carga, al inyectarle un volumen de grasa relativamente más frecuente de lo normal, en la mayoría de los casos no presenta temperaturas altas, por lo que fue analizada igual que las anteriores, es decir, las tejas se tomaron como si sólo fueran 1/2 cilindro.

A. Molino No 1. En la tabla 4.3 se tiene el volumen de la película de lubricante requerido para las chumaceras de las mazas cañera, bagacera y superior, este volumen se divide en 2 por las razones mencionadas anteriormente; da una resultante de $2.66 \div 2 = 1.33 \text{ Pul}^3/\text{chumacera}$; para cubrir esta demanda se va a usar un bloque DM62 cuyas válvulas de medición descargan $0.8 \text{ Pul}^3/\text{válvula}$, 1.6 Pul^3 en total y se van a tener que ajustar a 1.33 Pul^3 que es lo requerido por cada chumacera.

En caso se presentasen calentamientos excesivos en las tejas, se pueden ajustar las válvulas a su capacidad máxima, de esta manera descargarán más lubricante del requerido, protegiendo mejor el equipo. Para la cuarta maza se tiene un volumen de $0.87 \div 2 = 0.435 \text{ Pul}^3/\text{chumacera}$; se puede usar una válvula de medición DM52 que descarga $0.306 \text{ Pul}^3/\text{válvula}$, se destina una válvula para satisfacer los 0.435 Pul^3 que se necesitan, el volumen es inferior, pero, se ha comprobado en la práctica que con este volumen de lubricante la chumacera trabaja bastante bien, por las razones mencionadas anteriormente, sin calentamientos en las tejas, por lo que se recomienda, en caso hubiesen calentamientos en las tejas, se puede conectar la segunda válvula del bloque a la línea del lubricante que va a la teja, que en conjunto descargan $0.306 \times 2 = 0.612 \text{ Pul}^3$ de lubricante, volumen superior al requerido y sólo habría que ajustarlos a éste, por medio del tornillo ajustador al volumen.

B. Molino No 2. Para las chumaceras de mazas superior, cañera y bagacera de este molino se necesita cubrir un volumen de $1.32 \text{ Pul}^3/\text{chumacera} \div 2 = 0.66 \text{ Pul}^3/\text{chumacera}$, esta demanda puede ser cubierta usando bloques de válvulas DM62 en cada chumacera y ajustándolas a 0.66 Pul^3 (0.33 Pul^3 cada válvula); con las chumaceras de la maza superior, en caso de calentamientos en las tejas, se pueden ajustar, de tal manera, que descarguen un mayor volumen de lubricante y así proteger mejor las tejas y muñones; con la cuarta maza se tiene que cubrir un volumen de $0.7 \text{ Pul}^3 \div 2 = 0.35 \text{ Pul}^3/\text{chumacera}$ para cubrir esta demanda se puede proceder de la misma manera que se procedió en el molino No 1, ajustando las válvulas al volumen requerido.

C. Molino No 3 al No 7. Para mayor facilidad en los cálculos se estandarizaron las dimensiones de los muñones y chumaceras de las mazas de todos estos molinos, pues, como se puede ver, son bastante similares, así se tiene un diámetro de muñón de 17" y con una longitud de 22 1/2 ". Para la maza superior, cañera y bagacera se tiene una demanda de $1.125 \text{ Pul}^3/\text{chumacera} \div 2 = 0.56 \text{ Pul}^3$, esta demanda puede ser cubierta con bloques de válvulas DM54 para las mazas, cañera y bagacera, cada válvula descarga $0.306 \text{ Pul}^3/\text{válvula}$, usando dos válvulas por chumacera se tiene una descarga total de 0.612 Pul^3 por chumacera, sólo habría que ajustarlas a 0.56 Pul^3 aunque para las mazas superiores se necesita el mismo volumen de lubricante, se recomienda usar bloques con válvulas DM62, una por cada muñón, pues, en comparación con las otras dos chumaceras, esta recibe una mayor carga, motivo por el cual podría dar mayores problemas de calentamiento y con estas válvulas se pueden descargar volúmenes mucho mayores de lubricante que con las válvulas DM5X y, así brindar una mayor protección a los muñones y a las tejas. Los muñones de la cuarta maza de todos los molinos tiene las mismas dimensiones, diámetro de 12 pulgadas y ancho de 15 1/2 pulgadas, la demanda de lubricante es de $0.86 \text{ Pul}^3/\text{chumacera}$, al dividir 0.86 Pul^3 entre 2 se tiene $0.43 \text{ Pul}^3/\text{chumacera}$; para cubrir esta demanda se puede proceder de la misma manera que se procedió en el molino No 1.

Con las válvulas recomendadas anteriormente, haciéndoles los ajustes de descarga de lubricante recomendados, se tiene una demanda de 34.65 Pul^3 de lubricante por cada periodo de suministro. En caso de que se necesite modificar los volúmenes de descarga de las válvulas por medio del tornillo ajustador, la demanda total va a variar, aumentando o disminuyendo, según sea el caso.

4.3.2 Selección de la estación central.

Existen varios modelos de estaciones centrales en el mercado, de variados tamaños, según sea la demanda de lubricante que se tenga; en el desarrollo de esta tesis está más orientado al modelo DC-42, por ser el más conocido y el que mejor se adapta al medio, aunque lo más conveniente es realizar los cálculos recomendados en el Capítulo 3 sección 3.2.2, para tener una mayor confianza en el equipo. Aplicando el método descrito en el Capítulo 3 se tiene:

4.3.2.1 selección de la bomba

V₂: el volumen total de lubricante descargado por la válvulas de medición del sistema en un periodo de suministro a máxima descarga es igual a 56 Pul³. Ver tabla 4.3; se aconseja tomar el volumen total a máxima descarga para darle un mayor margen de seguridad al diseño,

V₃: volumen total de la recámara de los pistones piloto de las válvulas de medición del sistema; este es igual a 3.364 Pul³. Ver tabla 3.3 Capítulo 3, ó sección 4.3.4.

V₄: 0.005 x la longitud de una línea principal de suministro y sus ramas. Ver tablas 4.5 y 4.6; usando la formula de la sección 3.2.2 y la tabla 3.4, Capítulo 3, se puede determinar este volumen, teniendo como resultado: 12.92 Pul³,

V₅: volumen total de lubricante suministrado al sistema durante un ciclo (ver sección 3.2.2 Capítulo 3); $V_5 = V_2 + V_3 + V_4$; haciendo el cálculo $V_5 = 72.28 \text{ Pul}^3$.

Razon mínima de suministro de lubricante = $V_5 \div 6$ (sección 3.2.2 Capítulo 3); como se mencionó, anteriormente, el número 6 en la fórmula, indica el tiempo aproximado en minutos que la bomba está funcionando, es decir, realizando el suministro de lubricante a las chumaceras, dependiendo de las condiciones, este tiempo puede aumentar ó disminuir; en las pruebas que se realizaron, la duración de este período fué de 3 minutos en promedio, razón por la cual se tiene que dividir el volumen V_5 entre 3 minutos; realizando el cálculo se tiene como resultado: 24.09 Pul³/minuto, esto indica que se tiene que tener una bomba de lubricante que sea capaz de suministrar este flujo; la bomba DJ4-5 que es la usada por la estación DC-42, tiene un flujo de 33.6 Pul³/minuto, con lo que se puede satisfacer esta demanda, perfectamente.

Empresa:	Ingenio Santa Ana S.A.	Fecha:	Noviembre de 1995	Hoja:	1 de 1
Equipo a Lubricar:	Chumaceras del Tandem de Molinos	Plano de Referencia:	ESSE Gear Cover 40	Marca del lubricante:	ESSE Gear Cover 40
Marca y/o Fabricante del equipo:	Varios	Lubricante a usar:	Grasa XX Aceite	Clasificación del lubricante:	grasa semifluida NLGI No. 0
Sistema Requerido:	Centralizado de final de línea Centralizado Manual	Total de Puntos a Lubricar:	98	Duración de ciclos de suministro:	cada 30 minutos

Molinos	Ubicación de Chumaceras	No. de chumacera	chumaceras			diámetro conductos lubricante de la teja (pulgadas)	Nota No.4		desplazamiento de flexiones en pulgadas	volumen de película de lubricante calculado para la chumacera	volumen de película real (column anterior dividida entre 2)	tipo de valvulas de medición a utilizar	ajuste del volumen de descarga de las valvulas por bloque	cantidad valvulas a utilizar y total de puertos de descarga
			dimensión de la teja de la chumacera (pulgadas)	tipo de cojinete a lubricar	velocidad de rotación eje (maza) rpm		numero entradas lubricante F: fijo M: movil. flexible	tipos entradas lubricante						
	M. Superior	2	24" x 28"	P	6-7	3/8"	4	4"	2.66	1.33	DM6X	0.665	2 DM62	
	M. Canera	2	24" x 28"	P	6-7	3/8"	2	-	2.66	1.33	DM6X	0.665	2 DM62	
	M. Bagacera	2	24" x 28"	P	6-7	3/8"	2	-	2.66	1.33	DM6X	0.665	2 DM62	
	Cuarta M.	2	12" x 28"	P	6-7	3/8"	1	-	0.86	0.43	DM5X	0.43	2 DM52	
	M. Superior	2	18" x 24 1/8"	P	6-7	3/8"	4	4"	1.32	0.66	DM6X	0.33	2 DM62	
	M. Canera	2	18" x 24"	P	6-7	3/8"	2	-	1.32	0.66	DM6X	0.33	2 DM62	
	M. Bagacera	2	18" x 24"	P	6-7	3/8"	2	-	1.32	0.66	DM6X	0.33	2 DM62	
	Cuarta M.	2	12" x 24"	P	6-7	3/8"	1	-	0.7	0.35	DM5X	0.35	2 DM52	
	M. Superior	2	17" x 22 1/8"	P	6-7	3/8"	4	4"	1.12	0.56	DM6X	0.28	2 DM62	
	M. Canera	2	16 3/4" x 22 1/8"	P	6-7	3/8"	2	-	1.12	0.56	DM5X	0.28	2 DM53	
	M. Bagacera	2	16 3/4" x 22 1/8"	P	6-7	3/8"	2	-	1.12	0.56	DM5X	0.28	2 DM53	
	Cuarta M.	2	12" x 15 1/8"	P	6-7	3/8"	1	-	0.88	0.44	DM5X	0.44	-	
	M. Superior	2	16 7/8" x 22 1/4"	P	6-7	3/8"	4	4"	1.24	0.62	DM6X	0.31	2 DM62	
	M. Canera	2	16 7/8" x 22 3/8"	P	6-7	3/8"	2	-	1.24	0.62	DM5X	0.31	2 DM53	
	M. Bagacera	2	16 7/8" x 22 3/8"	P	6-7	3/8"	2	-	1.24	0.62	DM5X	0.31	2 DM53	
	Cuarta M.	2	12" x 15"	P	6-7	3/8"	1	-	0.86	0.43	DM5X	0.43	-	

TABLA 4.3 SELECCION DE LAS VALVULAS DE MEDICION

Empresa:	Ingenio Santa Ana S.A.	Fecha:	Noviembre de 1995	Hoja:	2 de 1
Equipo a Lubricar:	Chumaceras del Tandem de Molinos	Plano de Referencia:			
Marca y/o Fabricante del equipo:	Varios	Lubricante a usar:	Grasa XX Aceite	Marca del lubricante:	ESSO Gear Cover 40
Sistema Requerido:	Centralizado de línea de línea Centralizado Manual	Clasificación del lubricante:	grasa semifluida NLGI No. 0		
Centralizado de circuitos:	XX pistola otros:	Total de Puntos a Lubricar:	98	Duración de ciclos de suministro:	cada 30 minutos

Molinos	Ubicación de Chumaceras	No. de chumacera	chumaceras		diámetro conductos lubricante de la teja (pulgadas)	Nota No.4		desplazamiento de flexiones en pulgadas	volumen de película lubricante calculado para la chumacera	volumen de película real (columna anterior dividida entre 2)	tipo de valvulas de medición a utilizar	ajuste del volumen de descarga de las valvulas	cantidad valvulas a utilizar y total de puertos de descarga por bloque
			dimensión de la teja de la chumacera (pulgadas)	tipo de cojinete a lubricar		velocidad de rotación eje (maza) rpm	numero de entradas lubricante por teja						
	M. Superior	2	16.7.8 x 22 1/4	P	3/8"	6-7	4	4"	1.12	0.56	DM6X	0.28	2 DM62
	M. Canera	2	16.7.8 x 22 1/8	P	3/8"	6-7	2	-	1.12	0.56	DM5X	0.28	2 DM53
	M. Bagacera	2	16.3.4 x 22 1/8	P	3/8"	6-7	2	-	1.12	0.56	DM5X	0.28	2 DM53
	Cuarta M.	2	12' x 15 1.8	P	3/8"	6-7	1	-	0.86	0.43	DM5X	0.43	---
	M. Superior	2	16' x 22 1/8	P	3/8"	6-7	4	4"	1.12	0.56	DM6X	0.28	2 DM62
	M. Canera	2	16.7.8 x 22 3/8	P	3/8"	6-7	2	-	1.12	0.56	DM5X	0.28	2 DM53
	M. Bagacera	2	16.5.8 x 22 3/4	P	3/8"	6-7	2	-	1.12	0.56	DM5X	0.28	2 DM53
	Cuarta M.	2	12' x 15'	P	3/8"	6-7	1	-	0.86	0.43	DM5X	0.43	---
	M. Superior	2	17' x 22'	P	3/8"	6-7	4	4"	1.1	0.55	DM6X	0.275	2 DM62
	M. Canera	2	17' x 22'	P	3/8"	6-7	2	-	1.1	0.55	DM5X	0.275	2 DM53
	M. Bagacera	2	17' x 22'	P	3/8"	6-7	2	-	1.1	0.55	DM5X	0.275	2 DM53
	Cuarta M.	2	12' x 15'	P	3/8"	6-7	1	-	0.86	0.43	DM5X	0.43	---
observaciones:								total de puntos de lubricación	98				
								volumen total película lubricante del sistema	pulgadas cúbicas	34.98			
								volumen total a máxima descarga de valvulas de medición en pulgadas cúbicas					56.00

