



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE EQUIPOS HIDRÁULICOS EN EL
PROCESO DE PRODUCCIÓN DE AZÚCAR EN INGENIO LA UNIÓN
S.A**

ERICK ALBERTO MORALES CUELLAR

Asesorado por: Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda

Guatemala, octubre de 2003
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE EQUIPOS HIDRÁULICOS EN EL
PROCESO DE PRODUCCIÓN DE AZÚCAR EN INGENIO LA UNIÓN
S.A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ERICK ALBERTO MORALES CUELLAR
ASESORADO POR ING. EDWIN ESTUARDO SARCEÑO ZEPEDA

**AL CONFERIRSE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2003

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahán Sanchez Alvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
Secretario	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO
EXAMINADOR
EXAMINADOR
EXAMINADOR
SECRETARIO

Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
Ing. Carlos Humberto Figueroa Vasquez
Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
Ing. Arturo Estrada Martinez
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco



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 graduación titulado:

SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE EQUIPOS HIDRÁULICOS EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE AZÚCAR EN INGENIO LA UNIÓN S.A.

Tema que me fuera asignado por la Coordinación de la Carrera de Ingeniería Mecánica con fecha 01 de marzo de 2003.

Erick Alberto Morales Cuellar

DEDICATORIA:

A Dios

Por la fortaleza y sabiduría que me brinda
para caminar hacia mis sueños.

A mis padres

Antonio Morales Fuentes
Mirna Argentina Lopez
Por forjar mi camino y fortalecer mi vida con
sus consejos para lograr mis sueños

A mis hermanos

Carlos Roberto Morales
Nancy Paola Morales
Emilia Argentina Morales
Jose Manolo Morales
Cindy Lizeth Morales
Karen Geovanna Morales
Por que a través de la vida han caminado
conmigo siempre

A mis amigos

Por apoyarme y darme los consejos necesarios para lograr una meta importante en mi vida.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VI
LISTADO DE SÍMBOLOS	VIII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
OBJETIVOS	XII
INTRODUCCIÓN	
XIV	
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	
1.1 Descripción de la actividad productiva de la empresa	1
1.1.1 Producción de azúcar y mieles	1
1.1.2 Cogeneración de energía eléctrica	3
1.2 Descripción de las áreas en el proceso de producción de azúcar	5
1.2.1 Área de maquinaria	5
1.2.1.1 Patio de caña	5
1.2.1.2 Molinos	6
1.2.2 Área de fabricación	7
1.3 Situación actual de la empresa	9
1.3.1 Tecnológica	9
1.3.2 Económica	10
1.3.3 Social	10
1.4 Características y condiciones de los fluidos hidráulicos	11
1.4.1 Introducción	11
1.4.2 Tipos de fluidos utilizados en el sistema	14
1.4.2.1 Fluidos sin ceniza	14
1.4.2.2 Aceites minerales y sintéticos	15
1.4.2.3 Fluidos biodegradables	16

1.4.3	Monitorización de las condiciones de los fluidos	18
1.5	Descripción de equipos hidráulicos utilizados en el proceso de producción de azúcar	19
1.5.1	Cilindros hidráulicos	19
1.5.2	Bombas hidráulicas	21
1.5.2.1	Principios de funcionamiento	21
1.5.3	Motores hidráulicos	23
1.5.4	Acumuladores hidráulicos	26
1.5.5	Intercambiadores de calor	28
1.5.6	Filtros	31
1.5.7	Válvulas de distribución	35
2.	FASE TÉCNICO PROFESIONAL	
2.1	Criterios de selección de equipos hidráulicos aplicados en el proceso de producción de azúcar	38
2.1.1	Tipos de carga	38
2.1.1.1	Cargas constantes	38
2.1.1.2	Cargas variables	40
2.1.2	Ambiente de localización del equipo	43
2.1.2.1	Ambiente abierto	43
2.1.2.2	Ambiente cerrado	43
2.1.3	Diseño de sistemas hidráulicos	44
2.1.3.1	Equipos de transmisión de potencia	44
2.1.3.1.1	Tipos de equipos	44
2.1.3.1.2	Potencia de trabajo	45
2.1.3.1.3	Velocidad de trabajo	46
2.1.3.2	Tanque de almacenamiento	46
2.1.3.2.1	Capacidad de almacenamiento	46
2.1.3.2.2	Visibilidad del nivel del fluido	47
2.1.3.2.3	Limpieza de los fluidos	47

2.1.3.3	Tuberías	48
2.1.3.3.1	Tipos de tuberías	48
2.1.3.3.2	Longitud de la tubería	49
2.1.3.4	Elementos de enfriamiento del fluido	51
2.1.3.4.1	Tipos de enfriadores utilizados	51
2.1.3.4.2	Aplicaciones de enfriadores	52
2.1.3.5	Accesorios de limpieza de los fluidos	53
2.1.3.5.1	Tipos de filtros	53
2.1.3.5.2	Capacidad de filtrado	54
2.1.3.6	Equipos de control	55
2.1.3.6.1	Tipos de acumuladores	55
2.1.3.6.2	Manómetros	56
2.1.3.6.3	Termómetros	57
2.1.3.6.4	Válvulas de distribución	58
2.2	Aplicación de equipos hidráulicos en el proceso de producción de azúcar	59
2.2.1	Patio de caña	59
2.2.1.1	Cilindros hidráulicos como elementos de levante y acercamiento	59
2.2.1.2	Bomba hidráulica utilizada para suministro de Aceite del virador móvil	62
2.2.2	Molinos	64
2.2.2.1	Motores hidráulicos utilizados para transmisión de potencia en las masas inferiores de los molinos	64
2.2.2.2	Utilización de acumuladores para mantener presiones constantes en los cabezotes de los molinos	67
2.2.2.3	Unidad de potencia hidráulica utilizada para suministro de aceite al sistema hidráulico de los molinos	69

2.2.2.4	Intercambiadores de calor utilizados en la unidad de control de los motores hidráulicos de los molinos	70
2.2.3	Área de fabricación	72
2.2.3.1	Sistema actuador de válvulas	72
2.3	Comparativos de aplicación de transmisiones hidráulicas con otros Tipos de transmisión de potencia	77
2.3.1	Fundamentos de las transmisiones hidráulicas	77
2.3.1.1	Ventajas de transmisiones hidráulicas	78
2.3.2	Transmisiones hidráulicas aplicadas a los molinos de caña	79
2.3.3	Otras aplicaciones dentro del proceso de producción	82
2.4	Instrumentos de control de los sistemas hidráulicos	83
2.4.1	Conceptos de control y sistema	83
2.4.2	Medidores de presión	85
2.4.3	Medidores de temperatura	89
2.4.4	Medidores de flujo	91
2.5	Implementación del programa de mantenimiento a equipos hidráulicos	96
2.5.1	Conceptos de mantenimiento	96
2.5.2	Tipos de mantenimiento	98
2.5.2.1	Mantenimiento de averías	98
2.5.2.2	Mantenimiento preventivo	99
2.5.2.3	Mantenimiento predictivo	99
2.5.2.4	Estructura del programa de mantenimiento	100
2.5.3	Mantenimiento en época de reparación	107
2.5.3.1	Análisis de tiempos perdidos	107
2.5.3.2	Control y revisión sistemático	110
2.5.3.3	Sistema de control de la reparación	111
2.5.3.4	Constancia de calidad de la reparación	111
2.5.4	Mantenimiento en época de zafra	112

2.5.4.1	Memorias o historial	112
2.5.4.2	Inspección por turnos	113
2.5.4.3	Control de repuestos básicos y críticos	114
CONCLUSIONES		115
RECOMENDACIONES		117
BIBLIOGRAFÍA		119
ANEXOS		121

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Diseño general de cilindros hidráulicos	20
2	Montaje de una bomba hidráulica	22
3	Algunos tipos de bombas hidráulicas	24
4	Tipos de motores hidráulicos	26
5	Diseño de acumuladores hidráulicos	26
6	Intercambiadores de calor tipo industrial	31
7	Diferentes tipos de filtros industriales	34
8	Diferentes tipos de válvulas direccionales	37
9	Comportamiento de cargas constantes en un sistema	40
10	Comportamiento de cargas de torque constante	41
11	Comportamiento de carga de torque variable	42
12	Montaje de cilindros hidráulicos en el virador móvil	61
13	Montaje de una bomba hidráulica en el virador móvil	63
14	Sección transversal de un motor hidráulico	65
15	Montaje de motores hidráulicos en los molinos	66
16	Montaje de acumuladores hidráulicos en el sistema de presión de los molinos	68
17	Montaje de la unidad de potencia en el sistema de presión de los molinos	70
18	Montaje de intercambiadores de calor en la unidad de potencia de los motores hidráulicos	72
19	Sistema actuador de válvulas	76

20	Montaje de motores hidráulicos en masas inferiores de molinos	81
21	Diseño de un manómetro de tubo Bourdon	87
22	Diferentes tipos de manómetros	89
23	Diferentes tipos de termómetros	91
24	Sección transversal de un tubo ventúri	93
25	Sección transversal de una placa de orificios	94
26	Tipos de medidores flujo	95
27	Diagrama del proceso de implementación del programa de mantenimiento	101
28	Diagrama del proceso de seguimiento del programa de mantenimiento	102
29	Diagrama de las áreas de acción del programa de mantenimiento	104

TABLAS

I	Registros de control de tiempos perdidos	109
II	Registros de control de equipos hidráulicos	124

LISTA DE SÍMBOLOS

$^{\circ}\text{C}$	Símbolo de grados Celsius
RPM	Revoluciones por minuto
H.P	Caballos de fuerza
Psi	Símbolo de libras por pulgada cuadrada
Kw	Kilowatts
PH	Símbolo utilizado en química para acidez de un fluido
μm	Micrómetro (medida de longitud)
Kg/cm^2	Símbolo de kilogramo sobre centímetro cuadrado

GLOSARIO

Bagazo	Material sólido y fibroso residuo de la molienda de la caña de azúcar, el cual suministra energía.
Tándem	Conjunto de molinos, cada uno con cuatro masas metálicas y mediante presión extrae el jugo de la caña
Reductores	Conjunto de engranajes rectos o helicoidales acoplados de manera que reduzcan la velocidad de la entrada del sistema.
Tachos	Intercambiadores de calor de forma cilíndrica, cuya función es producir y desarrollar los cristales de azúcar a partir de la meladura que los alimenta.
Zafra	Tiempo de cosecha de la caña de azúcar, además del procesamiento de la misma para la producción de azúcar en los ingenios azucareros.
Corrosión	Reacción química de un material metálico con su entorno, lo cual conduce a una variación de sus propiedades.
Aditivo	Cualquier material agregado a un aceite base para cambiar sus propiedades o desempeño.
Inhibidores	Aditivo que mejora el desempeño de un producto derivado del petróleo al controlar reacciones químicas indeseables.

Virador móvil Sistema hidráulico utilizado para el levantamiento y descarga de los camiones por medio de variaciones de presión en el fluido de trabajo.

Cabezotes Elemento de la estructura de los molinos donde se almacena el fluido que absorbe la variación de presión provocada por la caña.

Azúcar crudo Producto sólido cristalizado obtenido de la caña de azúcar, constituido esencialmente por cristales de sacarosa cubiertos de una película de su licor madre.

Donelli Transportador que eleva el bagazo molido por un molino hacia la alimentación de otro molino para la siguiente prensada.

Evaporador Tanque cilíndrico con una calandria (tubos) con el cual se evapora el agua del jugo de la caña.

Turbogenerador Máquina que utiliza vapor para hacer rotar por medio de una turbina, un generador de energía eléctrica; es la fuente de energía eléctrica de un ingenio.

RESUMEN

Buscando obtener los mejores resultados en eficiencia y rendimiento de los sistemas hidráulicos instalados en el proceso de producción de azúcar, se ha establecido un documento guía para la selección y aplicación de equipos hidráulicos en el Ingenio La Unión S.A.

Se han identificado los parámetros necesarios y las condiciones mínimas que hay que tomar en cuenta al momento del montaje de un equipo hidráulico para permitir el trabajo óptimo de los mismos, además de tomar en consideración los equipos auxiliares necesarios para brindarle al sistema la seguridad requerida para su buen funcionamiento. Estableciendo de forma alterna como una herramienta de control, un programa de mantenimiento que cumpla con las exigencias mínimas establecidas por las normas de la empresa, buscando en todo momento documentar, controlar y verificar la calidad de los procedimientos de mantenimiento que se realicen a los equipos hidráulicos aplicados a los procesos de la producción de azúcar del ingenio.

Al realizar un análisis del rendimiento de los equipos hidráulicos se obtendrá un estimado de cómo han mejorado los equipos convencionales diseñados con tecnologías nuevas para su control y desempeño, además de conocer el beneficio que esto brinda a las empresas para su productividad.

OBJETIVOS

Generales

1. Realizar un diagnóstico de funcionamiento de equipos hidráulicos aplicados a los procesos de producción de azúcar; estableciendo como parámetros de referencia para el diagnóstico, datos como: eficiencia, costos y rendimiento, además, como una actividad alterna al análisis de estos equipos, se estructurará un programa de mantenimiento que se adecue a las normas de la empresa y que permita llevar el control estricto del funcionamiento de los equipos hidráulicos en estudio para conservar la vida útil para la cual fueron diseñados.
2. Diseñar una guía que establezca los parámetros mínimos para la selección y posterior aplicación de un equipo hidráulico al proceso de producción de azúcar, buscando mejorar la productividad de la empresa para elevar la competitividad en la agroindustria.

Específicos

1. Dar a conocer las mejoras que los equipos hidráulicos han sufrido con respecto a la utilización de sistemas electrónicos de control en su funcionamiento y del beneficio que esta característica ha brindado a los diferentes procesos de producción de azúcar.

2. Analizar el comportamiento de las transmisiones hidráulicas de potencia y las ventajas que tienen con respecto a las transmisiones termomecánicas aplicadas en los procesos de la empresa.

3. Dar al lector un enfoque práctico de la utilización y funcionamiento de equipos hidráulicos en un proceso industrial, para complementar los fundamentos teóricos de la ingeniería hidráulica.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la agroindustria guatemalteca juega un papel muy importante para el crecimiento de la economía del país, la que se refiere a la producción del azúcar por medio del aprovechamiento de los recursos naturales de zonas de caña de azúcar; los ingenios azucareros han logrado complementar un programa de trabajo que beneficia, no solo al país, sino a la comunidad de la zona enfocando sus esfuerzos a programas sociales, educativos y del medio ambiente, dándole a ésta estabilidad en todos sus niveles, además de darle la capacidad de competir en los mercados internacionales.

El presente trabajo, se ha enfocado hacia la ingeniería mecánica en el campo de la hidráulica; cuáles son los equipos hidráulicos utilizados en este tipo de industria, la aplicación de éstos en el proceso de producción de azúcar y los beneficios que se obtienen de los mismos, además de conocer los parámetros de selección necesarios para obtener el más alto rendimiento y el mayor porcentaje de eficiencia de los equipos utilizados ya que es uno de los puntos más importantes en la planificación de un sistema hidráulico.

El trabajo, pretende dar, además, una guía establecida de un programa de mantenimiento aplicado en los sistemas hidráulicos buscando mantener la vida útil de los mismos, permitiendo controlar, analizar y corregir cualquier anomalía en el sistema, documentando todo el tiempo las características de operación de los equipos para poder así tener una retroalimentación que permita en el futuro predecir sus comportamientos de trabajo.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1 Descripción de la actividad productiva de la empresa

Ingenio La Unión S.A., es una empresa que se dedica a la transformación de materia prima en productos de consumo humano. El ingenio utiliza recursos naturales como materia prima, específicamente la caña de azúcar, empezando desde su cultivo y cosecha pasando por un proceso de transformación con la extracción del jugo de la caña hasta su cristalización; Al optimizar los recursos la empresa utiliza los residuos de la caña como elementos de combustión que permiten la obtención de vapor utilizado para la cogeneración de energía eléctrica, que sirve para el funcionamiento de los equipos en el proceso y su venta a la red nacional.

1.1.1 Producción de azúcar y mieles

La comercialización del azúcar en Guatemala ha sufrido un giro de 180 grados. Los compradores de azúcar tenían que ir a los ingenios si deseaban comprar azúcar. Podían comprar la calidad que encontraban en el tamaño de un quintal. Eso creó una industria intermedia de embolsadores donde algunos vendían una bolsa de 12 onzas por el valor de una libra.

A principios de los noventa comenzaron a aparecer empresas con la mentalidad de atención al cliente, en lugar de que los compradores llegaran a donde estaban ellos, comenzaron a llevar azúcar a los centros urbanos para su distribución. Esto y la eficiencia que progresivamente estaban obteniendo los ingenios, ayudó a presionar en ciertas áreas a la panela, que a lo largo de varias décadas pasó de tener un 50 % del mercado de edulcorantes a menos de 1.5 %.

Surgió también la oferta de calidad. En el mercado se pueden obtener cuatro calidades diferentes a cuatro precios distintos; azúcar refino, superior, estándar y moreno, así como sacos de 50 kilos y empaque para el consumidor de diferentes tamaños como por ejemplo de 400, 460, 2,000, 2,300, 4,600 gramos y de 25 libras. El resultado de la apertura del mercado hacia el consumidor fue que las ventas de consumo interno en Guatemala, han crecido a mayor ritmo que el incremento de la población. La estructura de ventas mencionada también ha permitido que los precios de venta de azúcar en Guatemala fueran menores que en otros países. El proceso de globalización que existe en Guatemala no ha dejado de ejercer influencia en el mercado del azúcar. En Estados Unidos hay presiones para eliminar las leyes proteccionistas del azúcar, pues aducen que solo benefician a unas pocas empresas que controlan la industria y el comercio. No cabe duda que el comercio internacional del azúcar se va a liberar como está sucediendo a nivel mundial. Hoy, los ingenios, al producir azúcar crudo a granel, depositan el grano en grandes montañas donde, en camiones de palangana se cargan 400 quintales en forma mecanizada. La operación de EXPOGRANEL permitió a la industria azucarera de Guatemala, entrar a competir al mercado internacional con costos racionales y en igualdad de condiciones que los más eficientes.

En años anteriores con la fuerte competencia de Australia, se logró ganar el contrato para suministrar azúcar a Corea, mostrando que su eficiencia ha permitido rebajar costos a los compradores que prefieren el puerto de Guatemala a otros orígenes. El contraste de lo sucedido hace 30 Años en las exportaciones, tipifica los cambios que ha requerido la industria para poder hacer frente a sus necesidades de crecimiento.

Los productos de la industria azucarera en el país normalmente exportados son:

- Azúcar crudo a granel
- Azúcar crudo en sacos
- Azúcar blanco en sacos
- Azúcar blanco a granel y
- Azúcar refino en sacos

EXPORTACIÓN DE MIELES

El incremento en las cantidades exportables de melaza dio origen a dos empresas que crearon instalaciones en el pacífico para manejarlas: **Mieles del Pacífico y Melazas de Escuintla**. Ningún ingenio, por su tamaño hubiera podido hacer exportaciones en forma individual.

1.1.2 Cogeneración de energía eléctrica

Entre la diversificación de los productos con los que cuenta la empresa se encuentra la cogeneración de energía eléctrica.

La cogeneración de energía eléctrica es un proceso de optimización de recursos debido a que el bagazo obtenido de la extracción de la caña de azúcar se utiliza como combustible para las calderas, el vapor producido se utiliza para la generación de energía eléctrica: a) para consumo interno de la fábrica, b) para la venta a la red nacional.

La planta de Generación consta de un sistema **Caldera – Turbogenerador- Torre de Enfriamiento – Auxiliares**, la cual trabaja independientemente del Ingenio, la caldera tiene la capacidad de quemar Bunker C y/o Bagazo consumiendo a una relación porcentual de bunker del 20 % y bagazo al 80%, con una eficiencia de 39.6 Kw./ ton. La planta tiene una capacidad nominal de 26 Mw. , con vapor a 850 psig y 900 °F, 13.8 kV, 3 fases. Para la cogeneración se cuenta con 4 Turbogeneradores, los cuales producen energía eléctrica y vapor de escape para el proceso, que pueden ser alimentados con vapor de 5 calderas de tipo acuotubular, que únicamente queman bagazo, cuyas producciones y presiones están de acuerdo a las necesidades de consumo tanto para la generación como para el proceso.