TABLA 4.3 SELECCION DE LAS VALVULAS DE MEDICION (CONTINUACION)

4.3.2.2 Selección del depósito de lubricante.

Esta selección debe ser basada en 200 horas de operación mínima sin reabastecimiento o, en su defecto, que el período de reabastecimiento de lubricante sea lo más prolongado posible, para esto es necesario saber el consumo de lubricante por el sistema cuando las válvulas de medición están funcionando a descarga máxima (V_2) y el tiempo que dura un ciclo de suministro de lubricante a las chumaceras. Para este diseño se tiene:

- máximo volumen descargado por la válvulas de medición $V_2 = 56 \text{ Pul}^3$,
- suministro de lubricante cada 30 minutos,
- análisis de consumo diario o en 24 horas.

$$\text{consumo/día: } 56 \text{ Pul}^3 \times 2 \text{ suministros/hora} \times 24 \text{ horas/día} = 2688 \text{ Pul}^3/\text{día}$$

Los depósitos disponibles con mayor volumen son el de 100 lb. (2883 Pul^3) ó el de 200 lb. (5786 Pul^3) lógicamente, el más apropiado es el 200 lb., el período de reabastecimiento será de poco más de 2 días (2 días y 3 horas aproximadamente).

Lista detallada de los componentes que conforman la estación central (DC-42):

1	Flujo de bomba	33.6 Pul ³ /min.	6	Modelo bomba	DJ4-5
2	Tipo de bomba	Doble pistón	7	Válvula reversible	DR460A
3	Máx. pres. de trabajo	3000 psi	8	Motor	1 Hp, 1720 rpm, 60Hz
4	Presión de alivio	2500 psi	9	Lubricante	Grasa
5	Ratio del reductor	10:1	10	Tipo de sistema	De Circuito

tabla 4.4 Características de la estación central.

4.3.3 Selección del contador eléctrico de tiempo.

Se tiene que escoger el que más se adapte a los requerimientos los cuales son:

- que sea un timer para un sistema de circuito con válvula reversible tipo DR,
- que sea de 220 V.,
- con frecuencia de 60 Hz.,
- con dial de 1 hora porque se ha comprobado que los períodos de lubricación no sobrepasan la hora.
- que tenga señales visuales de operación (4 luces indicadoras).

En la sección 3.2.3. y en la tabla 3.6 Capítulo 3, se puede ver que de acuerdo con los requerimientos establecidos, el modelo que cumple con esto es el " KL - 72261 ", por lo que

queda incluido en el diseño. Además de lo anterior, se va a incluir una alarma (auditiva) para detectar fallas en la operación del sistema.

4.3.4 Distribución de las líneas de suministro de lubricante del sistema.

La distribución de las líneas de suministro se van a ser de acuerdo con el esquema que se muestra en la figura 4.1. De esta manera está distribuido el sistema actual, el cual tiene la cualidad de que ninguna de sus líneas principales de suministro interfiere en las tareas de limpieza, mantenimiento y reparación que se realizan en el tándem de molinos.

A continuación se va a proceder a determinar el diámetro de tuberías de las líneas principales, ramas y líneas de descarga; para lo cual se van a tomar en cuenta las pérdidas de presión por pie de longitud de línea la relación con el diámetro de tubería y el flujo que desarrolla la bomba del sistema; para este cálculo se utiliza la tabla 3.7 Capítulo 3.

A. Condiciones

- La caída de presión en el circuito principal no debe exceder de 2000 psi.
- La presión disponible en las válvulas de medición debe ser de 500 psi o más.
- La longitud de las líneas de descarga de lubricante que van desde las válvulas de medición hasta los puntos de lubricación (chumaceras) no debe exceder 10'; y la caída de presión no debe ser mayor de 250 psi.
- La caída de presión total entre la válvula reversible y las chumaceras no debera exceder de 2000 psi en el sistema.

B. Desarrollo

Para el desarrollo se usa el método expuesto en el Capítulo 3, tomando una velocidad de flujo de 33.6 Pul³/minuto aproximado a 34 Pul³/minuto que es el flujo que genera la bomba, a 77°F, aproximadamente.

1. Cálculo para diámetro de tubería de la línea principal (Circuito).

Se tiene una longitud total del circuito principal de 370.88', ver tabla 4.5; usando fórmula No 3, sección 3.2.4.3, Capítulo 3, se tiene:

$$\text{máxima caída de presión/pie: } 2000 \div 370.88 = 5.39 \text{ psi/pie}$$

TUBERIA LINEA PRINCIPAL DIAMETRO 3/4" CD#80				
Tramo	Longitud Pies	Longitud Acum. *	Caída Presión**	Caída Presión***
A	9.84	9.84	24.6	24.6
B	7.28	17.12	18.2	42.8
C	9.15	26.27	22.875	65.675
D	1	27.27	2.5	68.175
E	5.41	32.68	13.525	81.7
F	7	39.68	17.5	99.2
G	19.23	58.91	48.075	147.275
H	0.59	59.5	1.475	148.75
I	1.64	61.14	4.1	152.85
J	6.73	67.87	16.825	169.675
K	2.13	70	5.325	175
L	12.14	82.14	30.35	205.35
M	9.78	91.92	24.45	229.8
N	2.95	94.87	7.375	237.175
O	11.05	105.92	27.625	264.8
P	15.42	121.34	38.55	303.35
Q	17.39	138.73	43.475	346.825
R	18	156.73	45	391.825
S	16.08	172.81	40.2	432.025
T	17.39	190.2	43.475	475.5
U	3.01	193.21	7.525	483.025
V	3.8	197.01	9.5	492.525
W	6.04	203.05	15.1	507.625
X	0.82	203.87	2.05	509.675
Y	16.9	220.77	42.25	551.925
Z	8.03	228.8	20.075	572
AA	4.27	233.07	10.675	582.675
AB	16.57	249.64	41.425	624.1
AC	16.73	266.37	41.825	665.925
AD	17.22	283.59	43.05	708.975
AE	16	299.59	40	748.975
AF	23.03	322.62	57.575	806.55
AG	31.14	353.76	77.85	884.4
AH	7.28	361.04	18.2	902.6
AI	9.84	370.88	24.6	927.2
TOTAL	370.88		927.2	

* Longitud Acumulada en pies
** Caída de Presión en el tramo 2 1/2 psi/pie
*** Caída de Presión Acumulada psi/pie

tabla 4.5 Longitud de tramos y caídas de presión en las líneas principales de suministro.

TUBERIA RAMAS D. 1/2" CD#80		
Rama	Longitud Pies	Caída Presión*
I	8.71	39.195
II	25.1	112.95
III	22.06	99.27
IV	22.79	102.555
V	25.08	112.86
VI	24.07	108.315
VII	24.07	108.315
VIII	22.32	100.44
IX	10.17	45.765
X	10.17	45.765
XI	10.17	45.765
XII	10.17	45.765
XIII	10.17	45.765
XIV	8.71	39.195
TOTALES	233.76	1051.92

* Caída de Presión 4 1/2 psi/pie

tabla 4.6 Longitud y caídas de presión en las ramas.

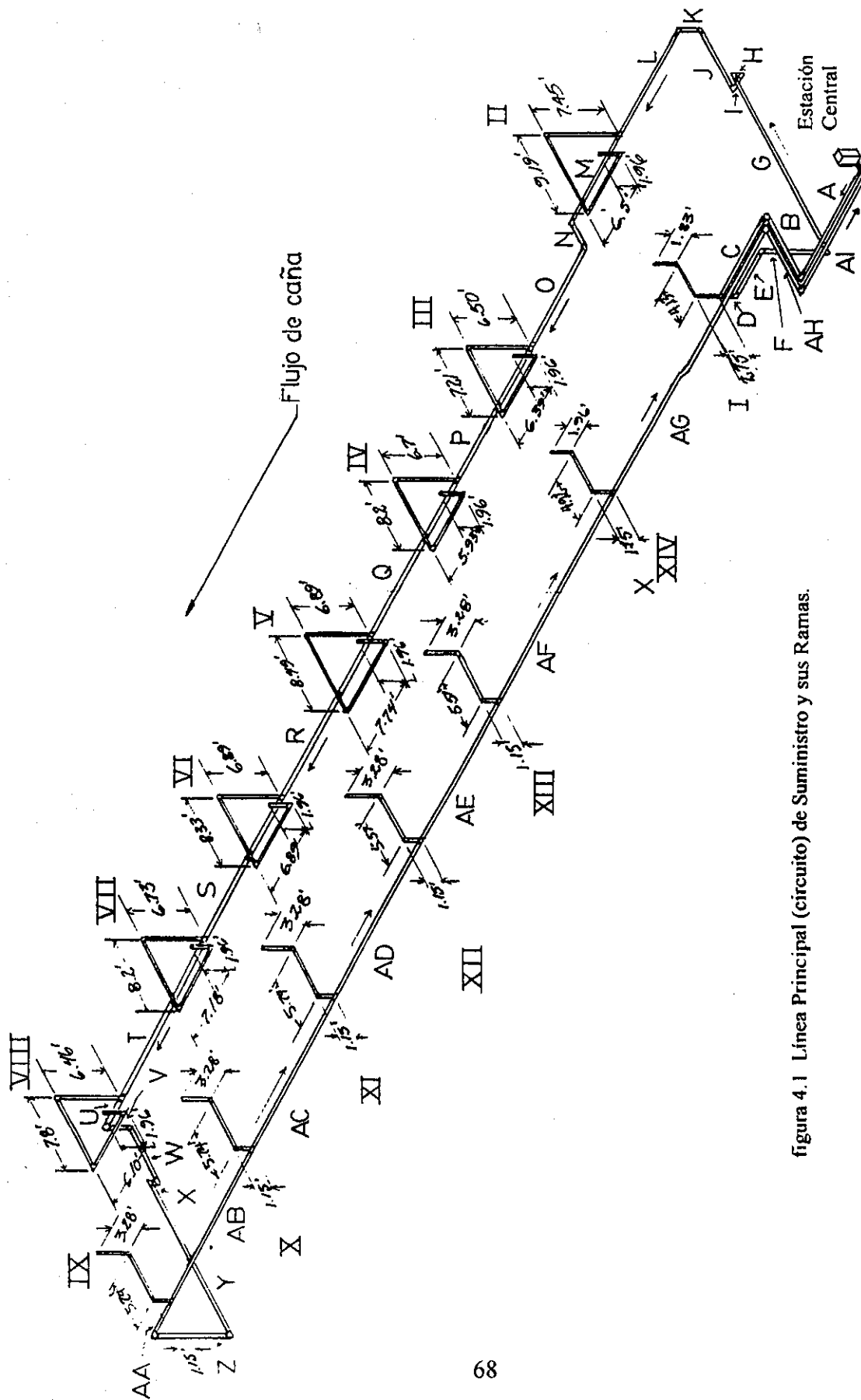


figura 4.1 Línea Principal (circuito) de Suministro y sus Ramas.

Observando en tabla 3.7, Capítulo 3, con tubería de diámetro 3/8" CD#40 se tiene una pérdida de presión de 5.5 psi/pie de longitud, valor bastante cercano a la máxima caída de presión permisible, con tubo de 1/2" diámetro CD#80 se tendrá una caída de presión de 4.5 psi/pie, este valor está más lejano (menor pérdida de presión/pie) y se podría usar; pero se tiene que considerar que la longitud del circuito es bastante larga, también lo son las líneas secundarias o ramas. Además, la cantidad de puntos a lubricar es elevada (98 puntos); sería mejor si se prueba con tubería de hierro negro diámetro 3/4" CD#80 que presenta una caída de presión de 2 ½ psi/pie. De esta manera se puede calcular la caída de presión total en el circuito principal:

$$370.88 \text{ pies} \times 2.5 \text{ psi/pie} = 927.2 \text{ psi}$$

927.2 psi es menor que 2000 psi por lo tanto cumple con la regla.

2. Cálculo de diámetro de tubería para las ramas del circuito.

Usando la fórmula 3.2, sección 3.2.4.3, Capítulo 3, se puede tener una aproximación del diámetro de tubería más apropiado para las ramas.

Se van analizar las ramas II y VIII (lado de corona) por la longitud que tienen; casi todas tienen la misma longitud del lado de corona; también se va a analizar la rama XIV por ser la última del circuito y debido a que tiene longitud similar a las otras (IX - XIII). Ver figura 4.1 y tabla 4.6.

• Rama II

- Caída de pres. en circuito = 2½ psi/pie
- Longitud de línea de retorno = 288.14 pies (tramos M - AI) ver figura 4.1
- Longitud rama = 25.10 pies.

Caída de presión en rama psi/pie: $(2\frac{1}{2} \text{ psi/pie} \times 288.94 \text{ pies} \times 0.5) \div 25.10 \text{ pies} = 14.34 \text{ psi/pie}$

• Rama VII

- Longitud línea de retorno = 180.68 pies (tramos U - AI), ver figura 4.1.

Caída de presión en rama psi/pie = 10.11 psi/pie.

• Rama XIV

- Longitud línea de retorno = 48.26 pies (tramos AG - AI), ver figura 4.1.

Caída de presión en rama psi/pie = 6.92 psi/pie.

Como se puede observar en los cálculos anteriores, la rama XIV presenta menor pérdida de presión por lo que se debe buscar un diámetro de tubería que presente una caída de presión similar a 6.92 psi/pie.

Se podría calcular un diámetro de tubería adecuado a cada rama, pero, estos cricuitos son armados a cada zafra (cada 6 meses) y luego desmontados para su mantenimiento; esto puede dar problemas, pues, se puede cambiar la tubería de una rama con la de otra, es decir, se tendría que tener un cuidado muy especial caso que no es posible por las limitaciones de tiempo que se presentan en reparación; lo aconsejable es estandarizar para evitar estos problemas; la longitud de las ramas debe ser lo más similar posible.

Como se puede ver en la tabla 3.7 Capítulo3, con tubería CD#80 diámetro 3/8" se tiene una caída de presión de 5½ psi/pie y con tubería CD#80 de 1/2" de diámetro se tiene una caída de presión de 4½ psi/pie; de preferencia se toma la de diámetro de 1/2" por que presenta una caída de presión menor, lo cual es conveniente para asegurar el buen desempeño del sistema.

Ahora, se procede a verificar si con el diámetro de tubería escogido, sí cumple con la regla de las ramas; para lo cual se toman las Ramas que se analizaron anteriormente (II, VIII, XIV).

• **Rama II**

- Longitud de línea principal retorno (M - AI) = 288.14 pies.
- Caída de presión tubería diámetro 3/4" = 2½ psi/pie.
- Longitud rama 25.10 pies.
- Caída de presión tubería diámetro ½" = 4½ psi/pie.

Línea principal de retorno

Línea de rama

Caída presión de retorno:

Caída presión de la rama:

$$= 288.14 \text{ pies} \times 2\frac{1}{2} \text{ psi/pie}$$

$$= 25.10 \text{ pies} \times 4\frac{1}{2} \text{ psi/pie}$$

$$= 720.35 \text{ psi} \div 2$$

$$= 112.95 \text{ psi}$$

$$= 360.175 \text{ psi}$$

$$= 112.95 \text{ psi}$$

$$360.175 \text{ psi} > 112.95 \text{ psi}$$

• **Rama VIII**

- Longitud de línea principal de retorno (tramos U - AI) = 180.68 pies, figura 4.1.

Línea principal de retorno.

Línea de rama

Caída presión de retorno:

Caída presión de la rama:

= 225.85 psi

= 100.44 psi

$$225.85 \text{ psi} > 100.44 \text{ psi}$$

• **Rama XIV**

- Longitud de línea principal de retorno (tramos AG - AI) = 48.26 pies. Ver figura 4.1.

Línea principal de retorno

Línea de rama

Caída presión de retorno

Caída presión de la rama

= 60.325 psi

= 39.15 psi

$$60.325 \text{ psi} > 39.15 \text{ psi}$$

Como se puede observar, las ramas cumplen con la regla de su diseño al ser la caída de presión menor que la mitad de la caída de presión de la línea principal de retorno, en cada caso tienen un buen margen de seguridad.

Las ramas analizadas anteriormente no fueron seleccionadas al azar, se escogieron por su longitud y por su posición en el circuito; como se puede ver en la tabla 4.6 las ramas del lado de corona (ramas I a la VII) tienen similar longitud lo mismo sucede del lado de espiga (ramas VIII a la XIV); se puede seleccionar cualquier rama del sistema y se podrá comprobar por medio de cálculos que sí cumple con la regla.

3. Cálculo de diámetro de tubing para las líneas de descarga.

Se tiene que buscar un diámetro de tubing que haga que la caída de presión en las líneas de descarga, no exceda de 250 psi y que, además, las líneas no sean mayores de 10' de longitud. En el caso del tubing, en la tabla 3.7 Capítulo 3 se observa que con un tubing de diámetro 3/8" se tiene una caída de presión de 19 psi/pie.

Las longitudes de las líneas de descarga y sus pérdidas son las siguientes:

Lado de corona:

M. superior: 10' x 19 psi/pie = 190 psi
M. bagacera: 12' x 19 psi/pie = 228 psi
M. cañera: 10' x 19 psi/pie = 190 psi
Cuarta M.: 4.5' x 19 psi/pie = 85.5 psi

Lado de espiga:

M. superior: 6' x 19 psi/pie = 114 psi
M. bagacera: 8' x 19 psi/pie = 152 psi
M. cañera: 11' x 19 psi/pie = 209 psi
Cuarta M.: 9.5' x 19 psi/pie = 180.5 psi

Las caídas de presión de las líneas, son menores de 250 psi; pero, la longitud de las líneas de la maza bagacera de lado de corona y la maza cañera de lado de espiga son mayores de 10'. En este caso no se excede demasiado del límite que son 10', en el peor de los casos, sólo se excede 2', pero hay que considerar que la temperatura en el medio ambiente es alta, promedio 77° F con lo que se compensa esta diferencia. En conclusión, se recomienda un diámetro de tubing de 3/8" para las líneas de descarga.

4. Comprobando si la caída de presión total entre las válvula reversible y las chumaceras excede los 2000 psi.

Analizando las ramas seleccionadas en los párrafos anteriores por las razones ya mencionadas.

• Rama II

Tomando el tramo del circuito principal que va desde la estación central hasta el inicio de la Rama II, tramo A - L, ver esquema de figura 4. 1; luego, la longitud de la Rama II y, por último, la línea que va desde las válvulas de medición hasta la chumacera más lejana (línea de mayor longitud) en este caso, la que va a la chumacera de la maza cañera, en cada tramo antes mencionado se calcula la caída de presión, se suman y se comparan.

- tramo del circuito principal (A - L) $82.14' \times 2\frac{1}{2} \text{ psi/pie} = 205.37 \text{ psi}$
 - Rama II $25.10' \times 4\frac{1}{2} \text{ psi/pie} = 112.95 \text{ psi}$
 - línea hacia la chumacera (más larga) $12.00' \times 19 \text{ psi/pie} = \underline{228.00 \text{ psi}}$
- Caída de presión total = 545.37 psi

545.37 psi < 2000 psi, Aceptable.

• Rama VIII

Realizando los cálculos se tiene una caída de presión total de 803.94 psi.

803.94 psi < 2000 psi, Aceptable.

• **Rama XIV**

En la última rama se tiene una caída total de presión de 1054.75 psi.

$$1054.75 \text{ psi} < 2000 \text{ psi, Aceptable.}$$

Con los cálculos anteriores se puede comprobar que la caída de presión entre la válvula reversible y las chumaceras no excede los 2000 psi, si se comprueba en cualquier otra rama diferente que las anteriores se va a obtener resultados aceptables.

5. Comprobando si la presión disponible en las válvulas de medición es igual o mayor a 500 psi.

Analizando las mismas ramas y tomando los cálculos de la sección anterior, pero sin tomar en cuenta las pérdidas que se producen en las líneas de descarga; es decir, si solamente se analizan las caídas de presión desde la válvula reversible hasta las válvulas de medición en cada una de las ramas se tiene:

• **Rama II**

La caída de presión es de 317.37 psi.

• **Rama VIII**

La caída de presión es de 575.54 psi.

• **Rama XIV**

La caída de presión es de 845.75 psi.

Como se observa, si a cada una de estas ramas se le suman 500 psi o un poco más, no sobrepasaría las 2000 psi, que es el límite permisible; en conclusión, si se puede disponer de por lo menos, 500 psi en las válvulas de medición.

6. Lista de materiales para el montaje de las líneas de suministro de lubricante del sistema.

A continuación se enumeran los materiales requeridos para el montaje de las líneas de suministro y distribución de lubricante a las chumaceras del tándem de molinos; para verificar los datos se puede ver la figura 4.1

a. Líneas principales (2 circuitos):

- 40 Tubos de hierro negro diámetro 3/4" CD#80
- 32 "Tees" de hierro negro diámetro 3/4" CD#80

- 42 Codos de 90 de hierro negro diámetro 3/4" CD#80
- 40 Coplas de hierro negro diámetro 3/4" CD#80
- 70 Uniones universales de hierro negro diámetro 3/4" CD#80, colocarlas en los tramos de la A a la AI. Ver figura 4.1.

b. Líneas de ramas (I - XIV) hacia las válvulas de medición:

- 25 Tubos de hierro negro diámetro 1/2" CD#80
- 28 Reducidores Bushing de bronce, diámetros 3/4" macho npt a 1/2" hembra npt
- 98 Codos de hierro negro hembra de 90° diámetro 1/2" CD#80
- 28 Válvulas de paso de alta presión, diámetro 1/2" npt
- 28 Uniones universales de hierro negro diámetro 1/2" CD#80 (hembra)
- 30 Coplas de hierro negro diámetro 1/2" CD#80
- 28 Conectores de bronce diámetros 1/2" macho npt a 3/8" tuerca y gollete
- 160 Conectores de bronce diámetro 3/8" macho npt a 3/8" tuerca y gollete
- ** tubing

c. Líneas de descarga:

- 100 conectores de bronce, diámetros 1/4" macho npt a 3/8" tuerca y gollete
- 940 pies de Tubing diámetro 3/8" **
- 60 "Tees" de bronce diámetro 3/8" horizontal tuerca y gollete y diámetro 3/8" macho npt al centro
- 60 graseras diámetro 3/8" macho npt
- 60 coplas de bronce diámetro 3/8" npt
- 70 codos de bronce de 90°, diámetros 3/8" macho npt a 3/8" con tuerca y gollete para las chumaceras cañera, bagacera y cuarta maza
- 28 conectores de bronce diámetro 3/8" macho npt a 3/8" tuerca y gollete
- 28 mangueras de 3' diámetro interior 3/8", puntas con hembra loca de 3/8" npt, -40°F a +200°F, para alta presión +2000, que resista el contacto con lubricantes y solventes; para chumaceras de mazas superiores.

d. Válvulas de medición:

- 22 Válvulas modelos DM62
- 4 Válvulas modelos DM52
- 20 Válvulas modelos DM53

e. Líneas de estación central

- 4 Válvulas de Aguja para alta presión diámetro 3/8"
- 10' Tubería de hierro negro diámetro 3/8" CD#80
- 4 Uniones universales de hierro negro diámetro 3/8" CD#80

- 2 Reducidores Bushing de bronce, diámetros 3/8" npt hembra npt a 1/4" npt macho
- 2 Reducidores Bushing de bronce, diámetro 3/4" npt macho a 3/8" npt hembra
- 4 "Tees" hierro negro diámetro 3/4" CD#80
- 4 tapones macho de hierro negro diámetro 3/4" npt CD#80

En la figura 4.2 se observa un esquema aproximado de cómo quedan conformadas las ramas en relación a las válvulas de medición y a las líneas principales de suministro; el círculo punteado indica la posición aproximada para colocar la válvula de paso en la rama, la cual cortará el flujo de lubricante a las chumaceras cuando sea necesario; las líneas de descarga cuentan con graseras que facilitan el suministro de lubricante a las chumaceras en caso de emergencia.