Los turbogeneradores utilizados en la cogeneración de energía eléctrica del Ingenio presentan las siguientes características:

- 5 Mw., 400 psig, 620 °F, 20 psig de contrapresión, 3600 rpm, 2400 volts, 3 fases.
- 7,5 Mw., 600 psig, 750 °F, 20 psig contrapresión, 3600 rpm, 4800 volts, 3 fases.
- 10 Mw., 600 psig, 750 °F, 20 psig contrapresión, 3600 rpm, 13,800 volts, 3 fases.
- 20 Mw., 600 psig, 750 °F, 20 psig contrapresión, 5600 rpm, 13,800 volts, 3 fases.

1.2 Descripción de las áreas en el proceso de producción de azúcar

1.2.1 Área de maquinaria

En ésta área se cuenta con los equipos que consumen más potencia mecánica de la planta, aquí se ingresa la materia prima (caña de azúcar), la cual se lava y desfibra en el departamento de patio de caña, se muele y se extrae el jugo en el departamento de molinos, luego se obtiene el bagazo que se envía al departamento de calderas para servir como combustible en la producción de vapor para sus diferentes usos dentro de la planta.

1.2.1.1 Patio de caña

En éste departamento se realiza la recepción de la caña en conductores anchos llamados Mesas de Caña, cuya longitud es igual a la de las jaulas transportadoras que halan los camiones cañeros, para descargarlas se utiliza descargadores hidráulicos. Ya dentro de las mesas la caña es lavada con 18,000 GPM de agua caliente con aproximadamente 60⁰C. La caña lavada se descarga al conductor principal en donde con elementos rotatorios llamados picadoras, que consumen 1,000 HP girando a 700 rpm, se desmenuza para mandarla de una manera adecuada a los molinos.

1.2.1.2 Molinos

La descripción parece ser simple: se toma la caña, se le exprime el jugo, a éste se le evapora el agua, y listo; tenemos el azúcar. En términos generales así es, pero en la práctica surgen complicaciones que no permiten que sea tan sencillo. La zafra comienza cuando termina las lluvias y finaliza cuando las lluvias causan que los camiones, por el lodo, no puedan entrar al campo a sacar la caña.

Extracción del jugo

- **Lavado:** La caña es lavada para quitarle tierra, polvo, o material suelto que no contiene azúcar y es inspeccionada para asegurarse que no pase material que pueda dañar el equipo como piedras o cadenas usadas en el manejo.
- **Preparación:** La caña es cortada en picadoras y luego finamente desfibrada antes de la molienda. La extracción de azúcar será tan buena como la preparación que se pueda proporcionar a la caña.
- **Molienda:** La caña se muele pasándola entre grandes y pesados rodos llamados mazas donde se le agrega agua (de imbibición) para ayudar a diluir y desplazar el azúcar en la caña. Se utilizan seis molinos de cuatro masas cada uno. Los molinos son movidos por turbinas de vapor que producen una velocidad de hasta 4,000 revoluciones por minuto y por medio de reductores, ésta se reduce a 4 o 6 revoluciones por minuto a excepción del cuarto molino que es movido por un variador eléctrico. De la molienda de caña sale, por un lado jugo y por otro el bagazo.

El bagazo se utiliza para quemar en las calderas, donde se genera vapor y a partir de allí se obtiene la energía para mover el ingenio, ya sea eléctrica o mecánicamente.

- **Filtrado del jugo:** El jugo que se extrae de la caña en los molinos (guarapo), pasa a un filtro donde se remueven los residuos de bagazo.
- **Pesado de los jugos:** Para poder tener un control del proceso, y del balance de masa y energía los jugos se pesan antes de seguir su camino.

1.2.2 Área de fabricación

En el área de fabricación se procesa el jugo de la caña en diferentes estaciones para llevarla a su cristalización y envase. Las operaciones necesarias que el jugo de caña debe seguir para su transformación en azúcar son las siguientes:

Clarificación

- **Calentamiento del jugo:** El jugo se calienta a más de 105°C , arriba de su punto de ebullición y se pasa a un recipiente donde se eliminan las burbujas de aire que pueden retardar la clarificación.
- **Sulfatación:** El guarapo (jugo) se blanquea por sulfatación con óxido sulfuroso (SO_2) proveniente de la quema de azufre y luego se neutraliza con cal.
- **Clarificación:** La cal permite la eliminación de los sólidos en suspensión al formar un precipitado que se puede remover por filtración.

El sólido resultante se llama cachaza y el guarapo clarificado procede a evaporarse.

- **Evaporación y cristalización:** La evaporación del agua en los jugos se efectúa en los evaporadores en serie, donde la concentración del azúcar pasa de 16 % al 60 %. Estos evaporadores son llamados de múltiple efecto porque el vapor resultante de la evaporación del primero se utiliza para evaporar el agua del jugo del segundo y así sucesivamente. El jugo se concentra hasta aproximadamente 60 %. De los evaporadores sale la meladura. De los evaporadores pasa a un proceso de clarificación y luego procede a los tachos donde se concentra la meladura hasta el punto de saturación, formándose en ese momento el cristal o grano de azúcar cubierto todavía de una capa de miel. Esta masa cocida se descarga en los cristalizadores donde al enfriar se sigue adhiriendo sacarosa al cristal.
- **Separación:** Seguidamente en las centrifugas se separa la miel del cristal con ayuda de un lavado con agua caliente. El azúcar con 0.40 % de humedad se transporta hacia la secadora, mientras que la miel fina o melaza (a la cual ya no se le puede extraer económicamente el resto de sacarosa que contiene), se bombea hacia grandes tanques de almacenamiento para después ser enviada al puerto para su exportación o bien usada para elaboración del alcohol, o para alimento de ganado.
- **Secado y envasado:** Al salir de las centrifugas el azúcar pasa a unos secadores rotativos donde se le disminuye la humedad. Estos son unos cilindros donde unos dientes elevan y dejan caer los cristales en una corriente de aire caliente. También se deseca en secadores de cama fluidazadas, donde se pasa aire caliente hacia arriba por pequeños agujeros en una mesa que lleva una capa de azúcar.

Se envasa en sacos si es blanco para consumo o se envía a una bodega a granel si es crudo.

1.3 Situación actual de la empresa

Ingenio La Unión S.A. se mantiene en niveles altos de productividad logrando un equilibrio entre los diferentes campos de su estructura, interrelacionando factores tecnológicos y humanos. La alta gerencia esta comprometida a realizar inversiones en las diferentes áreas de la empresa para el mejoramiento de los niveles de competitividad con los que ésta cuenta.

1.3.1 Tecnológica

Ingenio La Unión S.A. ha logrado mantener una constante evolución tecnológica orientada a la optimización del uso de los recursos, insumos, materias primas y energía. Esto se ha conseguido con la implementación de nuevas tecnologías de procesos (sistemas hidráulicos en los molinos, combustión combinada en caldera, etc.) así como de sistemas de monitoreo y control (red industrial para control en línea) El control estadístico ha sido herramienta fundamental para la correcta selección y orientación del crecimiento tecnológico. La empresa actualmente cuenta con equipos de tecnología avanzada que permite obtener los mejores resultados en condiciones de rendimiento y eficiencia.

1.3.2 Económica

La situación económica del Ingenio La Unión S.A. depende en parte de los precios del mercado nacional e internacional del azúcar, al ser una empresa solvente, su estabilidad le permite hacer inversiones tanto en el área agrícola como en el área de fábrica para mantener al ingenio en altos niveles de competitividad. El poseer una solvencia económica le permite hacer inversiones en el campo de la tecnología buscando siempre lo mejor a través de la calidad y la eficiencia de sus procesos para competir en el mercado nacional e internacional.

1.3.3 Social

La empresa cuenta dentro de su sistema administrativo con un programa de recursos humanos enfocado a: Educación, capacitación y salud. El Ingenio ha estructurado un programa de educación para adultos, consistente en primaria, básicos y bachillerato, en la que asisten los trabajadores de todas las unidades residentes en la costa sur. En capacitación, la empresa implementa constantemente programas de capacitación para el personal; se imparten cursos sobre temas específicos de suma importancia para la empresa tanto en el área técnica como en el área administrativa que permiten fortalecer la estructura de todo el proceso. En salud, la empresa cuenta con un médico ambulatorio y enfermera de planta; servicio de odontología a bajo costo.

1.4 Características y condiciones de los fluidos hidráulicos

1.4.1 Introducción

Con solo mirar el equipo hidráulico vinculado a la robótica, monitoreada por controladores lógicos programados (PLC) que se usan hoy en día, es suficiente para saber que los sistemas hidráulicos de la actualidad son muy sofisticados, y que ahora si estamos aprovechando al máximo esta magnífica ciencia aplicada.

Lamentablemente, las prácticas de manejo de fluidos hidráulicos no han avanzado a la misma velocidad que el equipo. Es por esta razón que muchos de los sofisticados equipos hidráulicos de la actualidad fallan prematuramente y no alcanzan su potencial de rendimiento proyectado. Un examen minucioso de los componentes averiados revela que las fallas del sistema hidráulico se deben cuatro veces más a la condición no adecuada del fluido que a todas las otras causas juntas. El grado o nivel de limpieza en una aplicación puede no ser suficiente en otra. Cuando dos superficies están en contacto y movimiento, una con respecto a la otra se tiene una gran fricción. Un lubricante apropiado entre las dos reduce la fricción sustituyendo la fricción del fluido por fricción sólida. Cuando el lubricante separa completamente las dos superficies, la acción se conoce como lubricación completa del fluido de tipo película o membrana. Cuando la separación es incompleta la acción se denomina lubricación limitada. En ambos casos el desgaste y la generación de calor entre las superficies se reducen. Los lubricantes también quitan el calor de las superficies, protegen las superficies de unión de la corrosión manteniéndolas libres de contaminación.

Formas de lubricación

Cualquiera de los diversos aditivos puede mejorar la habilidad de un aceite para lubricar bajo condiciones limitadas. Por ejemplo, aditivos de presión extrema (EP) se utilizan para engranes de uso pesado donde la presión entre los dientes del engrane desplaza al lubricante normal.

Otros aditivos como el grafito se suspende en el lubricante para proporcionar una película de fluido cuando el lubricante primario no puede hacerlo, como en el arranque después de períodos prolongados de inactividad. Engrosadores a base de jabón, la sustancia más común que se le adiciona al aceite, le da cuerpo al lubricante y forma grasa. La grasa generalmente se utiliza únicamente en aplicaciones donde el aceite prácticamente no puede retenerse.

Sin embargo, la grasa se adhiere a los dientes del engrane o a las superficies del cojinete. El exceso de grasa, que se acumula fuera de la superficie de contacto actúa como un escudo que ayuda a mantener los contaminantes lejos de las áreas en contacto. Los lubricantes sólidos se utilizan en aplicaciones donde el calor evapora los aceites o grasas convencionales o donde son inaceptables por otras razones. Los engranes o cadenas de transmisión y cojinetes que están sujetos a altas temperaturas con frecuencia utilizan lubricantes sólidos.

Selección del fluido

Generalmente se prefiere como lubricante el aceite sobre la grasa. Sin embargo, la grasa se utiliza frecuentemente para componentes que están aislados, relativamente inaccesibles, donde no es práctico el suministrar un depósito de aceite o donde no resulta práctico relubricar frecuentemente algunos componentes. Las grasas a base de litio deben utilizarse en cojinetes que operan a relativamente altas temperaturas o donde no hay presencia de agua. Las grasas a base de óxido son resistentes al agua y deben utilizarse cuando los cojinetes están expuestos al agua. Las grasas engrosadas sin jabón deben utilizarse con cojinetes planos sujetos a temperaturas extremadamente altas.

El primer paso para seleccionar un aceite lubricante es decidir acerca de su calidad. Las aplicaciones que involucran sistemas circulatorios u otras técnicas que reutilicen aceite, especialmente a altas temperaturas necesitan de aceites químicamente estables y de gran calidad. Cuando el aceite se usa en una sola aplicación, como en lubricadores manuales o de alimentación con fuerza mecánica, la estabilidad química no es tan importante. La viscosidad es la propiedad más importante de un aceite lubricante. La temperatura, velocidad y la carga son los parámetros a considerar en la selección de la viscosidad.

Los elementos de maquinaria que representan movimientos recíprocos u oscilatorios, operación intermitente o aquellas sujetas a fuertes golpes de descarga, requieren de aceites más pesados que aquellos que operan en una base de carga uniforme y continua.

Un lubricante a menudo debe lubricar muchos elementos, por ejemplo, es el aceite en la caja de engranes que lubrica tanto a engranes como a cojinetes con elementos rodantes. Los cojinetes requieren de un aceite ligero que se acomode al movimiento giratorio, mientras que los engranes requieren un aceite espeso que se acomode al movimiento deslizante. El utilizar un aceite de viscosidad media puede no proporcionar una membrana de fluido satisfactorio tanto para los cojinetes como para los engranes.

1.4.2 Tipos de fluidos hidráulicos utilizados en el sistema

1.4.2.1 Fluidos sin ceniza

En algunos casos, las formulaciones diferentes de fluidos hidráulicos pueden contaminar el sistema al crear productos derivados por reacción. Si un usuario está actualmente usando un fluido hidráulico que contiene zinc y decide reemplazarlo con un fluido sin ceniza, se debe drenar y lavar todo el sistema.

La mezcla del fluido que contiene zinc con uno sin zinc puede causar una reacción que puede formar sales que terminarán taponando los filtros del sistema. Esto es principalmente una función de la diferencia de pH de los productos debidos a las fórmulas químicas de los diferentes aditivos. Se debería consultar a los proveedores de fluidos y de equipos con respecto a los procedimientos de lavado y métodos de limpieza correctos cuando el usuario cambia de fluido a otro.

1.4.2.2 Aceites minerales y sintéticos

Los aceites minerales o inorgánicos son hidrocarburos pesados obtenidos por destilación fraccionada del petróleo bruto (aceite bruto, aceite mineral) de los alquitranes de hulla o de lignito y de los esquistos bituminosos. Se distinguen de los aceites grasos por su resistencia a la acción del oxígeno atmosférico y de temperaturas elevadas, por cuya razón se utilizan para lubricantes. Las distintas fracciones obtenidas por la destilación se clasifican en aceites ligeros (benzina o benzol), aceites medios (petróleo de alumbrado y aceite medio de hulla) y aceites pesados (gasoil, impropiaamente llamado aceite de gas; aceite pesado de hulla, aceites de antraceno, aceite de parafina o de alquitrán de lignito). Normalmente se utilizan para lubricar las piezas en movimiento con objeto de evitar el roce directo de las superficies de fricción.

Generalmente los aceites sintéticos consisten de ésteres o hidrocarburos sintéticos. Estos aceites son fluidos hidráulicos de grado superior o premium. Entre sus cualidades están su amplio rango de temperaturas, resistencia a la oxidación y buenas propiedades lubricantes. Sin embargo, su alto precio, hace que solo sean utilizados en donde sea estrictamente necesario, como en sistemas que generan mucho calor, en donde las temperaturas al arrancar son muy bajas o donde se requiera una larga duración del equipo.

1.4.2.3 Fluidos biodegradables

El reemplazo de aceites minerales con fluidos biodegradables es otra causa de fallas. El enfoque primario durante la formulación de aceites biodegradables es lograr un producto que se degrade fácilmente. Es posible que algunos de estos fluidos se degraden mientras están almacenados aun antes de ser introducidos al sistema. Es importante entender que todos los fluidos hidráulicos son biodegradables. De hecho, todo es biodegradable; simplemente es cuestión de qué condiciones son necesarias y cuánto tiempo lleva para que algo se descomponga. Con respecto a los fluidos hidráulicos, la biodegradabilidad es simplemente cuestión de cuán rápidamente cambia de su forma original a una forma química que es inocua desde el punto de vista ambiental (agua, dióxido de carbono, sales minerales y biomasa).

Para que algo se pueda clasificar como fácilmente biodegradable debe cumplir con ciertos criterios estándar de prueba, que específicamente indican cuán rápidamente se vuelve ambientalmente inocuo. Desgraciadamente, todos los componentes necesarios para promover la biodegradabilidad, tales como el calor, aire atrapado y agua, están comúnmente presentes en los fluidos hidráulicos. Esta presencia afecta directamente la velocidad a la cual se descomponen los fluidos biodegradables. Se debe tener cuidado de sacar el aire y el agua de los sistemas que contienen fluidos biodegradables. Si no se controla el sistema de manera adecuada, el resultado será el crecimiento biológico y un olor extremadamente nocivo. Cuando esto ocurre se debe parar el sistema y limpiar minuciosamente para cumplir con los niveles de limpieza biológica.

También se debe usar un control superior de temperatura de fluidos biodegradables. Los fluidos biodegradables deben operar a una temperatura máxima de 60⁰ C. Si se permite que el fluido aumente de temperatura también lo hará la oxidación del fluido y se reducirá la vida del sistema.

La oxidación es otra fuente de falla del fluido hidráulico. La oxidación ocurre cuando el oxígeno reacciona con el aceite y forma una multitud de compuestos. Las primeras reacciones forman hidroperóxidos inestables. Los hidroperóxidos forman alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos y oxiácidos que son solubles en aceite. Estos productos acídicos aumentan la viscosidad del aceite y pueden ser corrosivos. Las reacciones de polimerización y condensación producen gomas, lodo y barniz insoluble. Estos productos tapan orificios, aumentan el desgaste, hacen que el sistema funcione más lentamente y reducen los espacios libres hasta dejarlo finalmente inoperables. La temperatura es un acelerador primario de la oxidación de aceite, así como lo son la humedad, la tierra, etc.

La velocidad de oxidación se duplica aproximadamente por cada aumento de temperatura del fluido por encima de la establecida (60⁰ C). Se sabe que las partículas metálicas tales como el cobre, hierro, latón, bronce y acero, promueven las reacciones catalíticas y aceleran la oxidación del aceite. Durante las primeras etapas de la oxidación, aumentará tanto la viscosidad como el número de neutralización del aceite. Se utiliza el número de neutralización comúnmente para determinar cuándo la oxidación del aceite se vuelve agresivo.

1.4.3 Monitorización de las condiciones de los fluidos

Luego de que el sistema de fluido hidráulico haya sido adecuadamente diseñado, instalado, lavado y llenado con fluidos limpios, es necesario determinar si está funcionando correctamente. Este proceso se denomina monitorización de condiciones. Es necesario contar con el diseño y la instalación correcta del equipo para mantener la limpieza del fluido de manera más económica.

El diseño debe tener en cuenta la limpieza necesaria para los componentes individuales así como la filtración correcta para asegurarse una limpieza adecuada. Existen varios métodos diferentes de monitorear la limpieza del fluido, dónde, cuándo y como se monitoriza lo determina el método. Para obtener el funcionamiento correcto del equipo, se debe tomar muestras de los contenedores de almacenamiento a granel como parte del mantenimiento de la limpieza del fluido del sistema.

En un sistema en operación, la información deseada determina el punto en el que se toma una muestra. Con frecuencia la muestra se debe extraer de la tubería de presión. Esto se lleva a cabo cuando se desea obtener información específica con respecto a las condiciones del equipo, eficiencia de los filtros y niveles de contaminación que entran en los componentes. La muestra debería ser representativa del fluido que recorre el sistema durante la operación normal. La muestra también debe tomarse del sistema en funcionamiento específico. El muestreo en línea es otro tipo de muestreo.

La monitorización de la limpieza del fluido en línea tiene ciertas ventajas donde la principal es que el muestreo en línea logra un informe de mayor precisión, ya que no existe la oportunidad de que se introduzcan contaminantes externos en el recuento. Con frecuencia al usar este método no es necesario siquiera sacar fluidos del sistema. Otra ventaja importante del muestreo en línea es que los resultados están listos segundos después de tomar la muestra.