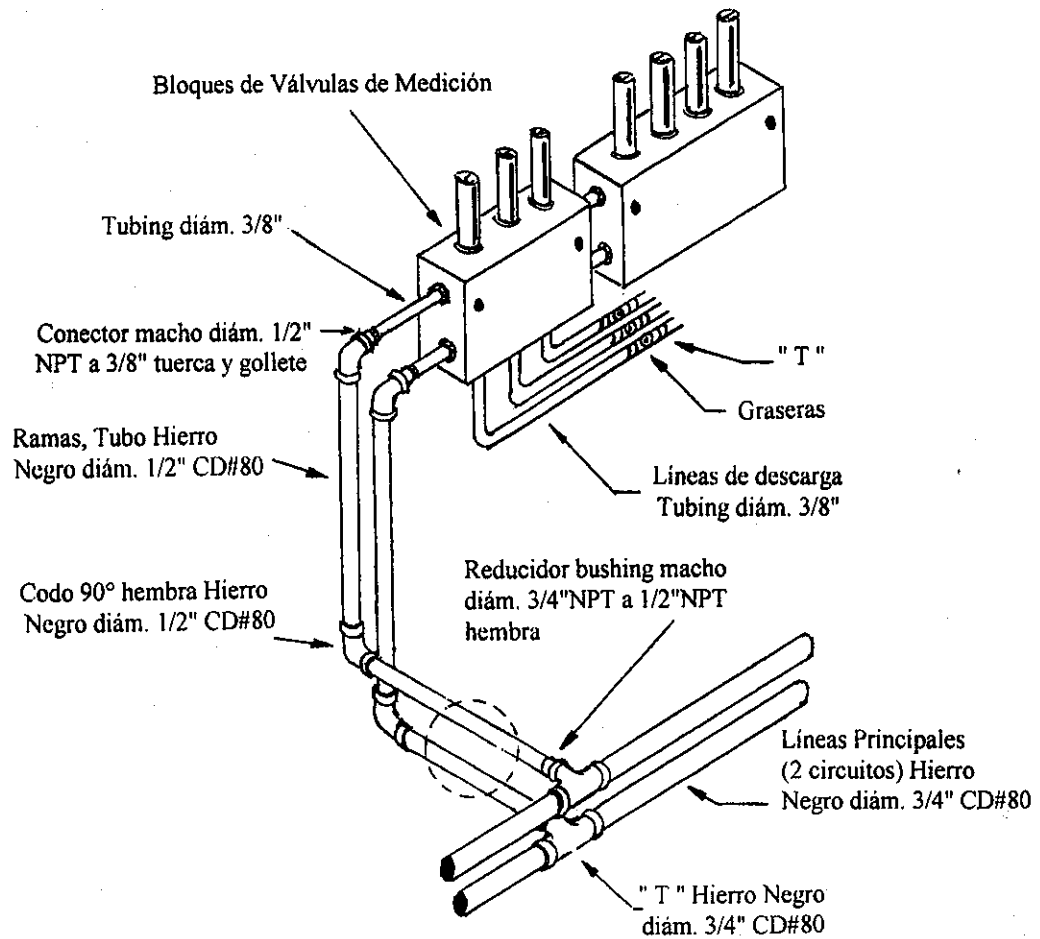


figura 4.2 Esquema de una rama.

4.4 Consumo del lubricante por el sistema.

El consumo de lubricante por el sistema se divide en dos partes: cálculo para llenado de líneas del sistema y consumo regular del sistema.

4.4.1 Cálculo para llenado de líneas del sistema.

Esta operación se realiza solamente una vez cada zafra, salvo que por motivos especiales se hallan tenido que vaciar las líneas, se tendrá que volver a realizar.

A. Volumen (interno) de circuito principal.

- Longitud total = 741.76'
- Diámetro de tubería de 3/4" CD#80, 5.19 Pul³/pie. (ver tabla 3.4 Capítulo 3)

$$5.19 \text{ Pul}^3/\text{pie} \times 741.76' = 3848.95 \text{ Pul}^3$$

B. Volumen (interno) de ramas.

- Longitud total = 467.52'
- Diámetro de 1/2" CD#80, 2.82 Pul³/pie. (ver tabla 3.4 Capítulo 3)

$$2.82 \text{ Pul}^3/\text{pie} \times 467.52' = 1313.58 \text{ Pul}^3$$

C. Volumen (interno) de tubing.

- Longitud total = 940'
- Diámetro de 3/8" tubing, 0.723 Pul³/pie. (ver tabla 3.4 Capítulo 3)

$$0.723 \text{ Pul}^3/\text{pie} \times 940' = 679.76 \text{ Pul}^3$$

D. Volumen de válvulas de medición.

Para este cálculo hay que usar las tablas 3.1 y 3.3 Capítulo 3; analizando el volumen de descarga máxima del pistón principal y el volumen de llenado de la recámara del pistón piloto de las válvulas de medición enumeradas en la sección 4.3.2 se tiene:

- Válvulas modelo DM62, pistón principal desplaza 0.8 Pul³/tiempo; y el pistón piloto desplaza 0.044 Pul³/tiempo.

$$22 \text{ válvulas} \times 2 \frac{\text{pistones principales}}{\text{bloque de válvulas}} \times \frac{0.8 \text{ Pul}^3}{\text{carrera pistón}} = 35.2 \text{ Pul}^3$$

$$22 \text{ válvulas} \times 2 \frac{\text{pistones piloto}}{\text{bloque de válvulas}} \times \frac{0.044 \text{ Pul}^3}{\text{carrera pistón}} = 1.94 \text{ Pul}^3$$

- Válvulas modelos DM52 y DM53, el pistón desplaza 0.306 Pul³/carrera y el pistón piloto desplaza 0.021 Pul³/carrera; las válvulas se analizan, conjuntamente, porque desplazan los mismos volúmenes; en total se tienen 68 pistones principales y 68 pistones piloto.

$$68 \text{ pistones principales} \times \frac{0.306 \text{ Pul}^3}{\text{carrera pistón}} = 20.80 \text{ Pul}^3$$

$$68 \text{ pistones piloto} \times \frac{0.021 \text{ Pul}^3}{\text{carrera pistón}} = 1.43 \text{ Pul}^3$$

- Volumen total: 59.37 Pul³

Para el llenado del sistema se tienen que sumar todos los volúmenes calculados anteriormente y esto dá un total de:

$$5901.66 \text{ Pul}^3 \text{ de lubricante}$$

Una libra de grasa equivale a 28.93 Pul³ de grasa; realizando los cálculos necesarios, se requerirían 204 lb. de grasa para llenar las líneas, hay que estar seguro que la grasa ha llegado a las chumaceras, por lo que se tienen que realizar varias inyecciones continuas de lubricante hasta observar que la grasa se está derramando por las chumaceras, contemplando un factor de 1.5 para esto se tendría un consumo aproximado de 306 lb. de grasa, o 3/4 de tonel.

Cuando el lubricante empieza a derramarse por las chumaceras es conveniente cerrar las válvulas de paso que se han instalado en las ramas y, así, evitar que el lubricante sea desperdiciado, conforme el lubricante va llegando a las chumaceras se van cerrando las válvulas de paso, pero cuando éste ha llegado a todas, estas válvulas deben ser abiertas en su totalidad y verificar que no sean cerradas en ningún momento, salvo que se tenga que saltar o sacar de línea algún molino, en este caso se cierran las válvulas de paso de las ramas de dicho molino.

Después que se halla llenado todo el sistema de suministro de lubricante, se procede a ajustar las válvulas al volumen de descarga establecido, ver tabla 3.1 y 4.3; esto se hace cuando los pistones principales de las válvulas están en su punto muerto inferior, es decir, que el vástago indicador no interfiera el desplazamiento axial del tornillo ajustador.

4.4.2 Consumo regular del sistema.

Este consumo es el que descarga las válvulas de medición cuando ya han sido ajustadas para suministrar a cada chumacera el volumen de película de lubricante requerido. En la tabla 4.3 se puede ver que para satisfacer la demanda de lubricante de las chumaceras es necesario un volumen de 34.98 Pul³ de grasa por cada ciclo de lubricación con ESSO Gear Cover 40. Según las pruebas que se han realizado en los Ingenios Santa Ana y la Unión, se ha

comprobado que se pueden hacer suministros a cada 30 minutos con la grasa antes mencionada.

Con este consumo, un tonel de grasa ESSO Gear Cover 40 que trae 400 lb o 11572 Pul³, duraría, aproximadamente: (1 lb de grasa = 28.93 Pul³).

- $(34.98 \text{ Pul}^3/0.5 \text{ horas}) \times 24 \text{ horas/1 día} = 1663.2 \text{ Pul}^3/\text{día}$
- $11572 \text{ Pul}^3/1 \text{ tonel} \times 1 \text{ día}/1663.2 \text{ Pul}^3 = \underline{6 \text{ días } 21 \text{ horas}}$

Si se usan las válvulas de medición a máxima descarga, se estará suministrando un volumen de 56 Pul³ (ver sección anterior sin tomar en cuenta el volumen de pistones piloto) un tonel de grasa tardaría, aproximadamente,

- $(56 \text{ Pul}^3/0.5 \text{ horas}) \times 24 \text{ horas/1 día} = 2688 \text{ Pul}^3/\text{día}$
- $11,512 \text{ Pul}^3/\text{tonel} \times 1 \text{ día}/2688 \text{ Pul}^3/\text{día} = \underline{4 \text{ días con } 3 \text{ horas.}}$

Como se puede observar, es conveniente ajustar, adecuadamente las válvulas de medición según se recomienda para optimizar el consumo de grasa ESSO Gear Cover 40.

Para la implementación del lubricante, es recomendable realizar un buen llenado de líneas; ajuste de válvulas de medición, calibrado de presiones, tanto de salida de la bomba en la válvula de estrangulamiento, como de retorno en la válvula reversible, un buen montaje del sistema y una adecuada operación. Se recomienda leer la secciones 3.3 y 3.4 del Capítulo 3.

CAPITULO 5

5 EXPERIENCIAS OBTENIDAS EN LA IMPLEMENTACION DE LA GRASA GRADO NLGI No. 0 EN LAS CHUMACERAS DEL TANDEM DE MOLINOS DEL INGENIO SANTA ANA; COMPORTAMIENTO Y CONSUMO EN COMPARACION CON UN ACEITE ASFALTICO

En este capítulo se va a hablar sobre la implementación de la grasa grado NLGI No. 0 ESSO Gear Cover 40 en las chumaceras del Tándem de Molinos del Ingenio Santa Ana; el comportamiento y consumo de este lubricante, en comparación con aceites tradicionalmente usados de base asfáltica; así como la determinación del período de suministro de este nuevo lubricante para lograr su optimización. Este evento se llevó a cabo al inicio de la zafra 95-96; durante los primeros 40 días se usó ESSO Gear Cover 40 y el resto de la zafra se usaron aceites de base asfáltica.

5.1 Descripción de la grasa grado NLGI No 0.

El lubricante que se implementó en las chumaceras de los molinos, es una grasa grado NLGI No. 0, semi fluida con las características que a continuación se mencionan:

ESSO Gear Cover 40 tiene un aceite base de alta viscosidad sin asfalto, jabón de Litio, Grafito, Disulfuro de Molibdeno (Moly) más un paquete de aditivos de extrema presión (EP) estos son los elementos que dan a este lubricante la gran capacidad de soportar cargas, con una excepcional resistencia a ser lavada por el agua, pudiendo absorber cantidades moderadas de ésta, con muy pocos o ningún cambio en sus características, además, cuenta con inhibidores de herrumbre y la corrosión.

El Grafito y el Disulfuro de Molibdeno son lubricantes sólidos que forman láminas deslizantes; al presentarse altas cargas, es posible que en determinado momento, se rompa la película de lubricante, es en estas situaciones donde los lubricantes sólidos trabajan, las láminas o capas de Grafito y Disulfuro de Molibdeno se deslizan unas sobre otras, reduciendo, considerablemente la fricción, además, estas altas cargas adhieren estos lubricantes a las superficies metálicas deslizantes modificándolas y brindándoles una capa protectora. El jabón de Litio, contribuye a que la grasa tenga mejor adhesividad y que no sea lavada fácilmente por el agua y el guarapo, además, contiene un paquete de aditivos de (EP) extrema presión que con las altas temperaturas resultantes del contacto metal-metal los aditivos se combinan, químicamente, con la superficie del metal, con lo que ésta adquiere un punto de fusión más alto, logrando una mejor resistencia a las microsoldaduras, prolongando la vida útil de las partes que se están lubricando.

5.2 Implementación de la grasa grado NLGI No. 0.

Días antes del inicio de la zafra 95-96 se realizó una revisión completa de todo el sistema y de esta manera se aseguró el buen funcionamiento del mismo. Para la implementación de la grasa se usó la estación central, el sistema de distribución y las válvulas de medición descritos en el Capítulo 2 y en el Capítulo anterior, sin hacerle ninguna modificación.

5.2.1 Pasos que se siguieron para verificar la capacidad de la estación central de suministrar la grasa semifluida.

A. Revisión del sistema en general, para verificar el buen funcionamiento de cada componente; cambio de aceite del reductor y de la bomba, (aceite ESSO Cyclesso TK 460); se revisó especialmente las líneas de suministro cerciorandonos que estuvieran debidamente conectadas (roscadas).

B. Para el llenado de líneas, primeramente se vació aceite de alta viscosidad especial para cilindros (ESSO Cyclesso TK 460) en el reservorio o depósito. Seguidamente se vaciaron unas cuantas libras de grasa (aproximadamente 25 lb); se puso a funcionar la bomba, en forma continua (manual) y se empezaron a llenar las líneas del sistema.

C. Funcionamiento de las válvulas de medición: se verificó que todas las válvulas de medición funcionaran, observando los vástagos de las mismas y asegurarse que se movieran completamente en ambos sentidos descargando lubricante a las chumaceras. Se tuvo problema con algunas válvulas porque estaban atascadas, por lo que se procedió a cambiarlas, y también se incrementó la presión de retorno por medio del tornillo regulador de presión en la válvula reversible, esto con el fin de asegurar la descarga de lubricante de todas las válvulas de medición del sistema llegara a los los puntos de lubricación.

D. Se verificó que el lubricante hubiese llegado a todas las chumaceras, observando si éste escurría por los bordes de las tejas, al mismo tiempo, se revisaron las líneas de suministro de todo el sistema con el fin de detectar posibles fugas de lubricante, para corregirlas; esto es importante ya que las fugas provocan caídas de presión en el sistema y por lo tanto merman considerablemente su buen desempeño.

E. Se procedió a calibrar las presiones, tanto en el estrangulador, después de la salida de la bomba, como en el retorno de la válvula reversible; en la línea no se lograba tener la suficiente presión para mover todas las válvulas de medición; la válvula de alivio y/o estrangulamiento fue calibrada a 650 psi aproximadamente, esto con la ayuda de los manómetros que están en la línea, en los puertos de salida de la válvula reversible. Para lograr un mayor presurizado en la línea, se aumento el presurizado de la línea de retorno, en la válvula reversible, esta se ajusto a 400 psi aproximadamente, de esta manera se logró que todas las válvulas funcionaran adecuadamente, quedando listo el sistema para el inicio de zafra.

5.2.2 Inicio de zafra 95 - 96

Momentos antes de empezar a rodar las mazas de los molinos, se puso a funcionar la estación central en forma continua (modo manual) o, sea, a que realizara suministros continuos de grasa a las chumaceras; minutos después que las mazas estaban girando, se puso a funcionar la estación central de manera automática, realizando los suministros a cada 10 minutos, a la bomba le tomaba entre 2 minutos 45 segundos á 3 minutos 15 segundos llevar el lubricante a todos los puntos de lubricación.

Durante los primeros 2 días de zafra es conveniente realizar los suministros de lubricante en períodos de tiempo relativamente cortos, pues, las chumaceras están en un proceso de asentamiento y hay que brindarles una mayor protección; después, estos períodos se van alargando hasta llegar a un tiempo prudente, tratando siempre de proteger las chumaceras. A través de un monitoreo de temperaturas se puede establecer el período de suministro, más adecuado, pues, las chumaceras al no tener suficiente lubricante se calientan considerablemente, esto como producto de la fricción y, por consiguiente, del desgaste que resulta por las elevadas cargas que se aplican a las mazas.

5.2.3 Optimización del lubricante.

Para la optimización del lubricante se tuvieron presentes los aspectos:

A. no usar más lubricante del que realmente se necesita; las chumaceras necesitan una película de lubricante determinada, si se les aplica más, se puede considerar como un desperdicio, pues, éste, simplemente se derramara sin poder ser utilizado nuevamente,

B. brindarle a las chumaceras un buen margen de seguridad, de tal manera, que no se presentaran fallas por falta de lubricante.

La optimización se hizo con base en las temperaturas que se registraran en las chumaceras, las que fueron tomadas con un detector (pistola) de temperatura de rayos infrarojos, con mira laser, usando un ajuste de emisibilidad = 1.00.

Se había planeado iniciar con períodos de 10 minutos de duración e incrementarlos de 10 minutos en 10 minutos, dependiendo del comportamiento que se observara en las temperaturas de las chumaceras, pero, por fallas en el contador eléctrico de tiempo del sistema esto no fue posible; de 10 minutos que duraron los primeros períodos, se pasó a 13 minutos y de, ahí, a 30 minutos (½ hora). Revisando constantemente las chumaceras para detectar cualquier aumento desmedido de temperaturas. Las temperaturas se tomaron en el área de las chumaceras mencionadas en la sección 3.4.4 Capítulo 3, tanto del lado de corona como del lado de espiga. Al final se logró establecer los ciclo de suministro de grasa en 30 minutos, en la figura 1.10 sección 1.1.8.1 Capítulo 1, están representados los ciclos de suministro, en los que se incluye el tiempo de bombeo, tiempo de descanso y el tiempo de señal de falla.

5.2.3.1 Toma de temperaturas y elaboración de gráficas.

La pistola que se utilizó en la toma de temperaturas, tenía la cualidad de registrar la temperatura más alta detectada en las chumaceras y, así, tener datos más reales, las temperaturas registradas se anotaron en una hoja con un rayado especial; ver figura 3.9 Capítulo 3.

Al inicio de la zafra las temperaturas que se registraron fueron más altas por el proceso de asentamiento que se mencionó anteriormente, después, éstas fueron disminuyendo, a pesar de que las chumaceras tienen su propio sistema de enfriamiento, hubo necesidad de aplicar agua extra a algunas chumaceras para enfriarlas, este es un procedimiento muy común en los ingenios azucareros.

Las tomas de temperatura se realizaban después de cada 2 horas continuas de molienda tratando de que éstas fueran lo más estable posible, se realizó un promedio de 3 tomas al día, los datos fueron tabulados, promediados y graficados, para facilitar su interpretación. En las gráficas también están señalados los días en que los períodos de suministro de lubricante estuvieron a 10, 13, y 30 minutos para la grasa y 20 minutos para el aceite asfáltico.

En las gráficas 5.1 y 5.2 se puede observar el comportamiento de 2 chumaceras, las cuales muestran una tendencia más o menos estable, ésta temperatura expresada está en grados celsius sobre la temperatura ambiente; se estima que la temperatura ambiente en el área donde está ubicado el tándem oscila entre 20 - 30 grados centígrados algunas veces un poco más. Registrar temperaturas entre 15 - 20 grados centígrados arriba de la temperatura ambiente en las chumaceras puede considerarse como normal. La gráfica 5.3 muestra un promedio general de temperaturas de todas las chumaceras del tándem, en grados celsius sobre la temperatura ambiente.

Estas gráficas fueron elaboradas con base en tomas de temperaturas realizadas durante el período del 20 de noviembre de 1995 (inicio de zafra) al 30 de enero de 1996; en estas están enmarcadas la duración de los períodos de suministro.

5.3 Comportamiento de la grasa grado NLGI No. 0 en las chumaceras del tándem de molinos del Ingenio Santa Ana y comparación con el lubricante de base asfáltica usado tradicionalmente.

La evaluación del comportamiento del lubricante se ha hecho con base en las temperaturas que se registraron en las chumaceras, la cual puede expresar que tanta fricción existe entre dos superficies que se deslizan una respecto de la otra, que es el caso del muñón y la chumacera. También se ha tomado en cuenta el consumo de lubricante, del cual se hablará en la siguiente sección.

Un aspecto muy importante, pero que no pudo ser tomado en cuenta, es una revisión de los muñones y las chumaceras, factor que hubiese resultado muy beneficioso. Las revisiones no se pudieron hacer por lo costoso que resultaría desarmar los componentes en plena zafra y tampoco se puede aseverar nada al respecto, pues, durante la zafra se usaron tres tipos distintos de lubricantes entre éstos la grasa ESSO Gear Cover 40.

5.3.1 Comportamiento de la grasa grado NLGI No. 0.

El comportamiento puede verse reflejado en las temperaturas registradas en las chumaceras, las que fueron obtenidas de la forma mencionada anteriormente, en las gráficas 5.1 a la 5.3 se pueden observar las temperaturas promedio, en grados centígrados arriba de la temperatura ambiente, como ya se mencionó la grasa ESSO Gear Cover 40 fué usada durante los primeros 40 días de zafra (95 - 96) y seguidamente, se usó un lubricante de base asfáltica esto también se indica en las gráficas; además se muestran los periodos de suministro de lubricante y la duración de cada uno de éstos. Hay que tomar en cuenta que el periodo en el cual se suministró la grasa grado NLGI No. 0 es el periodo de asentamiento de las tejas de las chumaceras, por lo que al principio las temperaturas que se registran son mayores y éstas van disminuyendo a medida que las chumaceras van asentando.

5.3.2 Comparativo entre la grasa grado NLGI No. 0 y el lubricante de base asfáltica.

El lubricante de base asfáltica es un aceite de alta viscosidad que, tradicionalmente se ha usado en ingenios azucareros, especialmente, para la lubricación de las chumaceras de las mazas; este aceite tiene una viscosidad arriba de los 6000 cSt@ a 40°C.

Comparativo del comportamiento de la grasa ESSO Gear Cover 40 y el lubricante asfáltico:

- periodo durante el cual se hicieron las tomas de temperatura: 20 noviembre de 1995 al 30 enero de 1,996,
- fecha en la que se empezó a hacer la toma de temperatura usando aceite asfáltico: 5 enero 1,996,
- tomas de temperatura que se hicieron despues del 5 de enero: 25 tomas,
- duración de los periodos de suministro de lubricante durante 25 tomas de temperatura antes del 5 de enero de 1996 y las 25 tomas de temperatura después de esa fecha.

- ESSO Gear Cover 40: 30 minutos
- Lubricante asfáltico: 20 minutos

- Instrumento para medición de temperaturas: medidor infrarojo marca Raytek, ajuste de emisibilidad igual a 1.00.

5.3.2.1 Temperaturas promedio obtenidas.

Promedio de temperaturas de las chumaceras en 25 tomas antes y 25 tomas después del 5 de enero de 1996. Ver gráfica 5.4.

- ESSO Gear Cover 40: 12 °C sobre °T ambiente
- Aceite Asfáltico: 17 °C sobre °T ambiente

5.3.2.2 Número de chumaceras con agua externa aplicada.

Promedio de chumaceras que tenían agua extra de enfriamiento en 25 tomas de temperatura antes y 25 tomas después del 5 de enero de 1996. Ver gráfica 5.5.

- ESSO Gear Cover 40 12 chumaceras
- Aceite base Asfáltica 21 chumaceras.

En las gráficas 5.1 a la 5.8 se puede observar mejor el comportamiento y la comparación de ambos lubricantes.

5.4 Comparativo del consumo de grasa y del lubricante asfáltico.

El consumo de lubricante se puede determinar por dos aspectos:

- a. la cantidad de, lubricante necesario para crear la película de lubricante requerida para las chumaceras; este se puede regular en las válvulas de medición,
- b. la frecuencia con que el lubricante sea suministrado por la estación central, la que, a su vez, es controlada por el contator eléctrico de tiempo, esta frecuencia se puede establecer de acuerdo con lo que recomienda el fabricante del equipo a lubricar ó al desempeño del lubricante.

El consumo de la grasa va a ser expresado en pulgadas cúbicas, y el consumo de aceite asfáltico va a ser expresado en onzas fluidas (ver tabla 3.1Capítulo 3).

5.4.1 Consumo de grasa grado NLGI No. 0 (ESSO Gear Cover 40).

Las válvulas de medición estaban dispuestas, de tal manera, que descargaban un volumen de 37 pul. cúb. a las chumaceras del tándem de molinos por cada suministro de lubricante, como se mencionó anteriormente, el período máximo que se pudo establecer entre cada suministro

fué de 30 minutos, bajo estas condiciones un tonel de grasa de 400 lbs. rendiría:

- 1 tonel de 400 lbs. = 11572 Pul³ de grasa
- suministros a cada 0.5 horas, 48 suministros por día

$$48 \text{ suministros/día} \times 37 \text{ Pul}^3/\text{suministro} = 1776 \text{ Pul}^3/\text{día}$$

$$11572 \text{ Pul}^3/\text{ton.} \div 1776 \text{ Pul}^3/\text{día} = 6.52 \text{ días}$$

ó 6 días con 12 horas

Para la prueba de fluidez y el llenado de las líneas de suministro, se consumió aproximadamente, un tonel de grasa; el consumo al inicio de la zafra fué mayor, por el período de asentamiento de las chumaceras, pero, éste fué decreciendo hasta establecerse en 30 minutos. En las gráficas del comportamiento de los lubricantes se pueden observar las temperaturas y la cantidad de chumaceras con agua extra de enfriamiento cuando se uso grasa, da margen a desminuir más aún el consumo de grasa, es decir, a que los suministros de lubricante se hagan en períodos de tiempo más largos, posiblemente, a cada 35 o a cada 40 minutos, realizando los cálculos anteriores, pero, para los períodos de tiempo antes mencionados se tiene:

- si los suministros de grasa se hicieran a cada 35 minutos, el tonel de grasa de 400 lbs. duraría aproximadamente 7 días con 14 horas,
- para suministros de grasa a cada 40 minutos el tonel de 400 lbs. duraría, aproximadamente, 8 días con 16 horas.

5.4.2 Consumo de lubricante asfáltico.

A diferencia de la grasa, el consumo de lubricante asfáltico se analiza en onzas fluidas; las válvulas de medición descargan las cantidades de aceite en las mismas condiciones que descargan la grasa. La descarga de aceite que se tenía era de, aproximadamente, 22.48 onz. flu. por cada suministro al sistema, los cuales se hacían a cada 20 minutos, de esta manera se realizaban 72 descargas por día, el tonel de aceite asfáltico contiene 55 galones, un galón de aceite asfáltico equivale, aproximadamente, a 128 oz. fd.