1.5 Descripción de equipos hidráulicos utilizados en el proceso de producción de azúcar

1.5.1 Cilindros hidráulicos

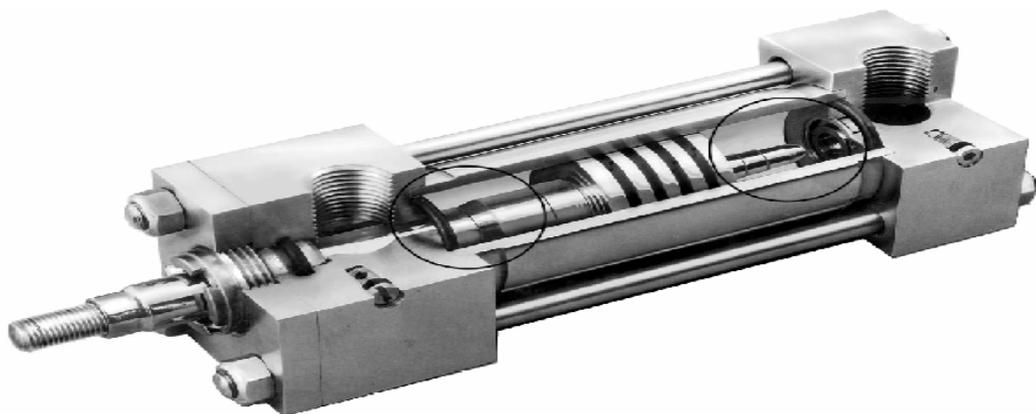
En todas las aplicaciones, la energía hidráulica se convierte en energía mecánica antes de efectuar la operación.

Los cilindros hidráulicos convierten la energía hidráulica en energía mecánica directa, consisten de un tubo calibrado, un pistón móvil y un vástago conectado al pistón. Las tapas extremas se fijan al cuerpo del cilindro por medio de roscas, anillos de sujeción, tensores o por soldadura. A medida que el vástago se desplaza dentro y fuera del cilindro, un buje desmontable denominado casquillo del vástago, lo guía y lo soporta.

Cuando un fluido es bombeado a un cilindro el pistón y la barra son forzados a moverse hacia adentro o hacia fuera contra la carga.

Están disponibles en muchos tipos, entre ellos: Los **cilindros de accionamiento sencillo**, éstos mueven un émbolo en una sola dirección. Cuando el fluido es drenado del cilindro, algunas fuerzas externas como la gravedad debe empujar el pistón de regreso a su posición original o de arranque. Los **cilindros con resorte**, son similares a los anteriores pero tienen un resorte que regresa al pistón a su posición de arranque. Este tipo de cilindro se usa ampliamente tanto para servicios neumáticos como hidráulicos, pero algunas veces no es adecuado para la neumática. Los **cilindros de doble acción**, contienen dos cámaras de fluido de modo que la presión extiende y retrae la barra. Este tipo de cilindro es el más común y puede ser usado en casi todos los tipos de aplicaciones. El área de trabajo efectiva en el lado de la barra del pistón es menor que la del otro lado, por lo que los cilindros de doble acción se retraen más rápido de los que se extienden y ejercen menos fuerzas en el desplazamiento de retracción. Los puertos de entrada y salida están ubicados en las cabezas como se muestran en el diagrama de la figura siguiente.

Figura 1. Diseño general de los cilindros hidráulicos



Fuente: Parker. **Equipos Hidráulicos**.www.Parker/accesorios.com

1.5.2 Bombas hidráulicas

1.5.2.1 Principios de funcionamiento

La capacidad de una bomba se expresa generalmente por la cantidad de líquido descargado por ella, medida en litros/min. En cambio, las bombas de pistón o de émbolo buzo pueden descargar un volumen distinto a su cilindrada en un tiempo determinado. Esta particularidad hace invertir el concepto de deslizamiento de la bomba, el cual es la diferencia entre la cilindrada y el volumen descargado por la embolada.

El deslizamiento se suele expresar en tanto por ciento de la cilindrada y su valor medio está comprendido entre 3 % y 25 %. El rendimiento volumétrico de una bomba de émbolo es la relación entre el volumen del fluido descargado por pistonada y la cilindrada.

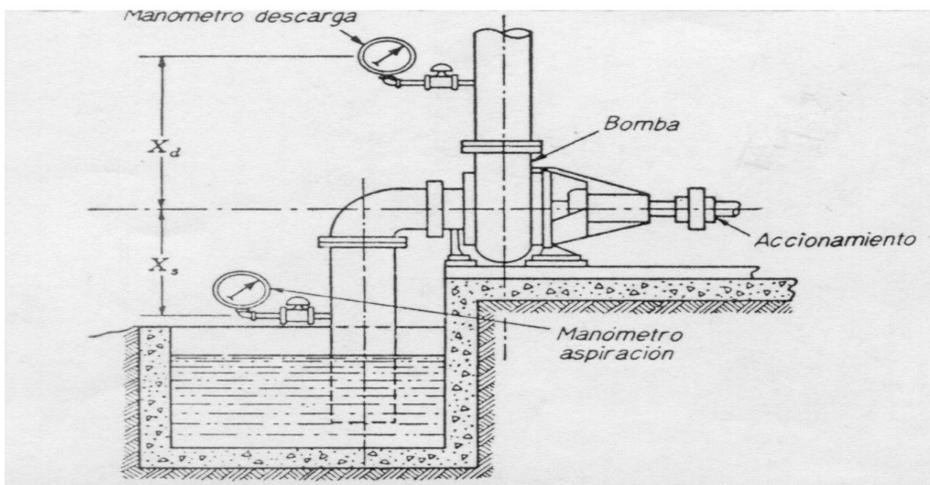
La altura piezométrica total de una bomba es igual a la suma de la variación de presión dinámica del agua en la bomba, y la diferencia entre el nivel de aspiración y descarga. La altura de aspiración es la distancia vertical entre el nivel del agua que se ha de bombear y el nivel medio de la bomba. Cuando la bomba sube agua desde un nivel inferior al del nivel medio de la bomba, la presión en la tubería de aspiración es más pequeña que la atmosférica y se considera negativa. La altura de descarga es la distancia vertical entre el nivel medio de la bomba y el nivel a los cuales se eleva el agua.

Las pérdidas por rozamiento se pueden determinar mediante manuales en los cuales se indica las pérdidas por fricción, por accesorios y válvulas. Estas pérdidas son forzosamente aproximadas y dependen del período de servicio, tipo de válvulas y radio de las curvas.

La presión dinámica o presión de velocidad, es la altura desde la cual tendría que caer el agua para alcanzar la velocidad en un punto dado. La variación de presión dinámica hay que tenerla en cuenta cuando la tubería de descarga es de diferente diámetro que la de aspiración; cuando la altura piezométrica total es pequeña; cuando la altura de aspiración es grande, o cuando se efectúan ensayos de gran exactitud.

Para el montaje de una bomba se deben tener en cuenta como mínimo las condiciones que indica la figura siguiente.

Figura 2. Montaje de una bomba hidráulica



Fuente: J.C. Miles. **Energía Mediante de vapor, agua y aire.** Pág. 339

CLASIFICACIÓN DE LAS BOMBAS

La clasificación de las bombas se establece de la siguiente manera:

BOMBAS DINÁMICAS

- Centrífugas
- Axiales

Este tipo de bombas se caracteriza por la manera en que la energía se convierte desde la alta velocidad del líquido en la entrada a la carga de presión en un paso difuso del fluido.

Estas bombas tienen una eficiencia menor que las de desplazamiento positivo. Sin embargo, sus ventajas radican en la salida del fluido hasta cierto punto alto comparado con su tamaño, así como en sus bajos costos de mantenimiento, además operan a velocidades relativamente altas. Son adecuadas tanto para las aplicaciones de gran volumen como para las de alta razón entre el volumen y la presión con volúmenes menores. Las variables del sistema que dictan la selección son la viscosidad y la gravedad específica del fluido, el requerimiento de la carga y la capacidad de salida del sistema.

BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO

- Reciprocantes
- De espiral giratorio
- Engranés
- De pistón
- De aspas

Este tipo de bombas opera al forzar un volumen fijo de fluido desde la sección de presión de entrada a la sección de descarga de la bomba haciéndose de forma intermitente cuando en otro tipo de bombas se hace en forma continua. Son más grandes estructuralmente hablando que las bombas dinámicas con capacidades similares y operan a velocidades relativamente inferiores. Se utilizan para altas viscosidades, alto flujo; además de elevadas presiones. Generalmente existe una diversidad de bombas utilizadas en el Ingenio La Unión S.A. adecuadas a las necesidades de los procesos; en la figura siguiente se muestran algunas de las bombas implementadas en ésta empresa.

Figura 3. Algunos tipos de bombas hidráulicas



Fuente: Dennison. **BOMBAS HIDRÁULICAS** www.dennison/bombas.com

1.5.3 Motores hidráulicos

Los motores hidráulicos convierten la energía operativa de un sistema hidráulico en energía mecánica rotativa. Los motores hidráulicos operan creando un desequilibrio que resulta en la rotación del eje. Este desequilibrio se genera de diversos modos, según el tipo de motor.

Los motores hidráulicos son dispositivos de desplazamiento positivo, es decir, a medida que se recibe un flujo constante de fluido, la velocidad del motor permanecerá relativamente constante, sin tener en cuenta la presión.

Los motores hidráulicos que se utilizan en los sistemas industriales se pueden dividir en: motores de paletas, de engranajes y de pistones. La mayoría de los motores que se utilizan en los sistemas hidráulicos responden a un diseño del tipo bidireccional. Para proteger los sellos del eje, los motores bidireccionales se drenan por lo general desde el exterior. La cantidad de fuerza que genera un actuador depende la cantidad de presión que se aplica a la superficie de su miembro móvil. Cuanto mayor sea la presión o mayor sea el desplazamiento del motor, mayor será el torque generado en el eje del motor. La capacidad nominal de los motores hidráulicos se fija por el torque que los mismos generan a una presión de 7 Kg/cm^2 . Una vez que se conoce la medida del motor, se selecciona la bomba con el caudal de flujo adecuado para alcanzar la velocidad deseada del eje. Es sumamente importante tener en cuenta la velocidad del eje al seleccionar el motor, dado que los motores hidráulicos no operan a todas las velocidades.

En el Ingenio La Unión buscan siempre equipos de alto rendimiento a través de la tecnología actual, algunas de los motores de la figura siguiente son usados en el proceso debido a la capacidad que poseen de trabajo.

Figura 4. Tipos de motores hidráulicos



Fuente: Eaton. **Equipos Hidráulicos.** [_www.Eaton/motores.com](http://www.Eaton/motores.com)

1.5.4 Acumuladores hidráulicos

Un acumulador almacena la presión hidráulica, ésta presión constituye la energía potencial dado que se puede convertir en energía de presión. Básicamente el tipo de acumulador más utilizado en el Ingenio es el hidroneumático. Este acumulador aplica una fuerza a un líquido utilizando un gas comprimido que actúa como un resorte.

Los acumuladores hidroneumáticos tipo diafragma son los más usados y consiste de dos hemisferios de metal, que están separados por un diafragma de hule sintético, flexible. El gas ocupa una cámara y es comprimido a medida que el líquido ingresa a la otra cámara.

Los acumuladores cumplen una gran variedad de funciones en un sistema hidráulico. Algunas de ellas son: mantener la presión del sistema, desarrollar el flujo del sistema y amortiguar los golpes del sistema. En casos de emergencia el acumulador puede mantener la presión del sistema. Además los acumuladores mantienen estable el sistema, compensando la pérdida de presión originada por la disminución o aumento de presión por expansión térmica.

Un acumulador hidroneumático que se utiliza para desarrollar el flujo del sistema opera a una presión máxima y mínima. En otras palabras, el acumulador se llena o se carga con fluido hasta que alcanza la presión máxima y se recarga a una presión inferior, después que se realizó el trabajo. El volumen de líquido que se descarga entre estas dos presiones, es el volumen utilizado del acumulador. La presión del gas presente en un acumulador, cuando se drena el fluido, constituye la precarga del acumulador. Cuanto mayor sea la precarga menos líquido retiene el acumulador.

En la industria en general existe una gran variedad de acumuladores utilizados en diferentes campos, dependiendo de su capacidad y de las necesidades del proceso al que es aplicado; en la figura podemos observar algunos de los diseños de acumuladores utilizados en la industria.

Figura 5. Diseño de acumuladores hidráulicos



Fuente: Parker. **Equipos Hidráulicos**. www.Parker/acumuladores.com

1.5.5 Intercambiadores de calor

La ineficiencia en forma de calor es usual en todos los sistemas hidráulicos. Aún los sistemas hidráulicos bien diseñados transforman cierta parte de su potencia de entrada en calor. Los enfriadores se dividen en enfriadores por aire y enfriadores por agua. En los enfriadores por aire, el fluido es bombeado a través de tubos a los cuales se adicionan aletas. Para disipar el calor se hace pasar aire sobre los tubos y aletas, por medio de un ventilador. Los enfriadores por aire se usan generalmente donde no existe agua disponible.

El diseño mejor conocido es el intercambiador de calor de casco y tubos. Tienen la ventaja de ser poco caros y pueden diseñarse para presiones medias o altas a un costo no excesivo.

Los tipos básicos de enfriadores de casco y tubos son las unidades con placas de tubos fijos y de placa de tubos parcialmente restringido. En general todos tipos de enfriadores se fabrican con las normas de TEMA (Asociación de fabricantes de Intercambiadores Tubulares). Existe una gran cantidad de aplicaciones que no requieren de este tipo de construcción.

Los enfriadores se caracterizan por poca limpieza y bajas tendencias a la corrosión. Los servicios que están en esta categoría son los intercambiadores agua a agua, enfriador de aire y aplicaciones similares sin hidrocarburos, así como algunos servicios ligeros con hidrocarburos, como intercambiadores de extremo ligero, calentadores de aceites, lubricantes auxiliares y algunos calentadores para succionadores de tanques.

En la industria en general existen varios tipos de enfriadores para diferentes tipos de trabajo:

- Intercambiadores de calor enfriados por aire
- Intercambiadores de calor de tubería doble
- Intercambiadores de calor de tubos en espiral
- Intercambiadores de calor tipo gusano
- Intercambiadores de calor tipo cascada

DISPOSICIÓN DE TUBOS Y DESVIADORES

Existen cuatro tipos de distribución de tubos con respecto a la dirección transversal del flujo del lado del casco entre las puntas de los desviadores (baffles): Cuadrada (90°), cuadrada girada (45°), triangular (30°) y triangular girada (60°).

Los intervalos de los tubos se define como la distancia entre centros entre dos tubos adyacentes. La columna de pared mas gruesa recomendada se basa en la máxima distorsión permitida de la placa de tubos que resulta de girar el tubo indicado en la placa con el mínimo ancho de liga permitido a dicho paso entre tubos. La liga es la parte de la placa de tubos entre dos barrenos para tubos adyacentes. Los tubos están soportados por desviadores que les impiden vibrar por el acceso del fluido, así como del flujo del fluido, por el canal del lado del casco.

En general se emplean dos tipos de desviadores: Segmentados y con doble segmentación. El intervalo entre desviadores se define como el espacio longitudinal entre éstos. El intervalo entre desviadores máximo es una función del tamaño del tubo y si no existe flujo con cambio de fase, del diámetro del casco.

Los enfriadores por agua básicamente consisten de un conjunto de tubos dentro de una carcaza metálica. En este enfriador, el fluido hidráulico de un sistema es generalmente bombeado a través del espacio exterior de los tubos y la carcaza, circulando el agua por el interior de los mismos. Este enfriador también se conoce como intercambiador de calor del tipo de carcaza y tubos. Es realmente un intercambiador de calor dado que el fluido también puede ser calentado con este dispositivo con sólo hacer circular agua caliente por el interior de los tubos. Los enfriadores generalmente se diseñan para una presión de operación relativamente baja (10 Kg/cm^2). Esto requiere que se los ubique en una parte del sistema donde haya baja presión.

Para asegurarse que un aumento de presión en la línea no dañe el enfriador tipo carcaza y tubo, estos están generalmente conectados a un sistema, después de una válvula de alivio o en la línea de drenaje de la carcaza de una bomba de caudal variable con compensación de presión. Como podemos apreciar en la figura, la estructura de los enfriadores puede variar dependiendo del trabajo a realizar y del sistema donde es aplicado.

Figura 6. Intercambiador de calor tipo industrial



Fuente: Dennison. **Equipos Hidráulicos.** www.dennison/enfriadores.com

1.5.6 Filtros

Los filtros son una necesidad en los sistemas hidráulicos debido a que los fluidos sucios duran menos, aceleran el desgaste de los componentes y ocasionan fallas. Por lo general un sistema hidráulico se limpia con un solo filtro, con frecuencia se localiza en la línea de entrada frente a la bomba, para proteger la bomba y los demás componentes del sistema.

Cuando se usa así se le denomina filtro de succión, muchos fabricantes de bombas objetan la localización de este filtro, alegando que evitan la adecuada alimentación de la bomba. En este caso, el filtro puede estar en la línea de retorno o en la línea de presión.

Los filtros se clasifican por su capacidad para retener contaminantes de determinados tamaños.

CAPACIDAD BETA

Es un sistema que se utiliza ampliamente para medir el funcionamiento de los medios filtrantes. Es un estándar que intenta dar a los usuarios y a los fabricantes una forma exacta de comparar filtros. Esta capacidad Beta es una relación que compara el número de partículas de un tamaño dado o mayores en la corriente de entrada de un filtro con el número de partículas del mismo tamaño o mayores en la corriente de salida del filtro.

CAPACIDAD ABSOLUTA

El diámetro de las partículas esféricas más grande y difícil que pasa a través de un filtro bajo condiciones controladas determina la capacidad de filtración absoluta.

Esta capacidad es también una indicación de la abertura más grande en un filtro.

CAPACIDAD NOMINAL

La capacidad nominal es determinada por el fabricante. Es por lo tanto un valor arbitrario. Esta capacidad se refiere más al tipo tamaño de las aberturas en el medio filtrante que al funcionamiento real del filtro.

La capacidad nominal de los filtros tiene muchas limitaciones, primero no presenta una indicación clara del tamaño más grande de partícula que puede pasar a través de un filtro, en segundo lugar es un sistema no estándar que no es consistente de un fabricante a otro. Los componentes mejor diseñados y los circuitos más cuidadosamente elaborados requieren fluidos limpios para lograr un funcionamiento óptimo. Todos los fluidos hidráulicos contienen en alguna medida suciedad.

La suciedad causa problemas en un sistema hidráulico porque interfiere con el fluido el cual tiene cuatro funciones:

- Actúa como medio de transmisión de energía.
- Lubrica partes internas móviles de componentes hidráulicos.
- Sella espacios entre partes en movimiento muy cercanas entre sí.
- Actúa como medio de transmisión de calor.

Debido a la viscosidad, rozamiento y cambios de dirección del fluido genera calor durante la operación del sistema. Cuando el fluido retorna al depósito, envía calor hasta sus paredes. Las partículas de suciedad interfieren en el enfriamiento del líquido formando una suspensión que dificulta la transferencia de calor hacia las paredes.

La función de un filtro mecánico es eliminar la suciedad del fluido. Esto se realiza haciendo pasar la corriente del fluido a través de un filtro poroso que retiene la suciedad. Los elementos filtrantes están divididos en dos tipos: tipo de profundidad o de inmersión y tipo de superficie. Los elementos de tipo de profundidad forzan al fluido a pasar a través de un considerable espesor de capas de material. La suciedad atrapada debido al intrincado camino que debe hacer el fluido. Los elementos de tipo de superficie, la corriente del fluido sigue un camino directo a través de una capa de material. La suciedad retenida sobre la superficie del elemento que enfrenta al fluido.

El tamaño absoluto es una indicación de la mayor abertura en un elemento filtrante. Esto indica el diámetro mayor de partículas esféricas consistentes que pueden pasar a través de un elemento. Dado que el tamaño del poro puede ser precisamente controlado en este tipo de elementos, básicamente todos los agujeros en un elemento con malla de alambre 200 son cuadrados de 74 micrones.

Figura 7. Diferentes tipos de filtros industriales



Fuente: **Hydráulic. Accesorios Hidráulicos.** www.Hydraulic/filtros.com

1.5.7 Válvulas direccionales

Las válvulas se clasifican por el tipo de control que dan. Las válvulas modulan o controlan ya sea el flujo o la presión. Los principales mecanismos utilizados en las válvulas son de carrete o de vástago, aunque a veces se utiliza compuertas, diafragmas y sistemas rotatorios.

Los mecanismos de carrete se deslizan dentro de una camisa, controlando el flujo entre dos puertos. Estos dispositivos se usan tanto en válvulas neumáticas como hidráulicas. Este sistema requiere de un desplazamiento corto del carrete, es de muy baja fricción, necesitan muy poca fuerza para ser actuados o accionados y es muy adecuado para presiones altas. Debido a que estas válvulas requieren para operar de tolerancias muy cerradas entre carrete y la camisa, los diseños a prueba de fugas, pueden ser relativamente caros y muy sensibles a los contaminantes.

Los mecanismos de vástago, la posición relativa del vástago con respecto al asiento controla el flujo. Las válvulas de cartucho consisten de un vástago, una camisa y un resorte que están contenidos en un tubo múltiple maquinado. Estas válvulas son adecuadas para manejar grandes flujos con una caída de presión mínima y son relativamente insensibles a los contaminantes que lleva el fluido. Las válvulas para control de presión modulan el nivel de la presión en los circuitos del fluido.

Existen varios tipos que se clasifican por su función. Las válvulas de alivio evitan que la presión se exceda de un nivel preestablecido.

Las válvulas reductoras limitan los niveles de presión restringiendo el flujo a una determinada área del sistema. Las válvulas de secuencia se usan para dar continuidad de trabajo a las máquinas hidráulicas y permiten presiones de hasta 20 psi. Estas válvulas operan cerradas permitiendo el flujo entre los puertos de entrada y salida cuando la presión alcanza los niveles preestablecidos.

La clasificación de las válvulas depende del tipo de control que realizan:

- **Válvulas para control de presión**
 - Válvulas reductoras
 - Válvulas de secuencia
 - Válvulas de alivio

- **Válvulas de control de flujo**
 - Control de flujo no compensado
 - Controles de flujo y presión compensada

- **Válvulas de control direccional**
 - Número de puertos
 - Posiciones
 - Vías

CAPACIDAD DE FLUJO

El tamaño de una válvula puede ser relacionado ya sea con el tamaño de las conexiones de la tubería o a su capacidad de flujo. La capacidad de flujo de la válvula se puede expresar como nominal o máxima.

La capacidad nominal se refiere a la cantidad de flujo que una válvula puede manejar con una caída de presión relativamente baja. La capacidad nominal cotizada por los fabricantes de válvulas es generalmente el flujo hidráulico que crea una caída de presión de 50-60 psi a través de la válvula. La capacidad máxima es el máximo flujo que puede manejar una válvula hidráulica sin funcionar mal.

Figura 8. Diferentes tipos de válvulas direccionales



Fuente: Parker. **Equipos Hidráulicos.** www.Parker/válvulas.com

2. FASE TÉCNICO PROFESIONAL

2.1 Criterios de selección de equipos hidráulicos aplicados en los procesos de producción de azúcar

2.1.1 Tipos de carga

En el momento de seleccionar un equipo hidráulico para su utilización en un sistema debe tenerse en cuenta algunas variables importantes; entre estas variables el tipo de carga que el equipo absorberá juega un papel importante para el buen funcionamiento del sistema. Actualmente en la empresa los equipos utilizados en los procesos trabajan con diferentes tipos de carga dependiendo el tipo de proceso al que son aplicados, como en el caso de los equipos hidráulicos que son el tema de investigación, trabajan con cargas variables y constantes o una combinación de ambas dependiendo del sistema o proceso en el que trabajan.

2.1.1.1 Cargas constantes

Las cargas industriales generalmente son absorbidas por impulsores primarios que se mueven a velocidades constantes una vez que este impulsor primario ha acelerado hasta llegar a su velocidad de operación, los cambios en las cargas son poco frecuentes.

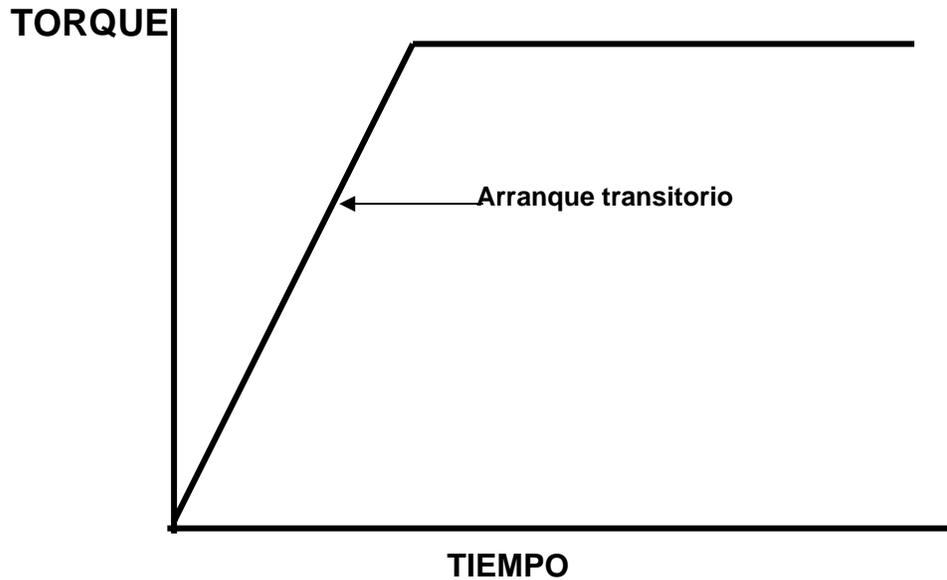
Predecir el comportamiento de las cargas continuas es generalmente muy sencillo. Las cargas intermitentes son más difíciles de evaluar. Los especialistas en transmisiones de potencia deben desarrollar una gráfica que muestre el torque vs. Tiempo de carga en los peores casos.

La técnica para crear la llamada rms (*root-mean-square*) de carga equivalente muy útil para los impulsores primarios. Sin embargo, algunos productos mecánicos son muy sensibles a los golpes, impactos y cargas máximas. Las reglas de aplicación para cargas intermitentes se pueden obtener para diferentes tipos de equipos para ser usados como guías por especialistas en transmisión de potencia.

En el sistema completo de la empresa existen muchos procesos que utilizan cargas constantes en su desarrollo, en proceso de preparación de la caña específicamente como las troceadoras y picadoras, además de las mesas conductoras deben proporcionar una carga constante de potencia que permita desarrollar en el sistema velocidades constantes de trabajo.

En la figura siguiente se puede observar el comportamiento de las cargas continuas en un sistema donde al inicio del proceso en el equipo debe existir un impulsor primario que permita vencer la oposición del torque inicial hasta llevarlo a un punto de estabilidad donde la velocidad del sistema sea estable y permanente.

Figura 9. Comportamiento de cargas constantes en un sistema



Fuente: **Manual de transmisión de potencia.**_Pág. 1-10

Una de las desventajas de los equipos con cargas continuas del sistema de la empresa es que cuando una de las variables (potencia, velocidad, etc.) cambia éstos equipos deben adecuarse a éstas condiciones para luego ser fijadas a las nuevas condiciones del sistema dando muchas veces el problema de que los equipos deben pararse para ser ajustados o en su defecto las variables deben ser adecuadas de nuevo a las necesidades del proceso.

2.1.1.2 Cargas variables

Los tres tipos de cargas variables de velocidad ajustable son torque constante, torque variable y cargas de potencia constante.

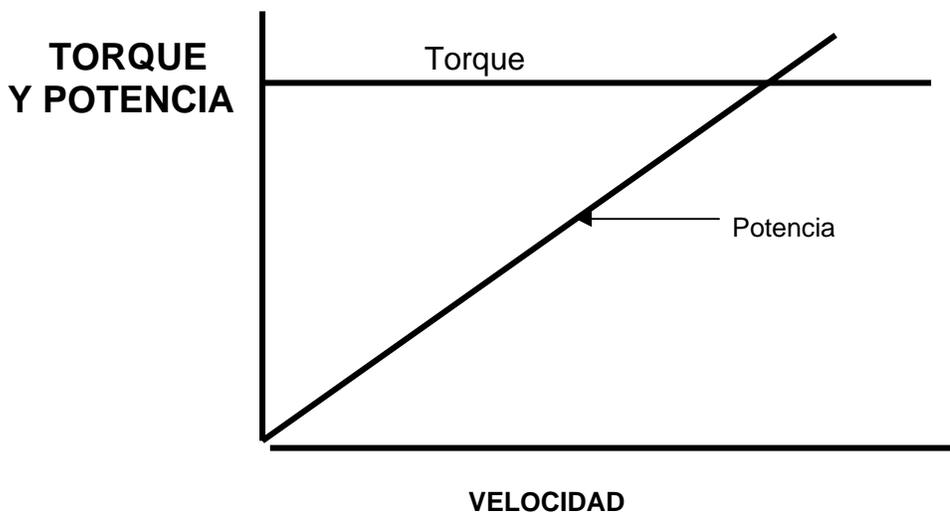
Estas cargas pueden ser movidas por impulsores primarios de velocidad constante o variable.

Estas variables tienen la ventaja de adecuarse a las necesidades que impone el sistema pudiendo regularse en su comportamiento para poder trabajar.

TORQUE CONSTANTE

Aquí los requerimientos del torque de salida son independientes de la velocidad. Las cargas de torque constante típicas incluyen los transportadores, las grúas o polipastos, las bombas de desplazamiento positivo y los compresores de desplazamiento positivo. En la figura podemos observar el comportamiento de un sistema con una carga variable a torque constante.

Figura 10. Comportamiento de cargas de torque constante

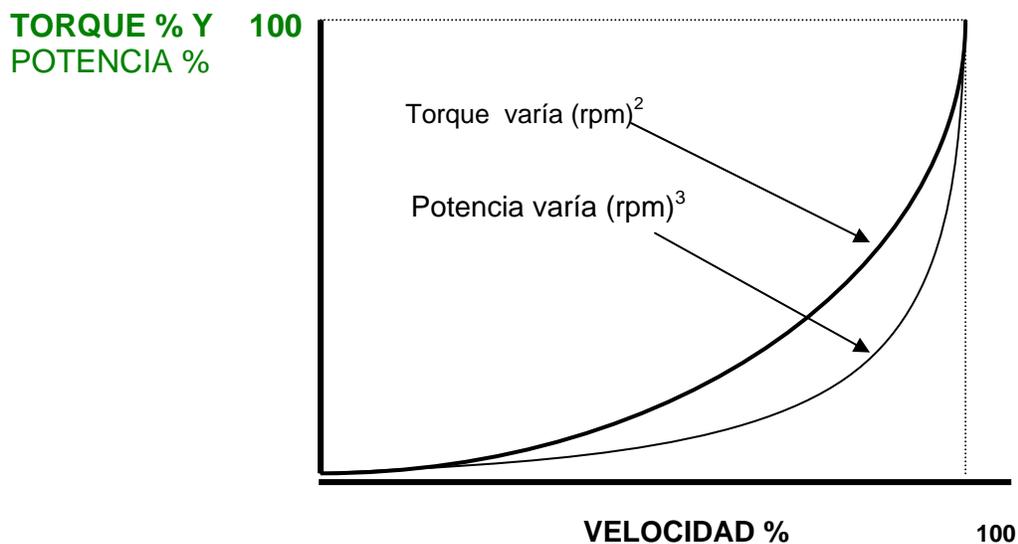


Fuente: **Manual de transmisión de potencia_Pág. 1-10**

TORQUE VARIABLE

Este tipo de carga también se llama carga de la ley del ventilador. Aquí el torque varía en proporción al cuadrado de la velocidad y la potencia varía en proporción al cubo de la velocidad. Las cargas típicas de torque variable incluyen bombas centrífugas, sopladores, ventiladores y compresores centrífugos.

Figura 11. Comportamiento de carga de torque variable



Fuente: Manual de transmisión de potencia._Pág. 1-10

2.1.2 Ambiente de localización del equipo

2.1.2.1 Ambiente abierto

El ambiente donde se encuentran localizados los equipos deben tener en cuenta varias condiciones para que no se deterioren. Los ambientes abiertos o a la intemperie son atacados por factores externos ajenos al sistema, ya sea el polvo, la humedad, la temperatura del ambiente, son algunos de los elementos que se deben cuidar para el buen funcionamiento de los equipos. Regularmente la temperatura del ambiente o la humedad pueden hacer que aquellos accesorios de control y medición puedan variar sus lecturas a las originales afectando el objetivo de éstos. Debe tenerse en cuenta que el mantenimiento que se le dé al exterior del sistema puede hacer que las pérdidas de equipo o accesorios disminuyan. En un ambiente abierto debe tomarse en cuenta la protección del equipo ante la lluvia ya que el agua puede ocasionar oxidación o corrosión que puede costar el deterioro del mismo.

2.1.2.2 Ambiente cerrados

Los sistemas hidráulicos de los distintos procesos de producción de la empresa están instalados bajo estructuras diseñadas adecuadamente de manera que las condiciones del ambiente no afecten el rendimiento de los mismos. Los factores que se toman en cuenta en el diseño de éstos sistemas están: la iluminación, la buena visibilidad que se proporciona a las áreas para los equipos influye en el buen control de los aparatos medidores instalados.

Brinda las condiciones adecuadas para un buen mantenimiento, evita la humedad excesiva, dado que un efecto de éste fenómeno es la corrosión de las partes metálicas, disminuye los puntos acumulativos de polvo que son causa de contaminación de elementos del diseño como tuberías y válvulas.

2.1.3 Diseño de sistemas hidráulicos

En el diseño e instalación de un sistema hidráulico se debe tener en cuenta muchos aspectos que son fundamentales para el buen funcionamiento de los equipos que los conforman. Desde la estructura de instalación, el tipo de equipo a utilizar y capacidad de los mismos, hasta el mantenimiento que se les dé, juegan un papel importante para el rendimiento esperado del sistema. A continuación se describen algunos pasos para el establecimiento de parámetros de la mejor selección de un sistema hidráulico integral.

2.1.3.1 Equipos de transmisión de potencia

2.1.3.1.1 Tipo de equipo

En el momento de elegir un equipo hidráulico para ser instalado en un sistema debe tomarse en cuenta el tipo que debe utilizarse y la carga que va a absorber (continua o variable), así como su diseño estructural.

Por ejemplo en la instalación de una bomba debe tomarse en cuenta de que tipo es (de engranes, de pistón, etc.) y si sus condiciones son las adecuadas para soportar el trabajo que absorberá, si puede trabajar con variaciones de carga y si puede absorber éstas sin afectar el funcionamiento del proceso, como también algunos parámetros de selección de las fuentes de energía a la que es acoplada, incluyendo cargas de torsión y inercia de carga estimándose en forma conservadora.

2.1.3.1.2 Potencia de trabajo

Uno de los factores que deben tomarse en cuenta en el momento de la selección de un equipo hidráulico es la potencia de trabajo que brinda ya que de éste parámetro depende su aplicación al sistema. Los equipos hidráulicos trabajan con presiones hidráulicas, en cualquier sistema la potencia proporciona la energía al líquido en forma de presión para poder trabajar. Una de las ventajas de los equipos hidráulicos relacionados con su potencia es que la potencia de fluidos sobre otras tecnologías puede producir mucha fuerza con un paquete pequeño.

La potencia producida por los fluidos es por lo general el mejor modo de producir movimiento lineal o de gran fuerza. Por lo general se prefiere utilizar motores eléctricos para aplicaciones rotatorias en lugar de los motores o actuadores hidráulicos. La excepción a esta regla se da cuando la aplicación es de torque extremadamente alto. Los sistemas hidráulicos son muy durables, ya que los equipos hidráulicos soportan los golpes, la vibración, el polvo, la suciedad, el frío y el calor y casi no necesita mantenimiento.

2.1.3.1.3 Velocidad del sistema

Las transmisiones hidráulicas son reconocidas como un medio excelente para transmitir potencia en donde la velocidad de trabajo del sistema establece las condiciones. Debe tomarse en cuenta a la hora de la selección de los equipos hidráulicos que éstos tengan variabilidad de la velocidad bajo condiciones diferentes de carga, además debe contemplarse que éstas velocidades no afecten el rendimiento del equipo.

2.1.3.2 Tanque de almacenamiento

2.1.3.2.1 Capacidad de almacenamiento

En todos los sistemas hidráulicos se cuenta con tanques o depósitos del fluido de trabajo, la capacidad del depósito depende de la cantidad de fluido que se necesita en el sistema para poder operar eficientemente, el tanque debe tener las condiciones adecuadas para acoplarse al sistema, teniendo en cuenta las conexiones de entrada y salida del fluido; el fluido debe permanecer en condiciones normales de trabajo, entiéndase como condiciones, la temperatura de éste debe estar controlada, evitar al máximo la contaminación por medios externos específicamente el tanque debe estar herméticamente sellado, además debe contar con accesorios de control tanto de presión como de temperatura (manómetros y termómetros, etc.). La capacidad del tanque debe exceder en un porcentaje al valor exacto de fluido que el sistema necesita para funcionar, para poder absorber las pérdidas por fugas.

2.1.3.2.2 Visibilidad del nivel del fluido

A la hora de construir los depósitos de un fluido determinado debe implementarse un aparato medidor del fluido. La medición del nivel de los fluidos se necesita en todos los aspectos del control de los procesos industriales. Existe una gran variedad de medidores de líquidos para satisfacer las necesidades de un sistema determinado. Los medidores de flujo pueden dividirse en cuatro áreas principales: de presión diferencial, desplazamiento positivo, velocidad y de masa. Debe tenerse en cuenta que a la hora de seleccionar un medidor la precisión de la medición y la aplicación final son los factores que determinan el tipo de medidor. Entrelazando todos estos factores el punto esencial radica en el control en todos los aspectos del fluido almacenado a fin de mantener su función dentro del sistema

2.1.3.2.3 Limpieza de los fluidos

La limpieza del fluido juega un papel preponderante en el buen funcionamiento del sistema hidráulico, evitar la contaminación del fluido es una de las tareas principales del mantenimiento de éstos equipos. En el momento de diseñar un sistema hidráulico debe establecerse los puntos donde el sistema debe ser limpiado de cualquier impureza que ingreso al mismo. Los filtros deben colocarse al ingreso y salida del depósito preferiblemente, además al ingreso de los equipos hidráulicos como bombas, motores, etc, teniendo éstos la capacidad de absorber las partículas que se consideran destructivas para el sistema.

Debe mantenerse además un control de monitoreo por medio de pruebas realizadas periódicamente del fluido para verificar las condiciones del mismo.

2.1.3.3 Tuberías

Las tuberías son el medio de conducción y distribución de los fluidos a presión en un sistema. La adecuada disposición de los diferentes equipos interconectados por tuberías deben considerarse desde el punto de vista de facilidad de acceso y de trabajo. En general la red de tuberías es la última etapa de la ejecución de un proyecto, pero de antemano debe preverse el espacio. Los fabricantes de tuberías para usos industriales emplean comúnmente acero, hierro vaciado, cobre, latón, aluminio y plástico.

2.1.3.3.1 Tipos de tuberías

Las tuberías pueden clasificarse en rígidas, semi-rígidas y flexibles. Las tuberías rígidas son aquellas que no poseen movimiento relativo, son usadas en las instalaciones que utilizan altas presiones de hasta 3,000 psi (motores hidráulicos de los molinos de caña, bombas de alimentación de agua a calderas) y emplean tubos de base metálica. Las tuberías de acero se agrupan en corrientes y especiales; las tuberías corrientes son empleadas en la conducción de fluidos y las especiales utilizadas en intercambiadores de calor, calderas y maquinaria industrial.