- Un tonel de 55 galones = 7040 onzas fluidas
- Suministros a cada 20 minutos, 72 suministros de aceite por día

$$72 \text{ suministros/día} \times 22.48 \text{ oz. fd./sum} = 1618.56 \text{ oz. fd./día}$$

$$7040 \text{ oz. fd./tonel} \div 1618.56 \text{ oz. fd./día} = 4.34 \text{ días}$$

ó 4 días con 8 horas

En las gráficas se puede observar que al usar aceite, las temperaturas de las chumaceras aumentaron; además, la cantidad de chumaceras con agua extra aplicada para el enfriamiento aumentó, esto es sinónimo de una mayor fricción y, por consiguiente, de un mayor desgaste; es de hacer notar que al aplicar agua extra de enfriamiento a las chumaceras, solamente se está disfrazando este problema, pero en realidad no se está solucionando. Para solucionar en parte el problema, se tendría que aplicar el lubricante en períodos de tiempo más cortos, posiblemente, a cada 15 minutos ó a cada 10 minutos con lo que se incrementaría el consumo de aceite asfáltico, realizando los cálculos anteriores, pero, para períodos de 15 y 10 minutos se tiene que: un tonel de 55 galones de aceite duraría:

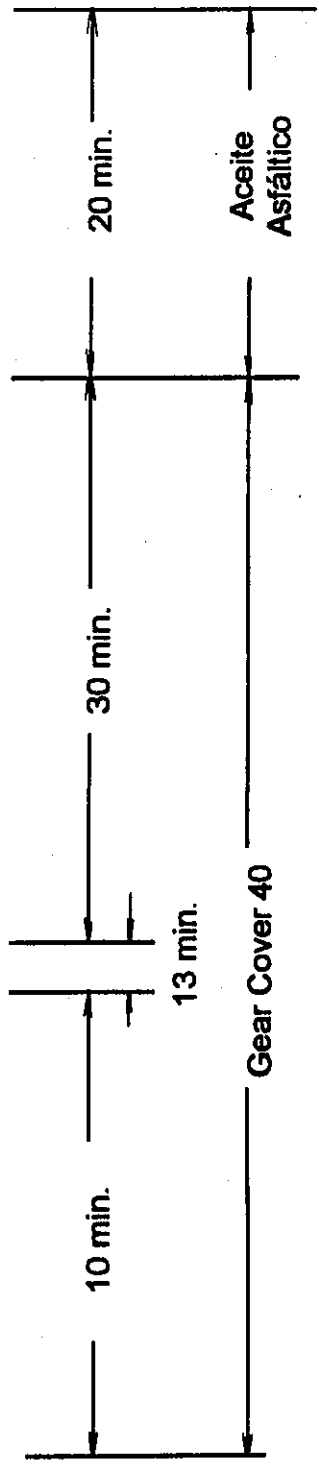
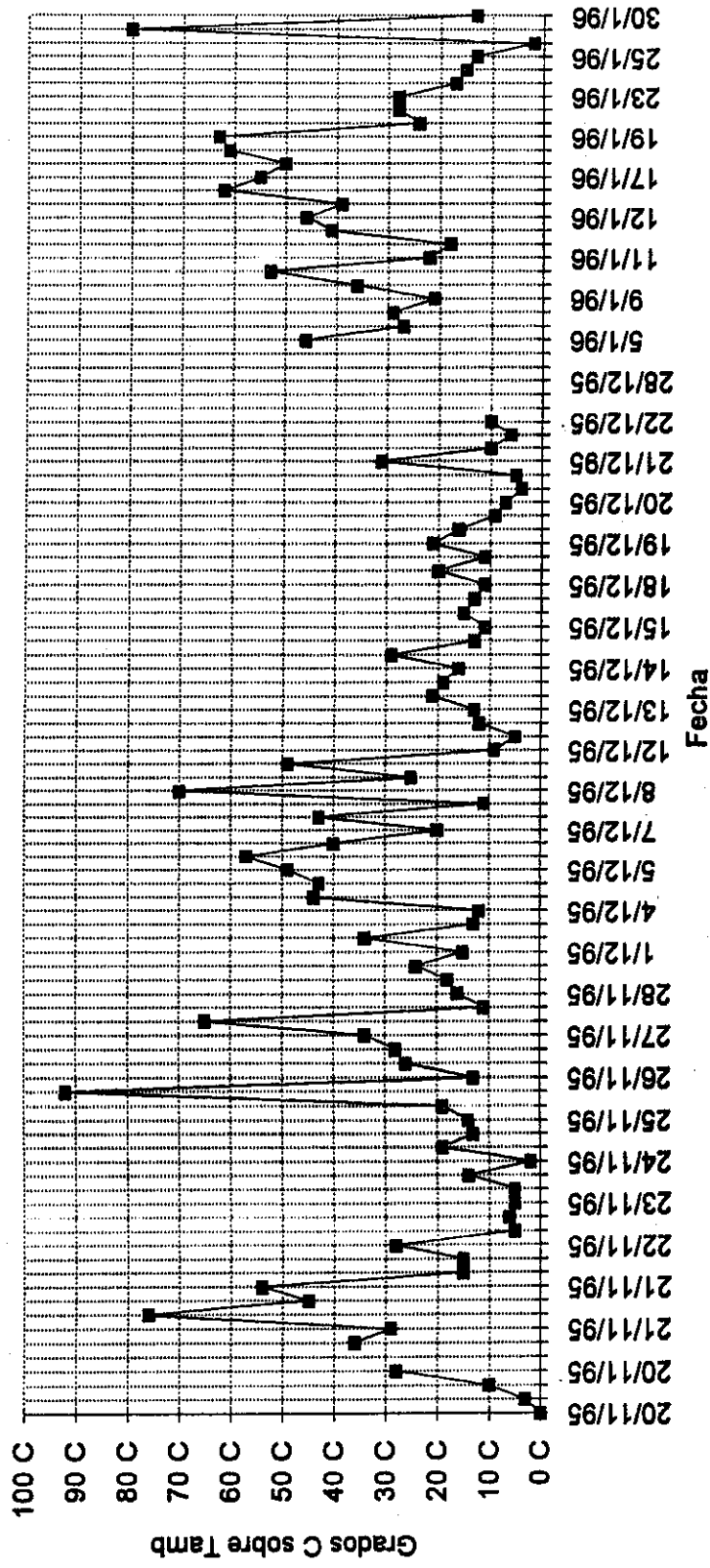
- Suministros a cada 15 minutos: 3.26 días ó 3 días y 6 horas, aproximadamente
- Suministros a cada 10 minutos: 2.14 días ó 2 días y 4 horas.

5.4.3 Comparación de ambos lubricantes.

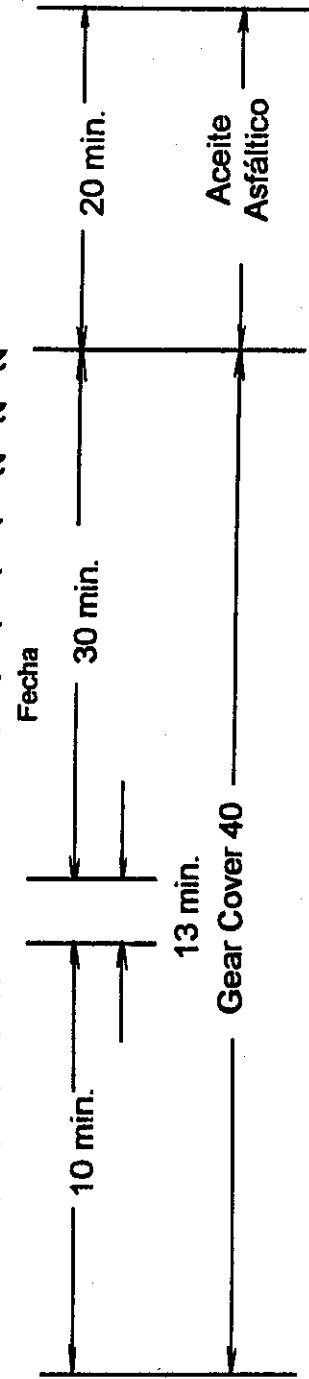
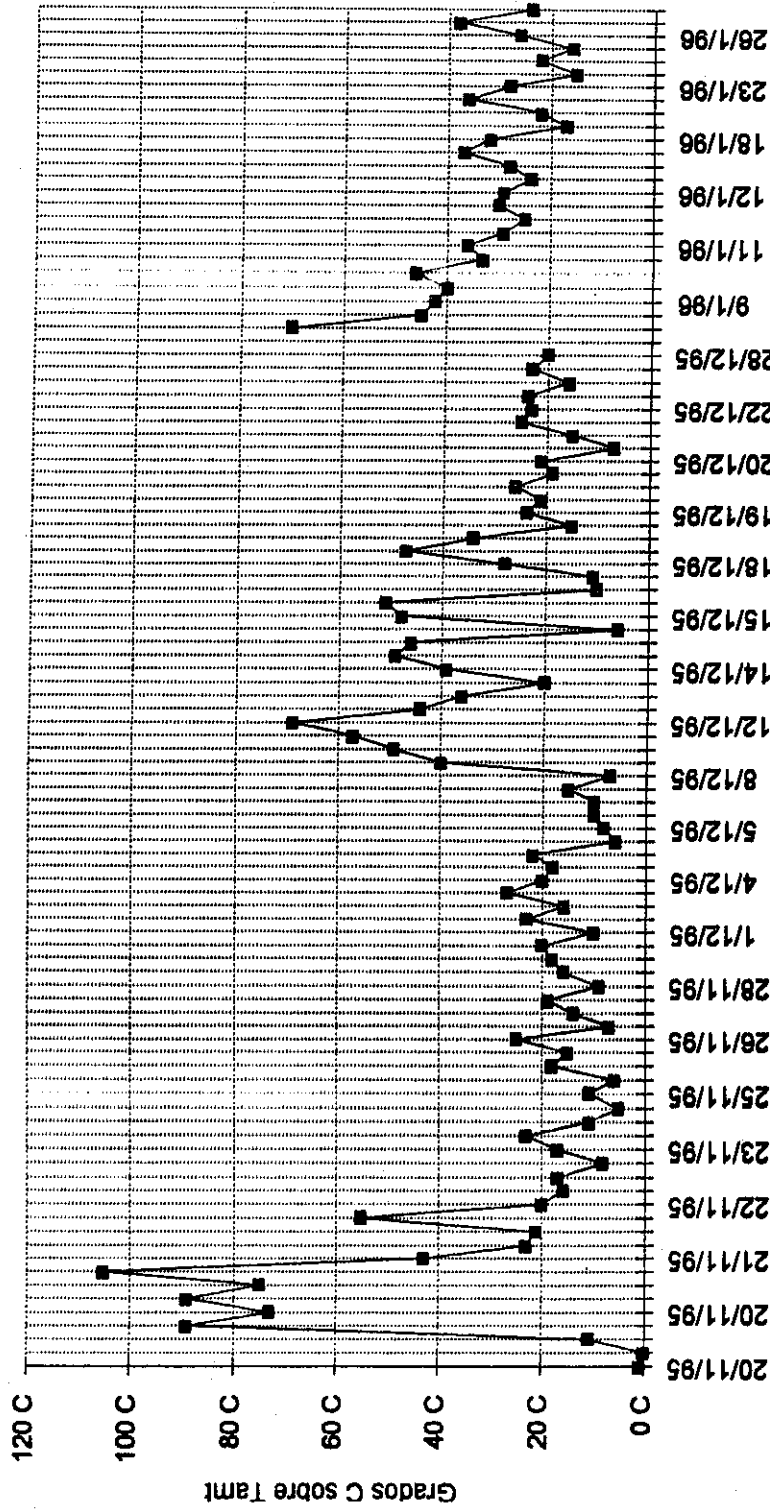
Como se ha comprobado, hay una diferencia significativa en la utilización y el consumo de ambos lubricantes, si se desea mejores resultados con aceite asfáltico hay que usar cantidades mayores; con la grasa, se pueden alargar un poco más los períodos de suministro, reduciendo su consumo y brindando una excelente protección a los muñones y a las tejas de las chumaceras.

El menor consumo de lubricante contribuye a una menor contaminación en el área del tándem de molinos e, incluso, se disminuye la contaminación del guarapo, el ambiente se mantiene más limpio.