Las tuberías de cobre son usadas donde las instalaciones son de reducido diámetro y están localizadas en medios poco corrosivos; además debe tenerse en cuenta su alta fragilidad en presencia de vibraciones, su elevado costo y su limitación en cuanto se refiere a accesorios. Las tuberías semi-rígidas poseen cierta capacidad de deformarse, la cual es útil en su instalación y mantenimiento. Estas tuberías están fabricadas en parte de materiales termoplásticos como el P.V.C y el polietileno. Éstas tuberías pueden conducir fluidos a medianas presiones son livianas y de un costo relativamente bajo. Pueden soportar medios corrosivos y ligeros desplazamientos sin sufrir daños. Las tuberías flexibles conocidas como mangueras, permiten un gran campo de aplicaciones, debido a que pueden soportar deformaciones, vibraciones, medios corrosivos y una gran gama de presiones, según sea los materiales empleados en su fabricación. Las mangueras están construidas por un forro interior liso, resistente a la neblina de aceite, una capa intermedia resistente a la presión y un forro externo flexible que le proporciona resistencia a los solventes y a la abrasión.

Entre los materiales más usados en la fabricación de mangueras están: Nylon, P.V.C flexible, terglene, caucho y lona.

2.1.3.3.2 Longitud de la tubería

La resistencia al fluido a través de una tubería se incrementa por la presencia de accesorios y por lo tanto, la capacidad de conducción se va reduciendo. Para poder expresar dichas resistencias se ha optado hacerlo en longitudes de tubos rectos.

- Determinar el caudal requerido por la instalación; el cual es el resultado de la suma del consumo de fluido del equipo más un 5 % por pérdidas en fugas o escapes más un 20 % a 25 % de futuras ampliaciones.
- Determinar la presión de la instalación; la cual viene dada por la presión máxima requerida para el accionamiento del equipo hidráulico.
- Determinar la pérdida de presión admisible; la cual es la pérdida basada en la variación de presión que puede sufrir la instalación sin repercutir en el funcionamiento del equipo hidráulico.

2.1.3.4 Elementos de enfriamiento del fluido

2.1.3.4.1 Tipos de enfriadores utilizados

La instalación de enfriadores en un sistema hidráulico juega un papel importante en el funcionamiento adecuado del fluido. La función principal de un enfriador en un sistema siempre debe ser mantener la temperatura del fluido a una condición constante en el mejor de los casos, teniendo tolerancias de dos o tres grados en exceso. El objetivo de instalar enfriadores en un sistema hidráulico manteniendo la temperatura sin variaciones es que los fluidos pueden perder características de funcionamiento como la viscosidad afectando todo el sistema. Para el buen funcionamiento de los enfriadores en un sistema, éstos deben colocarse en lugares del sistema de baja presión, además de adecuar sistemas de control como válvulas de alivio en la línea de entrada para asegurar que las variaciones de presión no afecten el equipo.

La capacidad y tipo de los enfriadores que utilice dependen del tipo de trabajo, del fluido de trabajo y de las condiciones del sistema como presión, temperatura, etc., además de la cantidad de espacio de instalación en el sistema determinará el tipo de enfriador a usar.

2.1.3.4.2 Aplicaciones de enfriadores

La aplicación de enfriadores en todo el sistema de la empresa es amplia, todos aquellos sistemas de recirculación de fluidos debe estar equipado con un enfriador determinado. Son utilizados en aquellos sistemas de presiones medianas y altas a un costo no excesivo, servicios ligeros con hidrocarburos, calentadores de aceites lubricantes auxiliares y algunos enfriadores para succionadores de tanques, también son usados en lugares que necesitan torres de enfriamiento (cogeneración) en donde se requiere los sistemas de agua de enfriamiento de un intervalo, o cuando la naturaleza del enfriamiento causa problemas frecuentes de impurezas.

Los enfriadores pueden utilizarse cuando existe una diferencia extrema de temperaturas entre los fluidos del casco y del lado de los tubos debido a todas las partes sujetas a expansión diferencial; se utilizan para el servicio que presentan un cambio de fase y no se desea flujo de dos fases contra la gravedad.

2.1.3.5 Accesorios de limpieza de los fluidos

2.1.3.5.1 Tipos de filtros

La limpieza de los sistemas hidráulicos es uno de los factores importantes en el funcionamiento de los equipos, la suciedad es uno de los problemas más significativos de los fluidos, hace perder propiedades inherentes del mismo, puede obstruir vías de paso del fluido, puede obstruir válvulas de distribución, en fin son muchos efectos negativos los que produce la suciedad en los fluidos. Para poder evitar todos estos problemas debemos establecer puntos críticos donde aplicar sistemas de limpieza (filtros).

El tipo de filtro a utilizar depende de las partículas probables que pueden que puedan ingresar al sistema o aquellas que por naturaleza aparecen en el mismo, como partículas de materiales de los elementos que forman parte del equipo, regularmente debemos tener en cuenta que el desprendimiento de materiales de las mangueras, de las paredes de interiores del equipo por medio de la erosión o contacto con el fluido pueden afectar la limpieza del fluido, para saber el tipo de filtro que vamos a usar, debemos determinar el tamaño de éstas partículas, además debemos tener en cuenta la frecuencia con que vamos a cambiar el filtro para evitar perdidas de tiempo a períodos cortos.

2.1.3.5.2 Capacidad de filtrado

El aceite de un sistema hidráulico debe filtrarse siempre, así como el aceite recibido del suministrador debe filtrarse cuando se añada al sistema.

El grado de filtración en un sistema hidráulico es una cuestión de vida de servicio contra los gastos de filtrado. Para conseguir la vida de servicio deseada es importante seguir las recomendaciones de los fabricantes referentes al grado de contaminación de los fluidos. El elegir el filtro, es importante considerar la cantidad de partículas de suciedad que pueden absorber el filtro y continuar trabajando satisfactoriamente. Por esta razón se recomienda un filtro con un indicador que dé una señal en el momento que sea necesario cambiar el cartucho del filtro.

EXPLICACIÓN DEL GRADO DE FILTRACIÓN

El grado de filtración $\beta_{10} = 75$ indica lo siguiente: β_{10} significa el tamaño de las partículas $\geq 10 \mu m$ que se eliminarán en la filtración. $= 75$ significa el grado de filtración de las partículas del tamaño arriba antes indicado. El grado de filtración se define como el número de partículas que contiene el aceite antes de filtrado en relación con el número de partículas en el aceite después de filtrado.

2.1.3.6 Equipos de control

2.1.3.6.1 Tipos de acumuladores

Los acumuladores en los sistemas hidráulicos normalmente se utilizan cuando las cargas de trabajo son variables. La función principal de los acumuladores dentro de un sistema hidráulico es absorber las variaciones de presión debidas a las cargas que varían con relación a la función del sistema, la presión hidráulica que el sistema mantiene en condiciones dadas puede variar ya sea en mayor o menor proporción, la causa puede ser disminución o aumento de la producción del producto en esta parte del sistema, el acumulador debe ser adecuado a las necesidades que el sistema le proporcione, como su capacidad, tamaño, temperatura, presión.

Regularmente los acumuladores no varían mucho de un modelo a otro, ya que su estructura es la misma y el elemento principal es el nitrógeno ya que este elemento tiene la propiedad de ser un gas inerte y no reacciona con el oxígeno en caso de una fuga, lo que puede evitar una explosión del equipo. Regularmente estos equipos son colocados en conexión al sistema principal donde se realiza el trabajo, con una conexión alterna que va directamente al sistema de suministro del fluido para mantener el sistema con una cantidad establecida de éste para evitar deficiencias en el sistema mismo.

Los acumuladores se usan en los sistemas hidráulicos de los molinos de caña donde absorben variaciones de presión en la línea de alimentación del fluido debido a las variaciones de demanda de producción (cantidad de caña en aumento o en disminución), cuando la demanda de caña es mayor, el acumulador libera la cantidad necesaria de fluido para compensar el sistema, cuando la demanda de caña disminuye el acumulador absorbe el fluido en exceso en el sistema.

2.1.3.6.2 Manómetros

La medición de presión es una de las variables más importantes que se hacen en la industria, específicamente en los sistemas hidráulicos. Deben tenerse en cuenta varios aspectos para saber que tipo de manómetro utilizar, como la estructura de la instalación del sistema, el lugar donde se instalarán para obtener el mejor funcionamiento posible, como se debe usar para controlar un sistema o una operación y la manera en que se calibra.

Los puntos de instalación deben adecuarse para evitar que la temperatura y las vibraciones afecten la precisión y la exactitud del medidor; el tipo de fluido a medir es otra de las variables que debemos tomar en cuenta a la hora de la selección del instrumento ya que la viscosidad y sus demás propiedades influyen en la eficiencia del mismo. Tal vez el punto más importante a tomar en cuenta al seleccionar los manómetros son los rangos de presión que se establecen en el sistema con relación a las necesidades del mismo, debiendo así elegir el manómetro con rangos que puedan absorber presiones máximas para evitar que el aparato se averíe.

Los manómetros deben dar información de la presión del sistema en varios puntos, como en líneas de presión altas y bajas, presiones en tanques de suministro, presiones en los mismos equipos para controlar fallas dentro de los mismos.

2.1.3.6.3 Termómetros

La utilización de termómetros se necesita en los casos que requieren la aplicación de calor o frío para el control de un proceso o de una operación de fabricación. La precisión de la medición y rapidez con que se pueda efectuar dependen de la aplicación. Esta aplicación determina si es necesario usar un indicador simple o un registrador o control más complejo.

Para temperaturas inferiores a 538⁰ C se pueden emplear termómetros sencillos cuando solo se necesita un indicador y se dispone de espacio de instalación adecuado y cuando el sistema puede alcanzar normalmente el equilibrio con el instrumento de medición. Uno de los puntos que debemos tener en cuenta es la velocidad de respuesta y la precisión con que se toma la medida.

Al seleccionar un termómetro debemos tomar en cuenta las temperaturas mínimas y máximas de operación, el retardo del proceso, la velocidad a que se produce los cambios de temperatura, el espacio disponible para montar el instrumento, la rapidez con que circula el medio en la ubicación del medidor, el tipo de medio al que se expone, la longitud capilar de conexión y el abuso al que estará sometido el instrumento.

Independientemente donde se coloque el instrumento, debe tener las condiciones mínimas de trabajo para poder funcionar con eficiencia.

2.1.3.6.4 Válvulas de distribución

Las válvulas de distribución son instaladas conforme los requerimientos del sistema hidráulico, su instalación irá de acuerdo a la instalación de los equipos principales (bombas, motores, etc.). Su selección depende también del flujo manejado en el sistema y su presión de funcionamiento; pueden utilizarse como distribuidores de los fluidos o como controladores de presión. Las válvulas de control de presión tienen la función de distribuir o restringir el fluido bajo presiones predeterminadas. Las válvulas de control de flujo tienen la función de estrangular o desviar el fluido cuando existen condiciones que exigen la regulación de la cantidad del mismo en el sistema.

Las válvulas de control direccional determinan la trayectoria del fluido a través del circuito, dependiendo del sistema, las válvulas pueden tener varias conexiones de trabajo o número de puertos llamados regularmente; además esta regulada por la cantidad de posiciones en las que puede trabajar. Estos factores fundamentalmente están determinados por el tipo de flujo y sus características para obtener las condiciones que el sistema exige. Además uno de los factores que deben tomarse en cuenta en el funcionamiento de las válvulas es la limpieza del fluido, ya que la contaminación del fluido puede obstruir las vías de acceso de la válvula afectando el trabajo eficiente de las mismas.

2.2 Aplicación de equipos hidráulicos en el proceso de producción del azúcar

En el establecimiento de la aplicación de los equipos hidráulicos al sistema de producción de azúcar de la empresa, podemos verificar una gran cantidad de éstos por las necesidades mismas del sistema. Por el tipo de trabajo semejante que muchos de estos equipos realizan y la importancia misma de su aplicación, nos regiremos por presentar los equipos básicos de cada proceso.

2.2.1 Patio de caña

2.2.1.1 Cilindros hidráulicos como elementos de levante y acercamiento

El virador móvil es un equipo que forma parte del área de patio de caña, este sistema tiene como función principal extraer de los camiones la caña que viene del campo normalmente quemada para su rápido deterioro, y colocarla en las mesas conductoras para su ingreso al proceso.

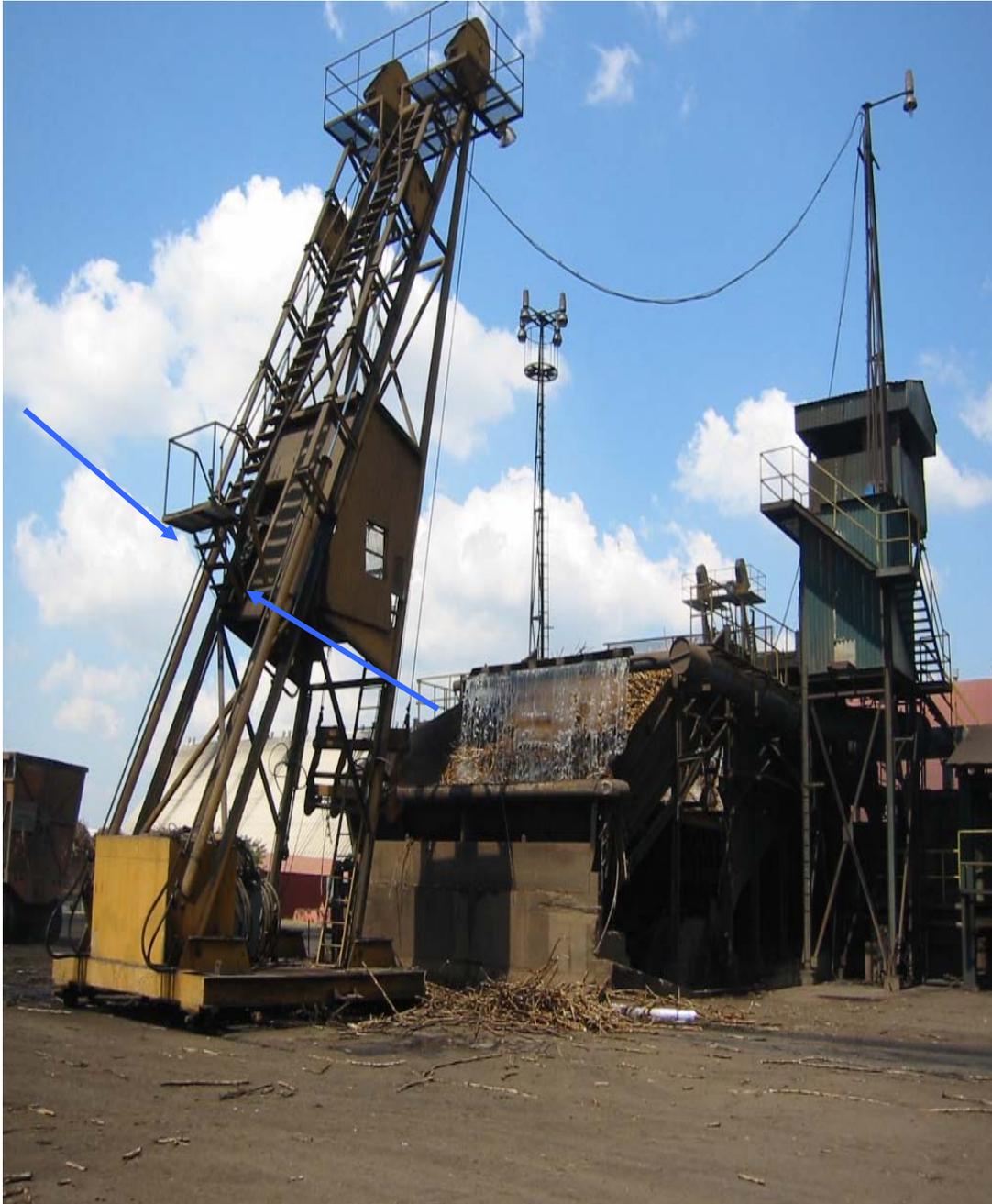
El virador móvil consta de dos cilindros hidráulicos de doble efecto de 4 pulgadas de diámetro del tubo, 2 pulgadas de diámetro del vástago y 48 pulgadas de largo, los cuales tienen la capacidad de soportar fuerzas de hasta 3,000 psi.

En el momento de aplicarles cierta cantidad de fuerza dichos vástagos se moverán ya sea hacia fuera de los cilindros o hacia dentro debido a su movimiento de doble efecto. Los cilindros hidráulicos están provistos en un extremo, de un orificio de entrada por el que ingresa el fluido al tubo y el otro extremo de un orificio de salida, durante la carrera del cilindro, la presión del fluido que se aplica a la superficie de trabajo del pistón, no deberá ser superior a la resistencia a vencer.

Siempre es necesario saber cuál debe ser la presión para una determinada medida del cilindro para desarrollar una fuerza de salida específica la cual es de 12,480 libras, para obtener una presión de trabajo de 1000 psi. El volumen de los cilindros es de 500 pulgadas cúbicas. Con estas características los cilindros transmiten la energía del fluido en un movimiento lineal a la estructura del virador, la cual se encarga de levantar las jaulas de los camiones para depositar la caña en las mesas conductoras.

En la figura siguiente podemos apreciar la aplicación de cilindros hidráulicos a la estructura del sistema hidráulico del virador móvil para caña.

Figura 12. Montaje de cilindros hidráulicos en el virador móvil



2.2.1.2 Bomba hidráulica utilizada para suministro de aceite del virador móvil para caña

La bomba esta acoplada a un motor eléctrico que le transmite el movimiento necesario para poder trabajar, cuenta con conexiones hidráulicas, una de entrada que le proporciona un volumen ascendente y una salida que proporciona un volumen descendente, su conexión de salida va directamente a una válvula direccional 5/2 (5 conexiones y 2 posiciones de trabajo) que permite transmitir la dirección del fluido en el sistema, en esta válvula existen conexiones que van al deposito de aceite como retorno, a un Intercambiador de calor que permite al fluido del sistema mantener una temperatura normal de trabajo sin exceder los límites establecidos por los fabricantes y una conexión que va directamente a los cilindros hidráulicos para transmitir el movimiento buscado por medio de la presión del fluido en el sistema.

Este tipo de bombas hidráulicas dobles permiten trabajar con rangos de hasta 4000 psi, reduciendo los costos de operación, extendiendo la vida del equipo. Permiten una mejor eficiencia incrementando la productividad, teniendo ventajas en comparación con las demás bombas como 32 posiciones de trabajo reduciendo el costo de montaje y permitiendo conectarse dependiendo de las necesidades del sistema hidráulico en el que actúe.

Permite trabajar con viscosidades de 3900 para 60 SUS. Tiene la capacidad de compensar el balanceo cuando existen cambios de temperatura en el sistema, además su alta viscosidad y su temperatura constante en el rotor se deben a su buena auto lubricación constante siendo ésta una característica de una buena eficiencia mecánica de este tipo de bombas.

El sistema utiliza aceite denominado TELLUS 68 que son aceites diseñados especialmente para sistemas hidráulicos, han sido formulados con aceites altamente refinados y aditivos antidesgastantes, antioxidantes, anticorrosivos y mejorados del punto de congelación que lo han convertido en el aceite líder en su campo. Fueron diseñados para sistemas de transmisión de potencia que usan bombas de paleta, de pistón y de engranajes como es el caso de las bombas de este sistema.

Figura 13. Montaje de una bomba hidráulica en el virador móvil.



2.2.2 Molinos

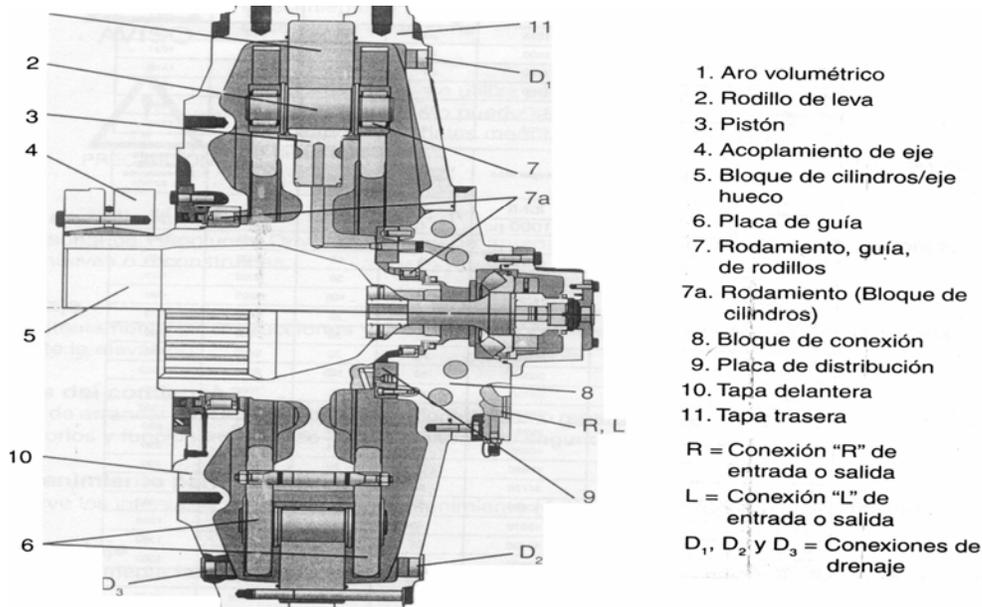
2.2.2.1 Motores hidráulicos utilizados para transmisión de potencia en las masas inferiores de molinos

Los motores hidráulicos utilizados en los molinos de caña del Ingenio para este caso son de marca industrial MARATÓN de HAGGLUNDS DRIVES es del tipo de pistones radiales con bloque de cilindros / eje hueco giratorio y cárter fijo. El bloque de cilindros va montado en el cárter sobre cojinetes de rodillos. Un número par de pistones está situado radialmente en dicho bloque de cilindros, y la placa de distribución dirige el aceite dentro y fuera de los pistones.

Cuando la presión hidráulica actúa sobre los pistones, los rodillos de leva son empujados contra la inclinación del aro de levas que esta conectado rígidamente al cárter, produciendo un par. La fuerza de reacción es transferida por medio de los rodamientos guía, de rodillo, montados sobre el extremo de los rodillos de leva, a las dos placas guías que están unidas al bloque de cilindro eje hueco. Por lo cual el motor gira siendo el par desarrollado proporcional a la presión del sistema.

Las tuberías de aceite se conectan a las conexiones R y L en el bloque de conexiones y las tuberías de drenaje a las conexiones D_1 , D_2 y D_3 en la tapa trasera, como podemos observar en la figura siguiente, la estructura interna de este tipo de motores hidráulicos.

Figura 14. Sección transversal de un motor hidráulico



Fuente: Hagglund Drive. **Diseño de motores hidráulicos.** Pág. 24

El motor se monta al eje de la masa bagacera conducido por medio del eje hueco del bloque de cilindros. El par se transmite al molino por medio de una corona (engrane) acoplado a las otras tres masas del molino. La empresa cuenta con un tandem de 6 molinos, cada molino cuenta con una unidad hidráulica con las mismas características entre ellos.

La unidad de control consta de: un motor encargado de transformar energía eléctrica en energía mecánica, el cual está acoplado a una bomba hidráulica, esta bomba tiene una conexión de alta presión y una de baja presión además de una conexión al tanque para suministrar aceite al sistema; el sistema cuenta con un filtro en la línea de succión, uno en la de drenaje y uno en la línea de retornos; todos con la finalidad de mantener el aceite en condiciones normales eliminando los contaminantes que existan en el sistema ya sean por desgaste, agua u otros elementos externos al sistema.

La bomba se encarga de suministrar al motor una presión de trabajo de 250 psi, que es la presión necesaria para proporcionar el par al molino, al realizar el fluido su trabajo retorna a la bomba pasando éste a un intercambiador de calor de placas en el cual su función principal es la de mantener al fluido a una temperatura de trabajo de 25⁰ C aproximadamente, al pasar por el intercambiador de calor el fluido pasa por el filtro de retorno que libera al fluido de partículas que puedan ser dañinas a la bomba y al sistema en sí, luego ingresa al tanque para volver a realizar el ciclo de trabajo. La presión en el interior de la bomba debe ser de 15 psi para mantener ésta en buenas condiciones de trabajo a una temperatura de 60⁰ C aproximadamente (estos valores tienen una tolerancia de unos +/- 5⁰ C) para evitar que el fluido pierda sus características como la viscosidad que es la más importante en estos casos. Los molinos para caña es una de las formas más eficientes de aplicar este tipo de motores, como podemos ver en la figura esta aplicado a las masas inferiores, las restantes trabajan por transmisiones de engranes comúnmente llamadas coronas.

Figura15. Montaje de los motores hidráulicos en los molinos



2.2.2.2 Utilización de acumuladores para mantener presiones constantes en cabezotes de molinos

Los acumuladores de vejiga aplicados en los cabezotes en los molinos de caña del Ingenio, establecen la apertura promedio deseada en el molino que nos permite ejercer la presión idónea sobre el colchón de caña o bagazo y a su vez tener la flexibilidad para que dicha apertura aumente ante la eventual presencia de un material extraño a la molienda, como pudiera ser desalojada por el molino mismo. Las vejigas de los acumuladores están cargadas previamente de nitrógeno a una presión que esta comprendida entre las 500 y 2,500 psi, según las condiciones en las que se trabaje. Por lo general la presión de carga previa es de 2,500 psi ya que son pocos los ingenios que trabajan con presiones menores. La presión previa de nitrógeno de 2,500 psi se usa en los molinos que suelen trabajar con presiones en el aceite hidráulico comprendidas entre 2,600 y hasta 4,800 psi. La carga como la presión hidráulica son los parámetros más importantes para seleccionar el acumulador, ya que son parámetros que nos indican el volumen de aceite por cada pulgada en la carrera del molino.

La presión en el aceite varía dependiendo de la fuerza en toneladas métricas que se aplica mediante el ariete en cada lado del molino de caña. La presión mas adecuada en el acumulador debe determinarse de acuerdo al comportamiento del molino, ya que éste depende de varios factores; por ejemplo, normalmente la masa superior trabaja mejor con una presión hidráulica entre un 5 a 10 % mayor en el lado de las coronas.

Las presiones aplicadas varían entre el principio y el final de la zafra, esto es debido al desgaste en las masas, velocidad de las mismas, tipo de caña, etc. Si las chumaceras del molino se calientan excesivamente puede corregirse este defecto bajando la presión. Los acumuladores hidráulicos de vejiga no deben soldarse con otras piezas de metal porque se estropearía la vejiga de caucho que tiene en su interior. Por otro lado, la pared del cilindro podría debilitarse si se calienta excesivamente. No debe existir instalada ninguna válvula en la tubería entre el ariete del molino y el acumulador para evitar la posibilidad de que por error, alguna persona corte el paso de aceite entre ambos componentes. La presión debe verificarse a menudo para ver si se mantiene la presión correcta sobre la masa superior. Para verificar la presión del nitrógeno, se saca aceite del acumulador, al sacarlo la aguja baja lentamente hasta alcanzar el valor de presión de carga de nitrógeno en la vejiga que se tiene en ese momento y luego baja bruscamente hasta cero. La bomba hidráulica al generar el flujo de aceite permite incrementar la presión en el sistema y abrir así la válvula en el acumulador que se mantiene cerrada por la presión de nitrógeno introducido previamente en la vejiga.

Figura 16. Montaje de acumuladores hidráulicos en el sistema de presión de los molinos



2.2.2.3 Unidad de potencia hidráulica utilizada para suministro de aceite al sistema hidráulico de los molinos

La unidad de potencia hidráulica esta diseñada específicamente para suministrar presión hidráulica al sistema de presión en los molinos de caña que utiliza Ingenio La Unión S.A. Esta unidad consiste de un motor eléctrico que suministra la energía necesaria para poder operar el sistema, dos bombas hidráulicas que se encargan de suministrar al sistema el fluido necesario para mantener la presión en el mismo, absorbiendo las variaciones de presión que existen en los molinos debido a las cargas de molienda que pasan por ellos que suele ser variable en el tiempo.

Las bombas cuentan con un sistema electrónico que condiciona a las mismas para que envíen el aceite al sistema luego de un tiempo de 10 minutos entre cada una para mantener al sistema con la suficiente cantidad de fluido necesaria en caso de una variación de presión debido al aumento de la carga de caña en los molinos. El fluido al igual que en todos los sistemas hidráulicos retorna a los tanques de almacenamiento para esto el fluido pasa por una serie de filtro que permiten eliminar la mayor cantidad de partículas contaminantes para mantener al sistema en buenas condiciones.

El sistema de potencia es controlado periódicamente, donde el principal factor de control es la presión, adecuando al sistema con una cantidad de manómetros de lectura colocados tanto antes de la salida de las bombas como a su ingreso a ellas para verificar las caídas o aumentos de presión derivadas de cualquier problema en el sistema.

Figura 17. Montaje de la unidad potencia en el sistema de presión de los molinos



2.2.2.4 Intercambiadores de calor utilizados en la unidad de control de los motores hidráulicos de los molinos

Los intercambiadores de calor están colocados en el retorno del fluido luego de realizado su trabajo en el motor hidráulico. Estos equipos están colocados con la finalidad de disipar el calor por enfriamiento por medio de agua.

El fluido aumenta su energía calorífica luego de realizado su trabajo, el enfriador debe disipar este calor para evitar que el fluido disminuya su viscosidad y con ello la vida de servicio del motor, teniendo en cuenta también que el aumento de calor en un fluido reduce la potencia de los equipos que lo usan.

Los enfriadores como son llamados éstos equipos, deben mantener el fluido a una temperatura promedio de 28⁰ C para permitir la estabilidad en la bomba del sistema. Los enfriadores en su estructura están compuestos de una conexión de entrada que es por donde ingresa el fluido retornado del sistema a una temperatura aproximada de 33⁰ C (la temperatura puede variar en el tiempo debido a las condiciones de carga) con una conexión de salida que dirige el fluido al tanque de almacenamiento a una temperatura de 29⁰ C, una conexión de entrada y salida de agua que es el elemento de enfriamiento en el sistema y que absorbe el exceso de calor del aceite, regularmente en el sistema de enfriamiento la cantidad de agua utilizada es de 50 galones por minuto constantemente.

La función de éstos equipos es importante ya que la temperatura del aceite debe mantenerse entre los parámetros establecidos por los fabricantes debido a que variaciones en ésta característica del fluido cambia la vida de trabajo de los equipos.

Figura 18. Montaje de intercambiadores de calor en la unidad de potencia de los motores hidráulicos



2.2.3 Área de fabricación

2.2.3.1 Sistema actuador de válvulas

La unidad de potencia proporciona el fluido hidráulico usado en las válvulas que actúan en el sistema. Está compuesto de dos bombas hidráulicas, de 5 HP, un motor eléctrico y otros accesorios montados y totalmente interconectados en un depósito de aceite con capacidad de 100 galones. Ambas bombas hidráulicas son de desplazamiento positivo, tipo veleta de bombas fijas. El rotor se maneja dentro del anillo por el eje conducido que se acopla al motor eléctrico. Como el autogiro del rotor, la fuerza centrífuga en las veletas los causa la superficie interna elíptica del anillo.

El movimiento radial de las veletas del rotor, permite que el fluido entre en la cámara aumentando la sección de la entrada del anillo, esto produce condiciones de presión atmosférica para forzar el fluido a entrar a la cámara. Los fluidos se entrapan entre las veletas más allá del diámetro grande cerca de la sección de los anillos, cuando el fluido a cruzado esta sección, el diámetro del anillo disminuye y el fluido se fuerza al sistema, alimentándolo de la presión necesaria de trabajo, asegurando además el sellado contra el anillo durante la operación normal.

La unidad de poder utiliza dos motores eléctricos de 5 HP como las fuentes del poder para el impulso de las bombas hidráulicas. Se conectan las primarias al juez de la salida del motor eléctrico a través del cuchillo que desconecta el interruptor del fusible. La unidad de poder esta provista de acumuladores de 5 galones conectados en las líneas de presión para prevenir arranques frecuentes y para detener el motor eléctrico.

El acumulador trabaja en conjunto con los iniciadores de presión para mantener la presión bastante constante en el sistema. Eso es si la presión vista por el acumulador y el interruptor está debajo de la presión de 450 psi el interruptor de presión cerrará permitiendo el poder eléctrico en los iniciadores del motor eléctrico. Cuando el acumulador alcanza la presión del sistema los contactos del interruptor de la presión abrirán cortando el poder eléctrico para detener el motor eléctrico, allí las presiones en el sistema se mantendrán a 450 psi y 700 psi.

Para proteger las cargas excesivas del sistema, la unidad del poder utiliza un diferencial del pistón tipo válvula de alivio suplente directa. Los diferenciales de presión están entre el pistón y el asiento. Cuando la presión excede su máximo valor (700 psi) se corrige la presión que viene de la válvula hacia el pistón de asiento que permite al fluido regresar al tanque.

La actuación libre del sistema depende de que el fluido se guarde limpio. Para este propósito debe colocarse una coladera doble que se pone en el lado de la succión de la bomba y el filtro de capacidad mayor se pone en la línea del retorno del depósito principal. La línea de succión debe proveerse de coladeras de protección inicial para la bomba así como los otros componentes. Esta protección es una unidad magnética de acero que es dos veces la capacidad requerida de aseguramiento contra la bomba cuando el filtro se estorba parcialmente. El imán del tipo cerámico grande es espacial, va colocado dentro del separador que permite al fluido hidráulico moverse a bajas velocidades a través del campo magnético poderoso. Las partículas metálicas son de color canela y tienen un tamaño de 1 micra que es el tamaño del fluido de separación; todas las partículas metálicas se adhieren a través de la acción de la viscosidad del fluido. Para la filtración del micrón nosotros instalamos un filtro lleno de flujo en la línea del retorno al depósito. El Filtro lleno de flujo también puede entrapar partículas muy pequeñas antes de que el fluido sea devuelto al depósito.

Los filtros llenos de flujo permiten al elemento de las válvulas abiertas una desviación de presión de gotas que desvía el flujo más allá del elemento del filtro.

Se diseña principalmente para el uso de la línea de retorno con una filtración nominal de unos 10 o 25 micras a través de la superficie del elemento filtrante. La desviación se abre cuando el flujo total puede atravesar el elemento filtrante y la presión se puede reestablecer.

Hay tres formas de mando en los tableros, adecuados cada uno con siete válvulas de mando direccional operadas manualmente con la presión bloqueada en la posición neutra. Además una luz roja y una luz verde a cada válvula direccional se adecuaron para indicar cuando la válvula está abierta. Las válvulas de mando direccional operadas manualmente, permiten que el fluido hidráulico fluya en una dirección o en otra. Hay palancas con nombres indicados para cada válvula direccional que indica la posición de la misma y el interruptor mandará una luz directamente al tablero de mando.

FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

Después de que la unidad de poder se ha instalado, el tanque está lleno de aceite, las válvulas colocadas en la línea de succión, se selecciona una combinación del motor eléctrico para poder iniciar el sistema. En esta prueba el circuito empezará activando el motor eléctrico dando inicio al funcionamiento de bombeo verificando que el control del interruptor del motor este cerrado.

Permite que la bomba trabaje aproximadamente 10 minutos con la válvula de presión cerrada y la válvula de descarga abierta, esto hará que el aceite recircule y evitara aire en el circuito para los movimientos de la bomba, ninguna bomba debe arrancarse sin aceite en su interior ya que se quemará de inmediato.

Cuando se bombean fluidos hidráulicos en el cheque del sistema todos los montajes deben verificarse para asegurarse que estén bien apretados y sin fugas. Una gotera en las líneas podría causar una baja de la presión, y con esto una pérdida de presión en el sistema. Cuando una bomba hidráulica ópera con el nivel de aceite bajo la bomba puede absorber aire lo que significa una cavitación al sistema, impidiendo a la bomba poder levantar la presión en el sistema. El nivel de aceite en el depósito debe elevarse al nivel indicado en el visor del tanque lo que evitará pérdidas de presión de la bomba. Las pérdidas de presión también pueden ser resultado del aceite sucio o la línea de succión rota.

Figura 19. Sistema actuador de válvulas



2.3 Comparativos de aplicación de transmisión hidráulica con otros tipos de transmisión de potencia

Hace aproximadamente 7 años en Ingenio La Unión S.A. en su proceso de molinos transmitían potencia por medio de turbinas de vapor, desde ese tiempo a la fecha utilizan transmisiones hidráulicas para el mismo fin. Las ventajas que el Ingenio ha obtenido de éste tipo de transmisión son las siguientes:

- Menos cantidad de combustible quemado, debido a la menor demanda de vapor en el proceso de molinos, teniendo un efecto de la recuperación de la inversión de los equipos en 1 año.
- Aumento de la producción de azúcar como consecuencia a las condiciones de funcionamiento de éstos sistemas hidráulicos (mayor potencia de trabajo, mayor cantidad de caña procesada y estabilidad funcional de los equipos).
- Avance tecnológico, permitiendo mejores controles de calidad de los procesos de producción de azúcar.

2.3.1 Fundamentos de las transmisiones hidráulicas

En términos generales una transmisión hidráulica se entiende por la cadena de transformación de diversas formas de energía, utilizando aceite a presión, para obtener como resultado final, un par de torsión y una velocidad angular, que puede ser aprovechada en varias aplicaciones dentro de los procesos de la empresa.

Un sistema hidráulico de transmisión de potencia tendrá como componentes principales una bomba de émbolo con desplazamiento positivo axial resistente a altas presiones de trabajo y un motor hidráulico de émbolo con desplazamiento positivo axial o radial, dependiendo si se desea altas velocidades y bajo par de torsión o bien baja velocidad angular y alto par de torsión. Los componentes para el control de la presión, el control de la velocidad, monitoreo de las diferentes variables, carga del sistema, enfriamiento, etc., complementan lo que en la actualidad representa, la forma más versátil de transmisión de potencia, la transmisión hidráulica.

2.3.1.1 Ventajas de las transmisiones hidráulicas

En el diseño apropiado de una transmisión hidráulica se tienen las siguientes ventajas:

- Se puede obtener fácilmente, un control de velocidad variable y sin escalonamientos, desde una velocidad cero hasta la máxima posible de diseño, a través de potenciómetros u otra señal procesada, mientras que el impulsor primario (motor eléctrico o turbina de vapor), se mantiene trabajando a una velocidad constante, para obtener la máxima eficiencia.
- Capacidad de invertir la rotación en forma rápida y fácil, a través de un interruptor de selección con seguro.
- Muy baja inercia de rotación y una manera rápida y precisa de limitar el par de torsión, lo que da como resultado, un daño mínimo si es lo que hay, del mecanismo impulsado (transportador, molino de caña, etc.), ya sea por atascamiento de material o por la presencia de pedazos de hierro, piedras, etc.
- Libertad en el diseño. El impulsor primario y la bomba hidráulica, pueden ser localizados en el mejor lugar que se juzgue conveniente, por lo que se pueden aprovechar mejor los espacios disponibles dentro de la fábrica.
- La posibilidad de incrementar la capacidad de los sistemas en el proceso con pequeñas modificaciones al sistema de la transmisión y en algunos casos, sin modificación alguna.
- Muy poco mantenimiento es requerido; en resumen, lo concerniente al cambio de elementos filtrantes cuando los monitores así lo indiquen y el análisis periódico del aceite hidráulico, para determinar el desgaste

potencial de algunos de los componentes y cuando dicho aceite deba ser cambiado.

- Las transmisiones hidráulicas son más eficientes que las transmisiones termo-mecánicas anteriormente utilizadas en el Ingenio, lo que significa un menor consumo de petróleo para quemar el bagazo en calderas o más bagazo disponible para otros fines.