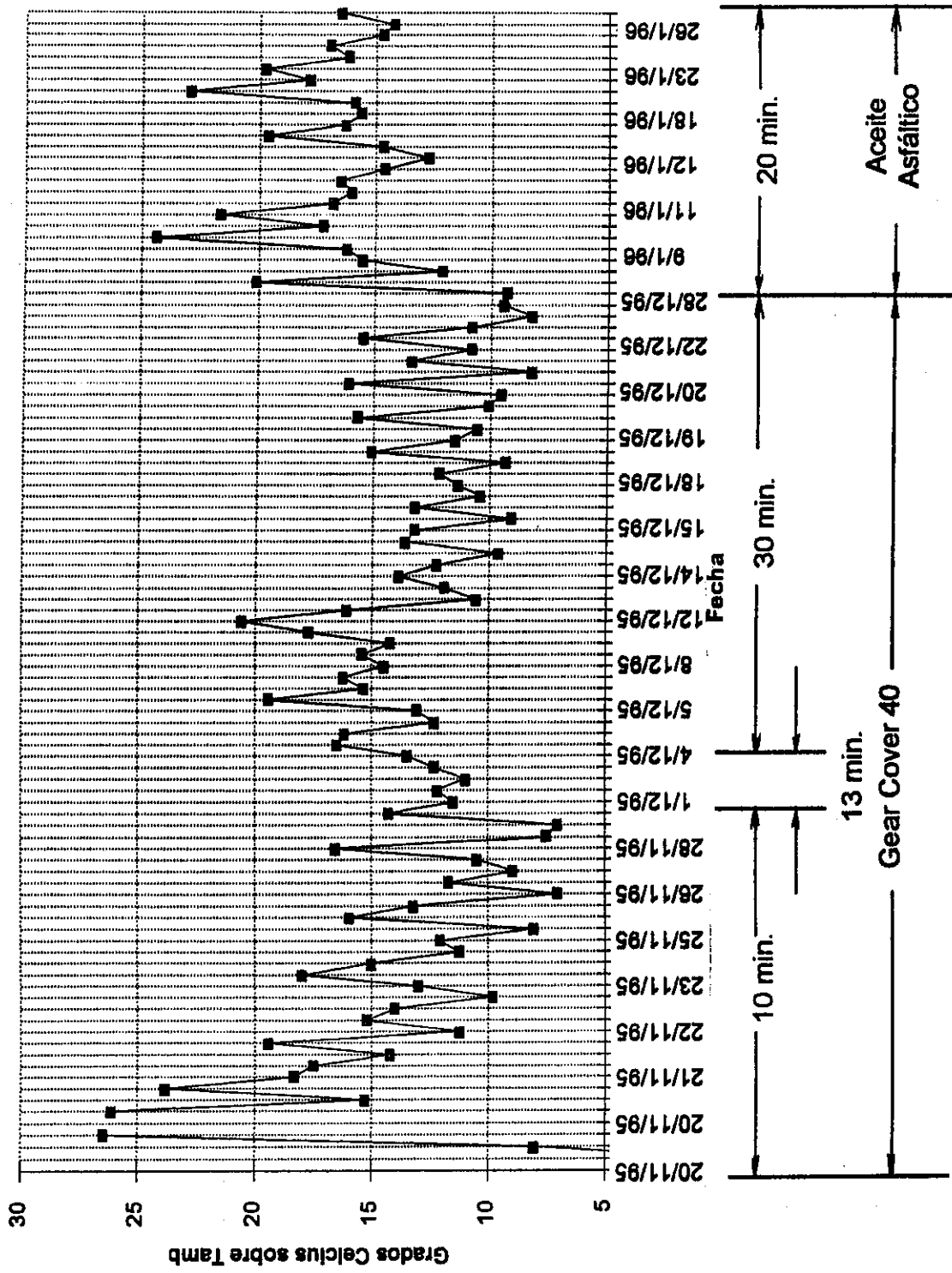
Los elementos que conforman la grasa contribuyen, significativamente, a la conservación de las partes que se están lubricando, protegiéndolas del desgaste y la corrosión, alargando su vida útil y, por consiguiente, disminuyendo el tiempo empleado en su mantenimiento.



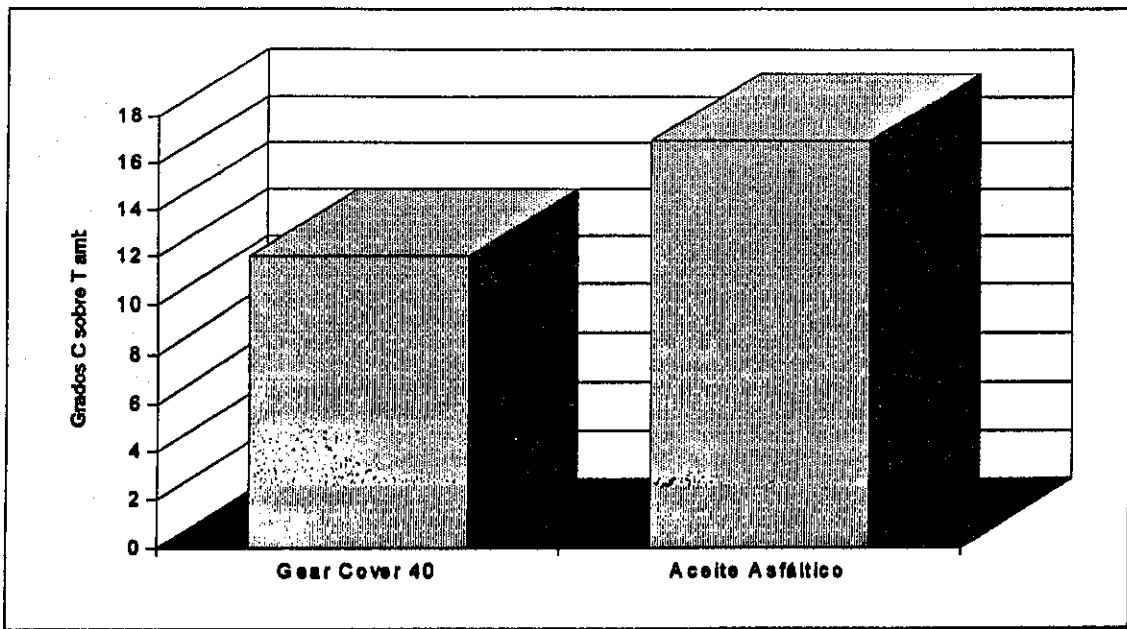
Molino 4 - Lado de Espiga - Chumacera Superior
Gráfica 5.1



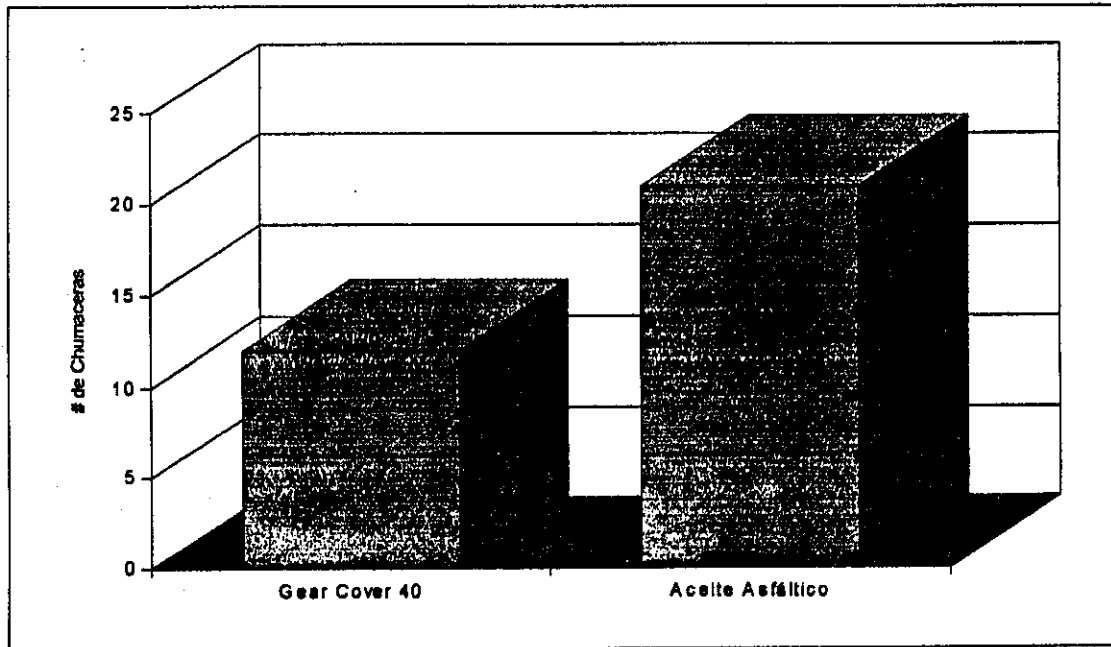
Molino 7 - Lado de Corona - Chumacera Bagacera
Gráfica 5.2



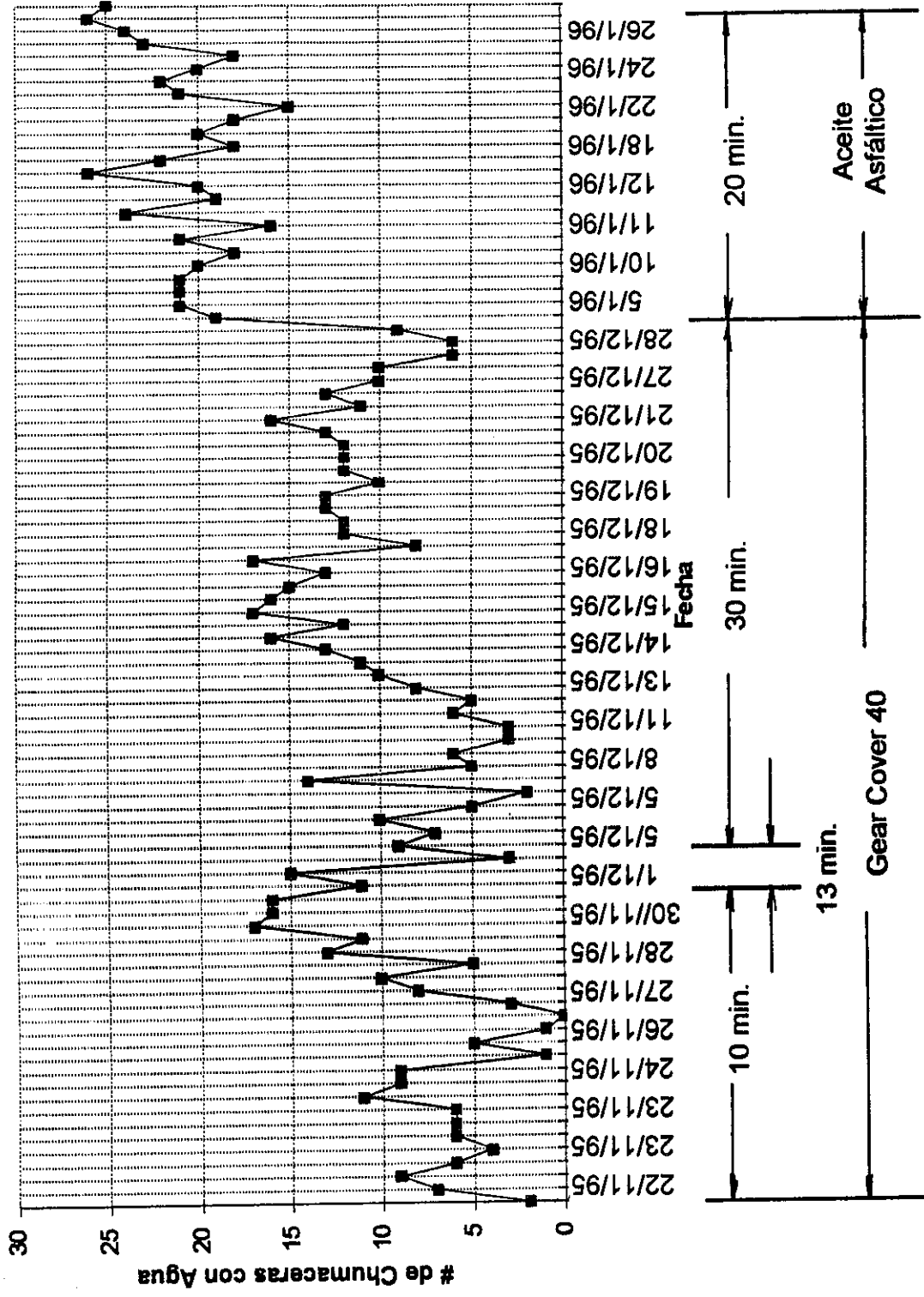
Temperatura Promedio de las Chumaceras de los Molinos del Ingenio Sta. Ana.
Gráfica 5.3



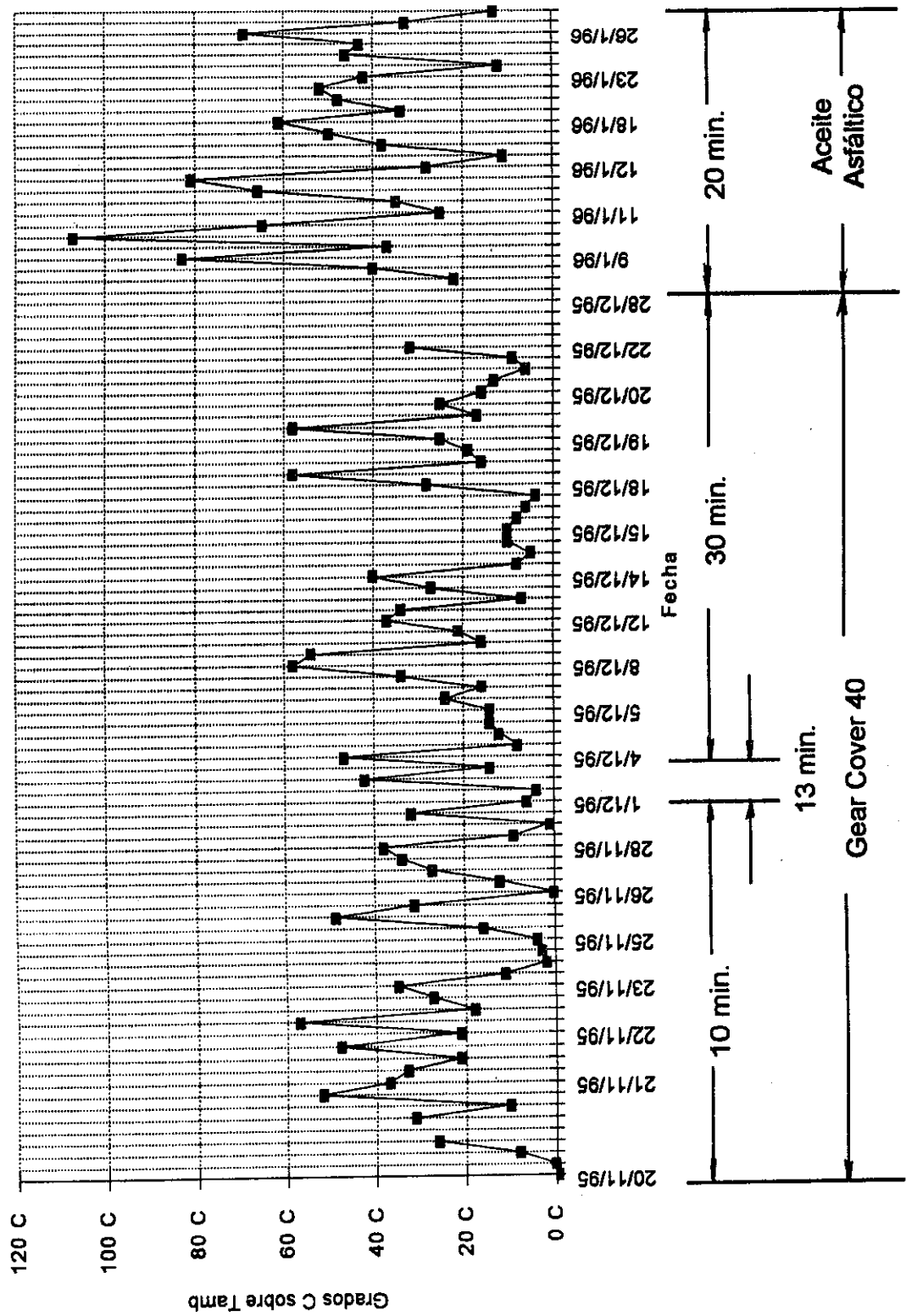
Temperatura Promedio de las Chumaceras
 - 25 tomas de temperatura antes y 25 después del 5 de enero de 1996.
Gráfica 5.4