2.3.2 Transmisiones hidráulicas aplicadas a los molinos de caña

Actualmente, existen cuatro opciones para impulsar a un molino de caña, mediante el uso de transmisiones hidráulicas:

- Transmisiones indirectas
- Transmisiones directas a la masa superior
- Transmisiones a cada una de las masas
- Transmisiones por motores múltiples a barra cuadrada

Además, existen dos opciones más para aplicar transmisiones hidráulicas en los molinos de caña que se les denomina transmisiones complementarias y que son:

- Transmisiones hidráulicas en cuarta masa
- Transmisiones hidráulicas en masas inferiores

Por motivos de la estructura del tandem de los molinos del ingenio se estudiarán las transmisiones hidráulicas en masas inferiores.

Transmisiones hidráulicas en masas inferiores

Los mismos criterios que nos llevaron a la conclusión de utilizar una transmisión hidráulicas si se cuenta con una cuarta masa en el molino de caña, son los que se basan en la decisión de utilizar este tipo de transmisiones para incrementar la potencia total instalada del molino y adecuarlo así para una mayor molienda por hora.

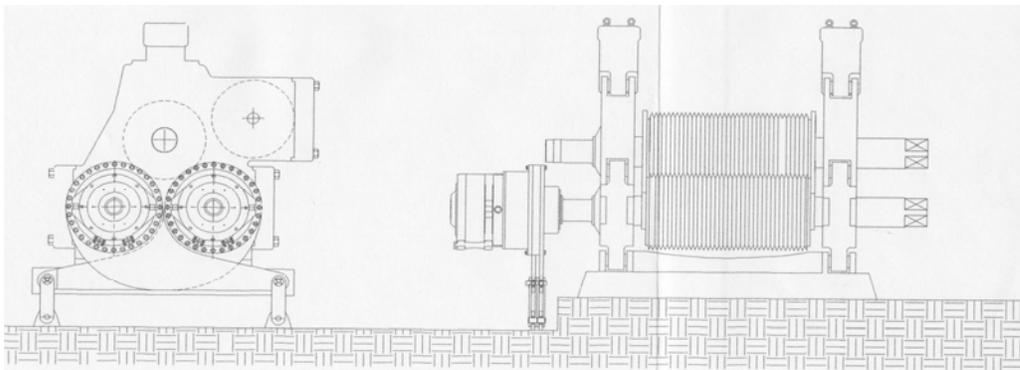
La tendencia actual del Ingenio La Unión S.A. es la de incrementar la molienda por hora del tándem y esto se logra aumentando en lo posible la velocidad del molino e incrementando la presión sobre la masa superior del mismo. El aumento de estos parámetros trae como consecuencia lógica un consumo mayor de potencia.

Incrementar la potencia instalada en un molino de caña, no resulta ser tan fácil como se escribe, pues prácticamente tiene que cambiarse el tren de transmisión, así como la turbina de vapor. Sin embargo, mediante las transmisiones hidráulicas existe una alternativa.

La transmisión termo-mecánica que anteriormente se utilizaba para impulsar a todo el molino, se mantiene tal cual fue instalada, para poder seguir transmitiendo la potencia a la masa superior a través de la barra cuadrada (acople mecánico para transmitir potencia de la turbina de vapor a las masas de los molinos). Los engranes entre las masas se eliminan, dejando por lo tanto las masas cañeras y bagaceras girando independientemente.

El movimiento de cada una de las masas, se realiza mediante una transmisión hidráulica instalada directamente en cada eje y podrá tener una velocidad variable desde 0 hasta la velocidad máxima de calculo, según sea la necesidad para obtener la mejor extracción. En conclusión, si los requerimientos actuales del ingenio, sugieren un incremento de potencia instalada para un molino, la manera más versátil y económica de realizarlo sin tener que hacer grandes modificaciones en la planta, es mediante la instalación de transmisiones hidráulicas a las masas inferiores. Por otra parte además, se deja preparado al molino para en el futuro recibir una transmisión hidráulicas en la masa superior, modernizándolo completamente bajo el esquema de transmisión independiente.

Figura 20. Montaje de motores hidráulicos en masas inferiores de los molinos



Fuente: Edward Coporación Enginer. **Montaje de equipos industriales.**_Pág. 28

2.3.3 Otras aplicaciones dentro del proceso de producción

De hecho, cualquier aplicación que requiere de alto par de torsión y baja velocidad o alta velocidad y bajo par de torsión, pueden diseñarse con el uso de una transmisión hidráulica; esto es que pueden ser impulsados con este tipo de transmisiones aprovechando sus ventajas.

Como ya lo analizamos, en los molinos de caña se utiliza un motor hidráulico con multiplicador para alcanzar los altos valores de par de torsión que es requeridos por la extracción. Sin embargo, no es esta la única opción con la que se cuentan con transmisiones hidráulicas.

Por ejemplo, mientras que en un molino son requeridas de 5 a 7 revoluciones por minuto, en las mesas conductoras de caña, el rango puede variar de 30 a 150 R.P.M en cuyo caso se utilizarán bombas hidráulicas sin ningún multiplicador aprovechando así su rango completo de velocidades.

En aplicaciones donde se requiere velocidades superiores, es decir de 300, 400 y más, el motor hidráulico a utilizar será de émbolo con desplazamiento axial, pero los beneficios de velocidad variable, diversos tipos de control, etc. se siguen manteniendo.

2.4 Instrumentos de control de los sistemas hidráulicos

La automatización y las operaciones de procesos continuos amplían el alcance y el uso de instrumentos tanto en forma individual como en sistemas de instrumentos para el control y las mediciones de las variables existentes en las instalaciones del Ingenio La Unión.

En su visión por crecer productivamente hablando, la necesidad de capacitar al personal técnico para la operación y mantenimiento de éstos instrumentos, teniendo como fin principal obtener registros de control y análisis del funcionamiento de cada sistema hidráulico que trabaja en el proceso de producción de azúcar.

2.4.1 Conceptos de control y sistema

La medición y el control automático pueden ser parciales, total o de alguna extensión intermedia. El control comprende siempre un valor preestablecido o predeterminado llamado punto fijo o de ajuste.

El sistema para medir y controlar económicamente cualquier desviación de la variable dentro del alcance y rango de los controles, de manera que se mantenga el valor predeterminado dentro de los límites escogidos con el objeto de producir un artículo de calidad. La medición automática y los sistemas de control operan con base en un principio de error, y establece un límite definido de su valor.

El sistema de medición detecta el error y produce una medición para indicar que se requiere un control manual, o bien, el propio medidor la realiza en forma automática mediante un sistema de control para corregirla. Normalmente, esto se logra mediante alguna forma de sistema de retroalimentación, anticipación o alimentación directa. La precisión necesaria en el control del sistema, al igual que la velocidad de respuesta para la acción correctiva en una aplicación en particular, determina tanto el tipo del sistema como su costo. Un dispositivo de medición debe captar o detectar algún parámetro físico utilizado en el proceso industrial, por ejemplo la presión, la temperatura, el nivel o el movimiento. Debe ser capaz de detectar con fidelidad y precisión cualquier cambio que ocurra en el parámetro detectado.

La precisión de una medición la afecta el error estático, el dinámico, la reproducibilidad y la zona muerta.

Error estático Se define como la desviación de la indicación o registro del dispositivo de medición en relación con el valor verdadero de la variable medida. El error estático no afecta cuando es más importante mantener una variable en un valor constante y reproducible en lugar de conservarla con un valor exacto.

Error dinámico Es aquel que se origina dentro del instrumento cuando mide un cambio de las condiciones de la variable. El tiempo de retardo se produce en condiciones dinámicas y debe tomarse en cuenta cuando se establece un sistema automático de mediciones y control. El error dinámico evita que el indicador o el registrador señale las condiciones reales del proceso.

Además de las características mencionadas, existen una zona muerta de una magnitud finita donde la variable puede cambiar sin que se detecte, y un tiempo muerto antes de que el sensor pueda detectar un cambio en la variable.

Reproducibilidad Significa que el valor medido se puede repetir en forma casi idéntica cada vez que se mide el valor de la variable. La respuesta instantánea y completa a un cambio en una variable es una situación ideal que no se ha logrado en ningún sistema. El tiempo necesario para que una respuesta tenga su efecto en el sistema se denomina retardo.

La demora o retardo que tiene una condición física con respecto a otra con la que está relacionada, mientras más rápida sea la respuesta del detector primario, la medición o la acción correctiva se podrá iniciar en forma más rápida.

2.4.2 Medidores de presión

Las mediciones de presión son de las más importantes que se hacen en el Ingenio, debido a que el vapor es la fuente de energía para la mayoría de equipos en los procesos en estudio. La cantidad de instrumentos que miden la presión puede ser mucho mayor que la que se utiliza en cualquier otro tipo de instrumento. Los principios que se aplican a la medición de presión se utilizan también en la determinación de temperatura, flujos y niveles de líquidos. La presión es una fuerza que se ejerce sobre una determinada área, cada vez que se ejerce, produce una deflexión, una distorsión o un cambio de volumen o dimensión.

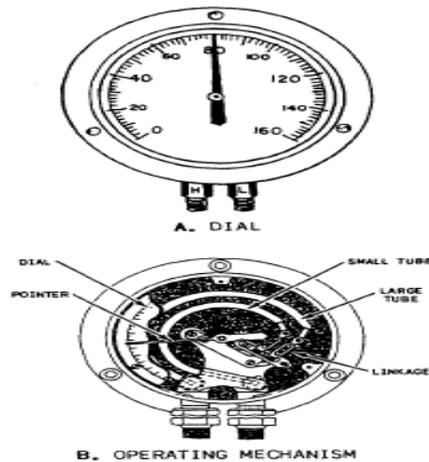
La presión se mide ya sea como un valor absoluto, que es la fuerza total ejercida, o como un valor diferencial, que es la diferencia algebraica entre el valor absoluto y el valor que se obtiene de considerar la atmósfera circundante en el tiempo y el lugar de la medición.

Medidores de tubo de Bourdon Probablemente es el medidor de presión más usado en el ingenio y se aplica tanto a presiones como en vacío. Por lo general el tubo bourdon se usa cuando el máximo del rango requerido sobrepasa $1,758 \text{ Kg/cm}^2$ para medir presiones y vacío combinados (sistemas de calderas y cogeneración), se usa para mediciones de presión continua que sobrepasa $3,515 \text{ Kg/cm}^2$ y que ascienden hasta 5625 Kg/cm^2 o para mediciones de presión más directas y especialmente cuando se producen fluctuaciones de presión repentinas que pueden hacer que los fuelles o los diafragmas normales se rompan (acumuladores de presión en el proceso de molinos de caña).

Se sella uno de los extremos del tubo y se le ajusta a un mecanismo indicador. Cuando la presión se aplica al extremo abierto del tubo, tiende a enderezarse a su forma original y produce la suficiente fuerza para mover un sector dentado u otro mecanismo indicador o de control. Se sujeta por su base fija de manera que la presión ejercida es proporcional a su movimiento.

Los sectores dentados u otros mecanismos tales como una banda tensa sirve para multiplicar la magnitud del movimiento del tubo y para hacer que la lectura de la medición sea más fácil de obtener y tenga una mayor precisión.

Figura 21. Diseño de un manómetro de tubo Bourdon



Fuente: Harold Soisson. **Instrumentos industriales**. Pág. 81

Manómetros electromagnéticos Este tipo constituye la combinación de fuelle mecánico, diafragma metálico y tubos bourdon con dispositivos eléctricos, sensores, indicadores, de registro o transmisión.

Transductores de presión En una interpretación real de la palabra transductor se puede decir cualquier dispositivo que convierte un tipo de movimiento o señal en otro. Los transductores que más se utilizan para detectar presiones son los que operan con base en los principios del extensómetro, o los transductores de tipo inductivo, piezoeléctricos, etc.

Transductores inductivos Son unidades magnéticas acopladas que se pueden usar para mediciones de presión, tanto diferenciales como manométricas.

Consiste en un diafragma u otro tipo similar de propulsor de autogeneración acoplado a un sistema balanceado de captación eléctrica que emite una salida de rango completo en milivolts en un circuito de puente en CA. Es un manómetro de metal de mercurio que utiliza una campana flotante para mover una varilla en forma ascendente y descendente dentro de una bobina dividida, diseñada para emitir una salida eléctrica proporcional al movimiento del flotador producido por los cambios de presión.

Transductores piezoeléctricos Se componen de materiales cristalinos que producen una señal eléctrica cuando se deforman físicamente por acción de una presión. Dos de los materiales cristalinos más usados que utilizan estos transductores son el cuarzo y el titanio de bario. Ambos soportan temperaturas continuas de hasta 120⁰ C.

Sus ventajas son su salida elevada, alta respuesta de frecuencia, autogeneración, cambio de fase despreciable y construcción resistente.

Algunos de los medidores de presión más utilizados en el ingenio son los que se presentan en la figura siguiente debido a la gran capacidad de funcionamiento dentro de un sistema y de las características que poseen para tolerar ambientes extremos.

Figura 22. Diferentes tipos de manómetros



Fuente: Aschroft. **Manual de instrumentos de medición.**_Pág. 35

2.4.3 Medidores de temperatura

La medición de la temperatura es de gran importancia en los sistemas hidráulicos ya que a valores elevados puede modificar el fluido de trabajo. Se necesita en cada caso que requiera la aplicación de calor o frío para el control de un proceso o una operación de fabricación. La precisión de la medición y la rapidez con que se pueda efectuar dependen de la aplicación. Esta aplicación también determina si es necesario usar un indicador simple o un registro o control más complejo. El termómetro de tipo líquido en vidrio es probablemente el que se conoce con mayor facilidad.

Los materiales que utilizan industrialmente son fluidos; como el aceite y otros líquidos que no se congelan; metales líquidos como el mercurio, gases y vapores.

Los termómetros también se construyen de metales que tienen un coeficiente de expansión o contracción adecuado o que representan un cambio en su resistencia eléctrica en proporción a una diferencia de temperatura.

Uno de los primeros requisitos para medir la temperatura es establecer una escala de temperatura que se pueda usar en el instrumento indicado.

Entre algunos de los termómetros usados en el ingenio están:

- Termómetros de líquido en vidrio
- Termómetros de líquido en metal
- Termómetros activados por vapor
- Termómetros activados por gas
- Termómetros bimetalicos
- Termistores (termómetros combinados con resistencias eléctricas térmicamente sensibles).
- Termopares (termómetros utilizados para medir temperaturas muy bajas donde se necesita una precisión adecuada).

Todos los elementos medidores de temperatura son de importancia dependiendo del tipo de trabajo que realicen, teniendo en cuenta las características del medio donde sean aplicados y a las temperaturas a las que sean sometidos.

Uno de los puntos más importantes que deben tenerse en cuenta para conservar la vida útil de estos instrumentos es el mantenimiento que se les realice y que las funciones que realicen sean las estipuladas por los fabricantes.

Figura 23. Diferentes tipos de Termómetros



Fuente: Aschroft. **Manual de instrumentos de medición.**_Pág. 45

2.4.4 Medidores de flujo

El flujo de fluidos en un proceso o sistema se puede medir mediante una gran variedad de métodos que dependen del fluido, el volumen, la precisión necesaria y el control requerido. Los principales métodos que se utilizan en la industria incluyen medidores de carga, de área, electromagnéticos, de desplazamiento positivo y de canal abierto.

Medidores de flujo de carga: Los medidores de flujo de carga constituyen el tipo de dispositivo más común que sirve para medir el flujo de gases y líquidos. Estos medidores determinan la presión diferencial en una restricción al flujo. La presión se puede relacionar con la fuerza por unidad de área y la carga conveniente en una función de la velocidad del flujo y la densidad del medio fluyente. Todas las ecuaciones aplicables se pueden derivar del teorema de Bernoulli, que establece que:

$$\rho v^2 / 2g + p = \text{una constante}$$

Cuando se coloca una restricción en una tubería, se crea una diferencia de presión, de manera que, en el caso de los fluidos no compresibles, la carga h se define como

$$H = V_2^2 - V_1^2 / 2g$$

Para crear la presión diferencial, esta restricción al flujo se genera mediante un tubo venturi, una boquilla, una placa de orificio o un tubo pitot. Los medidores de flujo de carga operan de acuerdo con el principio de la conservación de energía.

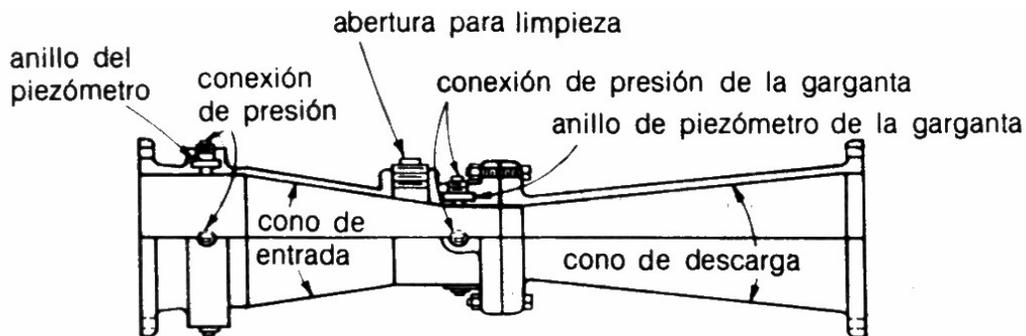
Tubo Venturi

Este tipo de restricción se usa cuando existen fluidos que contienen sólidos en suspensión. También se pueden usar para líquidos cuando se necesita una restricción mínima.

El tubo venturi es un dispositivo para medir flujos que por lo general, se inserta dentro de una tubería más o menos de la misma manera que cualquier otra sección de tubo. Se compone de una sección de entrada cuyo diámetro es idéntico al diámetro interno de la tubería a la que se conecta y que comunica al cono de convergencia angular fija (regularmente 21°). A su vez, el cono se conecta a una sección de garganta maquinada con precisión y que tiene dimensiones de diseño precisas. La garganta tiene el diámetro interno más reducido y se ensancha en el cono de salida.

El cono de salida tiene divergencia angular específica (regularmente de 7°), que es igual con la porción de salida del diámetro interno de la tubería en el sistema.

Figura 24. Sección transversal de tubo venturi



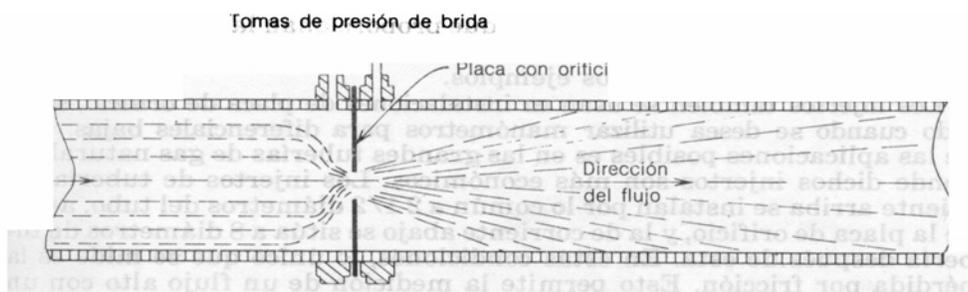
Fuente: Harold Soisson. **Instrumentos industriales**. Pág. 236

Placa de orificio

Es un dispositivo primario de medición de flujo que se usa a menudo, debido a su simplicidad, bajo costo de fabricación y facilidad de instalación. Se trata de una pieza de metal delgado con la suficiente resistencia para no pandearse bajo la presión diferencial que tiene que soportar estando en servicio.

Para asegurar resultados consistentes de medición, la cara de corriente arriba de la placa de orificio debe ser plana y perpendicular al eje del tubo una vez que queda instalada. El borde de corriente arriba del orificio debe estar a escuadra, en un corte limpio. El espesor del borde del orificio no debe ser mayor que $1/8''$ para aberturas mayores de $1/2''$ de diámetro y no mayor de $1/16''$ para aberturas más pequeñas que $1/2''$ de diámetro. Las placas de orificio siempre se montan en coples de bridas que se atornillan juntas. Las tomas de presión corriente arriba y corriente abajo casi siempre se montan en las bridas. La toma de alta presión se encuentra en el lado corriente arriba y la de baja presión va en el lado de corriente abajo.