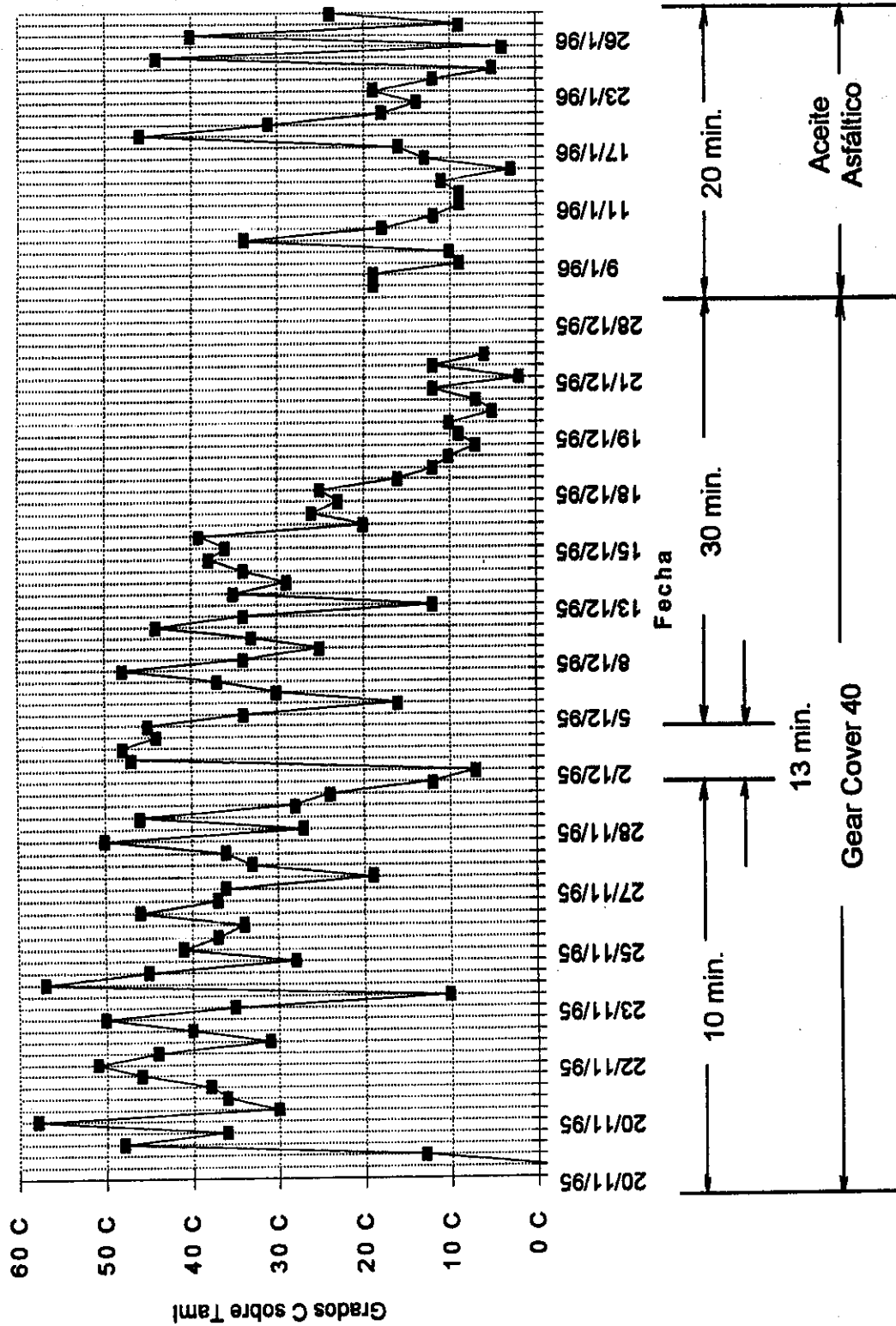
Número Promedio de Chumaceras con Agua
 - 25 tomas de temperatura antes y 25 después del 5 de enero de 1996.
Gráfica 5.5



Número de Chumaceras con Agua - Ingenio Sta. Ana.
Gráfica 5.6



Molino 4 - Lado de Corona - Chumacera Superior
Gráfica 5.7



Molino 4 - Lado de Espiga - Chumacera Bagacera

Gráfica 5.8

CONCLUSIONES

1. La selección de todos los componentes de la estación central, las líneas de suministro, las válvulas de medición y el timer, es un proceso que no puede hacerse al azar, hay que seguir los lineamientos establecidos, de esta manera se asegurará su buen desempeño y, por consiguiente, se tendrán los resultados deseados.
2. El desarrollo del diseño debe hacerse con base en el lubricante que se desea suministrar a los puntos de lubricación que, en este caso, lo constituyen las chumaceras de las mazas; se debe estar seguro que el lubricante tiene buena fluidez, de tal manera, que pueda ser suministrado por sistemas centralizados de lubricación, sin crear problemas de pérdidas excesivas de presión y/o taponamientos.
3. Es conveniente el uso de grasa grado NLGI No.0 Gear Cover 40 como se puede ver en las gráficas, no solamente se presentaron menores temperaturas en las chumaceras, sino que la cantidad de chumaceras con agua extra aplicada fue menor, lo que indica que la fricción fue mucho menor en comparación con los resultados que se obtuvieron con el lubricante asfáltico; hay que considerar que el agua extra de enfriamiento, la cual es aplicada externamente a las chumaceras para disminuir las temperaturas que se presentan, solamente es para disfrazar el problema de la elevada fricción y el consiguiente desgaste, ya que éstos persisten.
4. Son considerables las ventajas que se tienen al usar una grasa grado NLGI No. 0 (Gear Cover 40) en las chumaceras del tándem de molinos, por lo que es importante conocer el método que sirve para desarrollar el diseño del sistema centralizado, suministrar este lubricante a todos aquellos puntos que se desea lubricar.
5. Con la implementación de la grasa grado NLGI No. 0 en las chumaceras del tándem de molinos, se reduce el consumo de lubricante manteniendo el área de molinos más limpia, contribuyendo, así, a la conservación del medioambiente
6. Los períodos de suministros de grasa grado NLGI No. 0 se establecieron en 30 minutos, pues, las temperaturas promedio que se registraron en las chumaceras de las mazas, estuvieron por debajo del límite recomendable, que es 20°C a 25°C arriba de la temperatura ambiente, esto indica su excelente desempeño, también dá margen a que los períodos de suministro puedan ser alargados de 30 minutos, posiblemente a 35 ó a 40 minutos, reduciendo aún más el consumo de grasa.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que cuando se implemente la grasa, se realice un monitoreo constante de temperaturas, para determinar la duración de los períodos de suministro de una manera más segura.
2. Colocar la estación central en un lugar en el que esté libre de polvo, bagasillo, agua, etc. y así evitar la contaminación de la grasa que se está suministrando a las chumaceras del tándem de molinos.
3. Las chumaceras de las mazas superior, cañera, bagacera, se recomienda que tengan 2 entradas de lubricante por chumacera y que entre estos conductos o entradas de lubricante, haya una separación de 8" a 10", por experiencias adquiridas, la chumacera de la cuarta maza funciona bien sólo con una entrada de lubricante.
4. El reabastecimiento del depósito de lubricante de la estación central, hay que realizarlo de preferencia con una bomba neumática de lubricante, de tal manera, que no se tenga que estar removiendo la tapadera cada vez que se tenga que reabastecer.
5. Es importante que en el desarrollo del diseño del sistema centralizado de lubricación se contemplen cambios o ampliaciones futuras que se podrían realizar y que, de alguna manera afectarían el diseño inicial del sistema.
6. Hay que evitar, hasta donde sea posible, el contacto de grasa con la piel del usuario; en caso de algún contacto, se debe remover rápidamente con algún tipo de solvente liviano y lavarse el área con abundante agua y jabón, se ha comprobado que el contacto con lubricantes derivados del petróleo puede causar irritación o cáncer en la piel.
7. La tabla sobre pérdidas de presión por pie de tubería, que sirve para el desarrollo del sistema de líneas de suministro, es aplicable para una grasa grado NLGI No. 0 base de jabón de litio solamente.
8. No cortar los toneles vacíos en los cuales estuvo contenida la grasa o cualquier otro lubricante con soldadura oxiacetilénica o cualquier otro tipo de soldadura o herramienta de corte que produzca calor o chispa, porque se podría provocar una fuerte explosión de fatales consecuencias, aunque estén sin los tapones, mucho menos usar éstos como recipientes para la preparación o almacenamiento de alimentos.
9. Las líneas principales de suministro, las ramas y las líneas de descarga deben ser lo más corto posible, para disminuir las pérdidas o caídas de presión, debido al flujo de lubricante a través de las mismas.

10. Si la estación central, las líneas de suministro y las válvulas de medición van a estar funcionando en un ambiente muy contaminado con bagazo, polvo, etc., se deben usar tuberías de diámetro mayor al determinado en los cálculos sobre diámetro de tubería, esto a manera de evitar taponamientos en las líneas de suministro de lubricante del sistema.

REFERENCIAS

- 1 Farval: Catalogue Section DN Boullletin DL 1041, pág. DN1-1, DN1-2
- 2 Idem.
- 3 Farval: Ob. cit., pág. DN3-9, DN3-20.
- 4 Ibidem, pág. BN3-7.
- 5 Farval: Dualine Components and System Design Manual, pág. 17.
- 6 Farval: Ob. cit., pág 18.
- 7 Ibidem, pág. 9.
- 8 Equipos Industriales: Guía Práctica. Reparación y Mantenimiento, pág. 376 tomo II.
- 9 Ibidem, pág. 377.
- 10 Farval: Dualine Components and System Design Manual, pág. 37.
- 11 Farval: Ob. cit., págs. 9, 37, 38.
- 12 Ibidem, pág. 39.
- 13 Ibidem, pág. 40.
- 14 Ibidem, pág. 41.
- 15 Farval: Catalogue Section DC Boullletin DL300, pág. DC1-1 a la DD1-3

BIBLIOGRAFIA

- Farval Dualine DC41 & DC42 Automatic Systems Catalogue Section DN Bulletin DC 1041, 1986.
- System Planning of Farval Dualine Lubricating Systems, Catalogue section DB Bulletin DL200-1993.
- Dual Line Measuring Valves, Catalogue Section DE Bulletin DL-600.
- System Installation, System Startup, Service -Maintenance Catalogue Section DC Bulletin DL-300.
- Dualine, Components & System Design Manual Catalogue.
- Farval Fittings, Accessories, Filters, Regulators, and Lubricators. Catalogue.
- Línea Básica, Lubricantes y Productos afines ESSO C.A., duodécima edición, reimpresión octubre de 1993.
- Manual del Azúcar de Caña, James C. P. Chen, impreso en México 1991 1ra. edición, Editorial Limusa.
- Manual para Ingenios Azucareros E. Hugot. C/A Editorial Continental S.A. de C.V. México séptima impresión, junio 1984.
- Equipos Industriales, Guía Práctica para Reparación y Mantenimiento. Tomo 2, editorial McGraw-Hill, de México primera edición en español 1988.
- The University of Chicago English/Spanish Dictionary, fourth edition 1987.
- Diccionario Larousse de Ciencias y Técnicas, Tomás de Galiana Mingot. Editorial Larousse 1967.