Figura 25. Sección transversal de una placa de orificio



Fuente: Harold Soisson. **Instrumentos Industriales.** Pág.239

Existe una gran variedad de medidores de flujo en la industria en general, muchos de los instrumentos actuales poseen aplicaciones de control electrónico que permiten hacer los aparatos más eficientes y de mayor confiabilidad.

En la figura siguiente podemos observar algunos de los equipos de medición de flujo que utilizados en los procesos de producción del Ingenio, que tienen un control del funcionamiento por medio de sensores electrónicos que hacen más confiable y eficiente el equipo.

Figura 26. Tipos de medidores de flujo



Fuente: Aschroft. **Manual de instrumentos de medición.**_Pág. 56

2.5 Implementación del programa de mantenimiento a equipos hidráulicos

2.5.1 Conceptos de mantenimiento

El área de actividad del mantenimiento industrial es de vital importancia en el ámbito de la ejecución de las operaciones en la industria. De un buen mantenimiento depende, no sólo un funcionamiento eficiente de los sistemas hidráulicos, sino que además, es preciso llevarlo a cabo con rigor para conseguir otros objetivos como son el control del ciclo de vida de equipos sin disparar los costos destinados a mantenerlos.

Las estrategias convencionales de "reparar cuando se produzca la avería" ya no sirven. Fueron válidas en el pasado, pero ahora se es consciente de que esperar a que se produzca la avería para intervenir, es incurrir en unos costos excesivamente elevados (pérdidas de producción, deficiencias en la calidad, etc.) y por ello la empresa se planteó llevar a cabo procesos de prevención de estas averías mediante un adecuado programa de mantenimiento.

La evolución del mantenimiento se estructura en las cuatro siguientes generaciones:

1ª generación: Mantenimiento de averías. Se espera a que se produzca la avería para reparar.

2ª generación: Se empiezan a realizar tareas de mantenimiento para prevenir averías. Trabajos cíclicos y repetitivos de frecuencia normal.

3ª generación: Se implementa el mantenimiento a condición, es decir, se realizan monitorizaciones de parámetros de los equipos hidráulicos de los cuales se efectuarán los trabajos propios de sustitución o reacondicionamiento de los elementos

4ª generación: Se implantan sistemas de mejora continua de los planes de mantenimiento preventivo y predictivo, de la organización y ejecución del mantenimiento. Se establecen los grupos de mejora y seguimiento de las acciones.

Sistemas del tipo TPM (Mantenimiento Productivo Total)

Para que el proyecto de implementación, ajustes de programación preventiva y puesta a punto del sistema completo pueda dar buenos resultados, es necesario que el jefe de mantenimiento del Ingenio se comprometa con:

- Disponibilidad de tiempo de un empleado de mantenimiento por área de trabajo (mecánica, eléctrica, electrónica, otros), por lo menos cuatro (4) horas diarias mientras el proyecto está en proceso de parametrización y recolección de datos.
- Disponibilidad de por lo menos un computador de tiempo completo, donde el grupo de trabajo elegido, tanto personal interno como externo puedan acceder fácilmente con las debidas reglamentaciones que ello exige.

- Disponibilidad de tiempo del personal administrativo, involucrado con el departamento en cuestión, para el seguimiento de:
 - Cronogramas
 - Asignación y cumplimiento de tareas específicas,
 - Validación de datos y tareas ingresadas a la base de datos.

2.5.2 Tipos de mantenimiento

En el Ingenio La Unión, por su proceso continuo de trabajo durante el período de zafra, se tienen en cuenta 3 tipos de mantenimiento para asegurar al mínimo las pérdidas de tiempo efectivo de producción de azúcar, además asegura el buen funcionamiento de los sistemas hidráulicos. Los 3 tipos de mantenimiento son: mantenimiento de averías, mantenimiento preventivo y mantenimiento predictivo, los cuales se describen en los párrafos siguientes.

2.5.2.1 Mantenimiento de averías

Consiste en la aplicación de programas destinados a eliminar condiciones de trabajo indeseables en los sistemas hidráulicos cumpliendo con los reglamentos y normas del Ingenio. Este tipo de controles al ser aplicados en el Ingenio buscan detectar equipos con problemas, teniendo registros del funcionamiento de las máquinas en todo momento para conocer el grado y causas de los problemas para realizar inmediatamente la corrección adecuada.

2.5.2.2 Mantenimiento preventivo

Inspección periódica de máquinas y equipos, para evaluar su estado de funcionamiento e identificar fallas, además de prevenir y poner en condiciones el equipo para su óptimo funcionamiento (limpieza, lubricación y ajuste). Es también en este tipo de mantenimiento, en el que se reemplazan piezas para las cuales el fabricante del equipo ha identificado que tienen un número específico de horas de servicio.

2.5.2.3 Mantenimiento predictivo

Consiste en el monitoreo continuo de máquinas y equipos con el propósito de detectar y evaluar cualquier pequeña variación en su funcionamiento, antes de que se produzca una falla.

La nueva misión del mantenimiento es mantener la operación de los procesos de producción y servicio de las instituciones sin interrupciones no programadas que causen retrasos, pérdidas y costos innecesarios, todo ello al menor costo posible. Aquí es prioritario resaltar la importancia que tiene los términos calibración y metrología, dado que los equipos especializados de salud necesitan de estos procesos, dado el grado de complejidad y exactitud requerida en su funcionamiento.

2.5.2.4 Estructura del programa de mantenimiento

Objetivos del programa de mantenimiento

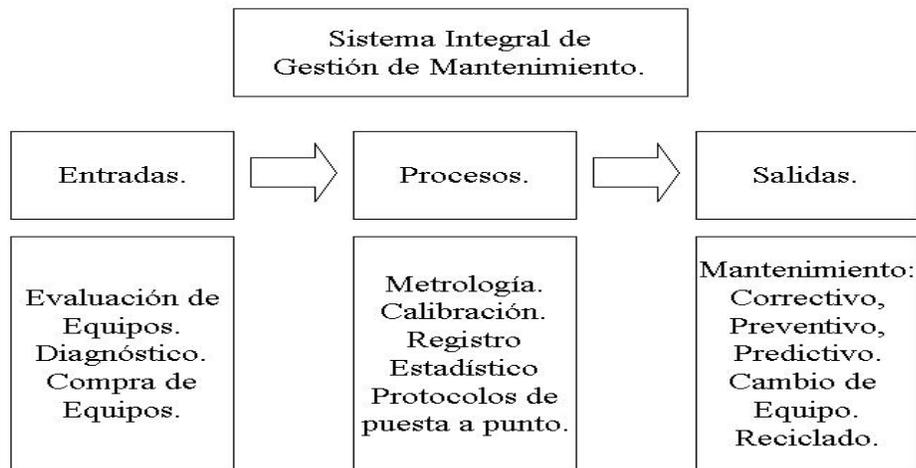
El sistema de mantenimiento busca lo siguiente:

- Prolongar la vida de los equipos hidráulicos que hacen parte de los procesos de producción de azúcar del ingenio.
- Optimiza las operaciones de los sistemas hidráulicos en situaciones de emergencia y crisis, disminuyendo las acciones correctivas en el lugar.
- Establece un programa de control de repuestos de equipos y accesorios hidráulicos destinado a resolver inconvenientes de funcionamiento de los sistemas que están trabajando en el proceso.

Para que el concepto de sistema de mantenimiento se cumpla, la unidad de mantenimiento debe intervenir en los procesos de compra de equipo, almacenamiento, reciclaje y en los procesos para determinar la vida de baja de equipos y elementos que ya han cumplido sus ciclos de vida.

En el diagrama se puede apreciar las entradas, procesos y salidas del sistema de mantenimiento:

Figura 27. Diagrama del proceso de implementación del programa de mantenimiento



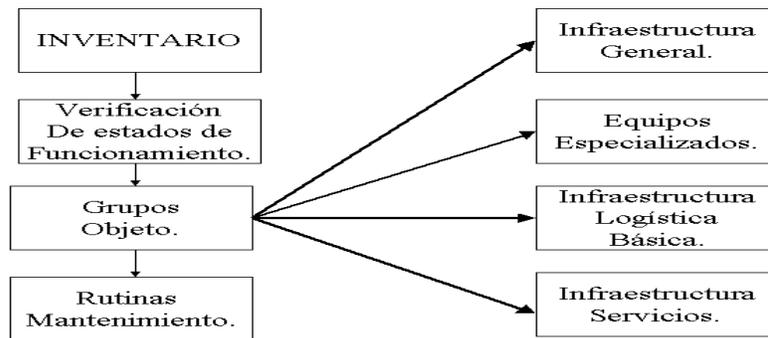
Fuente: **Tópicos de mantenimiento.** www.mantenimientoindustrial.com

Estrategias para la implementación de un sistema de mantenimiento:

¿Qué hacer para trabajar aceptablemente en este nuevo entorno económico que exige eficiencia y eficacia en los procesos de productividad? El mantenimiento de averías, preventivo y predictivo están al orden del día. El mejoramiento continuo es una necesidad ineludible si se quiere asegurar la calidad del azúcar que se produce.

La implementación del sistema de mantenimiento se debe realizar por medio de un proceso integral de gestión de información.

Figura 28. Diagrama del proceso de seguimiento del programa de mantenimiento



Fuente: **Tópicos de mantenimiento.** www.mantenimientoindustrial.com

El procedimiento para establecer el programa de mantenimiento debe registrarse por los siguientes pasos.

- Para que el programa de mantenimiento sea lo suficientemente efectivo, se necesita realizar un adecuado diagnóstico y evaluación de la capacidad económica y tecnológica del ingenio. Tal evaluación tiene los siguientes componentes: Inventarios actualizados de equipos, estado de funcionamiento, grado de obsolescencia de equipos, historial de mantenimiento y funcionamiento, metodologías y sistemas de almacenamiento y transporte, historial operativo y de capacitación del personal que ha utilizado el equipo, sistemas de control y seguimiento del uso, manejo y mantenimiento de los

equipos que forman parte de las diferentes redes logísticas de la institución.

- Establecimiento de un compromiso para suministros con los proveedores, para facilitar la obtención de repuestos y servicios de mantenimiento. Este compromiso busca garantizar repuestos y servicios de mantenimiento para los equipos del ingenio. Los proveedores de equipos hidráulicos del ingenio deben cumplir con los siguientes requisitos para cumplir con la eficiencia de entrega de equipos hidráulicos: Tener respaldo y cubrimiento nacional e internacional, además de tener respaldo de los productos que vende.
- Implementación de un sistema de calidad como acción preventiva en la utilización de los diferentes equipos hidráulicos en los procesos que hacen parte del Ingenio. Se deben documentar y clasificar los equipos en relación con el proceso donde trabajan, programas de capacitación en uso, manejo y mantenimiento de equipos hidráulicos, control de reservas de repuestos para el reemplazo de equipos que ya han cumplido su vida útil.
- Para complementar y garantizar el éxito de la implementación del programa, se debe desarrollar un plan de capacitación continua, el cual busca fortalecer los conceptos adquiridos, reevaluar y replantear las metodologías de mantenimiento preventivo utilizadas actualmente, aumentar la cantidad de personal técnico especializado disponible para la ejecución del programa y normalizar los diferentes procesos de mantenimiento.

En la figura siguiente se puede apreciar las áreas de acción del sistema de mantenimiento:

Figura 29. Diagrama de las áreas de acción del programa de mantenimiento



Fuente: **Tópicos de mantenimiento**, www.mantenimientoindustrial.com

Finalmente se debe mantener un sistema de control, seguimiento, evaluación y retroalimentación constante, el cual se realizaría periódicamente.

Para el éxito en el desarrollo del programa de mantenimiento, el Ingenio debe poner a disposición los siguientes recursos:

- Sistemas de información para el control y seguimiento sistematizado de las diferentes actividades del Programa de mantenimiento de averías, preventivo y predictivo.
- Personal con experiencia en el uso, manejo y mantenimiento de equipos.

Control del proceso de sistema de mantenimiento:

Se deben identificar y planificar los procesos de mantenimiento y se debe asegurar que éstos procesos se ejecutan de manera controlada, éstas condiciones controladas deben incluir lo siguiente:

- Procedimientos documentados que definan la forma de mantenimiento.
- Uso de equipos adecuados y ambientes adecuado para operaciones de mantenimiento.
- Conformidad con las normas, códigos de referencia, planes de calidad y procedimientos documentados de mantenimiento preventivo.
- Monitoreo y control de parámetros (variables de funcionamiento de los sistemas hidráulicos) adecuados para los procesos que integran el programa de mantenimiento.

Cuando los resultados del mantenimiento no se pueden verificar plenamente por inspección y ensayo posterior y, cuando , las deficiencias en el mantenimiento únicamente pueden hacerse evidentes después de que el equipo se encuentra en uso, el mantenimiento debe ser realizado por operadores especializados o necesitará seguimiento y control continuo para asegurar que el mantenimiento cumpla con los parámetros especificados.

Sea cual fuere el tipo de mantenimiento a aplicar, se deben establecer y mantener actualizados procedimientos para aplicar acciones correctivas y preventivas en mantenimiento.

Cualquier acción correctiva o preventiva que se tome debe ser de un grado adecuado que garantice la completa funcionalidad del equipo hidráulico durante las operaciones de emergencia.

Se deben aplicar y registrar cualquier cambio a los procedimientos documentados, resultante del mantenimiento de averías y preventiva. Los documentos de control juegan un papel importante en el proceso de funcionamiento del programa de mantenimiento, por ello debemos establecer documentos que permitan verificar el seguimiento del programa.

Hojas de vida de los equipos:

Las hojas de vida de los equipos garantizarán un adecuado inventario de los diferentes elementos, lo cual facilitará el manejo de los mismos y su mantenimiento. Como podemos ver un ejemplo del tipo general de las hojas de control de vida que hay en el Ingenio para los equipos hidráulicos que trabajan en el proceso.

Toda hoja de vida de equipos para control de mantenimiento tiene la siguiente información:

- Nombre del equipo, marca, color y serie.
- Fecha de recepción del equipo, condiciones de funcionamiento.
- Componentes del equipo.
- Usos del equipo.

- Combustibles y aceites que se necesitan para el funcionamiento.
- Listado de repuestos y proveedores.
- Duración de las garantías.
- Precauciones en su utilización.
- Historial operativo de emergencias.
- Personal especializado en su utilización.
- Historial de traslados.
- Historial de mantenimiento.
- Procedimiento para puesta a punto.
- Fechas de limpieza, inspección visual y reemplazo de piezas defectuosas.
- Fechas de cambio de aceites y combustibles.
- Personas responsables del mantenimiento y operación del equipo.

2.5.3 Mantenimiento en época de reparación

2.5.3.1 Análisis de tiempos perdidos

El análisis de tiempos perdidos es una parte del proceso de mantenimiento que permite obtener resultados por medio del análisis de los problemas que han sucedido durante el período de producción. Durante el tiempo total de la zafra (Período de producción de azúcar) se documentan todos los problemas que se tienen y el tiempo que éstos duran, además de la repetitividad con la que ocurren.

Al finalizar el período de producción, se hace un análisis de cada problema para saber las causas, el tipo de trabajo que se realizó para su reparación y el tiempo que llevó hacerlo. Con este documento y el análisis subsiguiente podemos saber cuales las condiciones que prevalecieron (temperatura, presión, mala condición de los fluidos, contaminación, etc.) para que el equipo hidráulico fallara.

La siguiente tabla indica la forma en que se documentan los datos obtenidos durante la zafra para poder hacer el análisis que se desea.

Tabla I. Registros de control de tiempos perdidos

Causa	Tiempo/min	Frecuencia
Atorarse chute de molino 1	100	30
Formarse colchón de bagazo en donelly de molino No. 5	107	28
Arreglo de transmisión de donelly de molino No. 6	69	22
Formarse colchón de bagazo en donelly del molino No. 2	2	1
Meter a línea molino No. 2	55	1
Disparo del conductor de donelly del molino No. 3	3	2
Se embagaza masa superior del molino No. 2	3	22
Motor hidráulico del molino No. 3 tiene fuga de aceite	40	1
Puntear molino No. 2, se embagazó masa superior	12	3
	Total: 391 min.	

Podemos tomar una condición para explicar la forma de analizar los equipos hidráulicos por éste método de análisis de tiempos perdidos. Por ejemplo, la condición indicada como: Motor hidráulico del molino 3 tiene fuga de aceite en la carcasa. El tiempo de reparación fue de 40 minutos debido a que éste motor tenía un empaque del cárter corrido por algún golpe recibido por la variación de carga de caña en el molino. El depósito del motor recibió la cantidad de aceite nuevo para compensar la pérdida sufrida por el desperfecto. Al analizar este problema se indicó que las cargas extremas de los molinos solo podían ser absorbidas por éstos motores en condiciones preestablecidas. Al igual que en el área de molinos en todos lo procesos se llevan a cabo para saber cuanto tiempo se perdió de producción neta.

2.5.3.2 Control y revisión sistemática

Durante el desarrollo de las reparaciones realizadas, se mantendrá una revisión diaria y semanal del avance de los trabajos y de sus problemas, para tomar con tiempo las medidas que garanticen que se pueda completar en tiempo y forma los trabajos de reparación.

Además de que toda la información recopilada de los trabajos de reparación serán documentados para tener un historial que permita una retroalimentación en las reparaciones siguientes.

2.5.3.3 Sistema de control de la reparación

El sistema que existe brinda el control del avance de las reparaciones de los sistemas hidráulicos. De esta manera se tiene de antemano, diariamente como semanalmente los porcentajes de avance físico de las reparaciones realizadas, obteniendo resultados como:

- Porcentaje de ejecución planificada y real de la reparación del equipo hidráulico.
- Porcentaje de utilización del tiempo planificado en horas-hombre.
- Porcentaje del cumplimiento de lo planificado para cada uno de los equipos utilizados en el proceso.
- Control del personal a cargo de los trabajos de reparación, específicamente si fueron parados, fueron trasladados a otros equipos o si se encuentran atrasados.

El sistema brinda la información detallada del proceso de reparación al jefe inmediato.

2.5.3.4 Constancia de calidad de la reparación

La constancia de calidad no es más que la documentación recopilada de la reparación en los equipos en el período de mantenimiento, permitiendo obtener todos los datos necesarios para saber el estado de los equipos.

Esta constancia de calidad tiene como objetivo principal:

- Sirve como una orden de trabajo de reparación ya que debe ser llenado antes de comenzar las reparaciones entregándose al mecánico encargado o responsable de la reparación del equipo, con los detalles de los trabajos o trabajo que deben realizar.
- El mecánico responsable del trabajo, garantiza mediante la documentación, las condiciones en las que ha quedado el equipo, los trabajos realmente efectuados y los problemas que pueda presentar el equipo en el futuro, de acuerdo con la reparación efectuada.
- Una vez el jefe inmediato tenga los documentos, podrá clasificar los equipos que han quedado deficientes para darles prioridad en la medida que se resuelvan los problemas de material, o de otra índole.

2.5.4 Mantenimiento en época de zafra

2.5.4.1 Memorias o historial

Se ha habilitado un libro para que, por turno, los supervisores de mantenimiento de áreas, anoten todo lo que ocurre en su jornada de trabajo. Han de detallar cualquier aspecto que sea importante. Aún cuando no hayan ocurrido problemas será siempre necesario firmarlo. Se aconseja llevar este libro por cada una de las áreas existentes.

Es importante anotar en este libro los siguientes aspectos:

- Trabajos pendientes no realizados
- Trabajos que el jefe de mantenimiento considere necesario hacer
- Trabajos que deben realizarse en el taller de maquinaria como seguimiento de los anteriores y su fecha de entrega.
- Trabajos realizados para dejar constancia de lo hecho para registro de la reparación.

2.5.4.2 Inspección por turnos

Para mantener un control preventivo de las condiciones de los equipos hidráulicos con los que cuenta el proceso, se establecen inspecciones por turno. Estas inspecciones brindan una información que será de mucho valor para prevenir defectos en los equipos durante la zafra, mejorando la ejecución de los trabajos en las paradas programadas. La inspección debe realizarse, como mínimo, una vez por turno y la misma la realizará el mecánico encargado del turno. Es importante que los que hagan esta inspección tengan los conocimientos necesarios para detectar cualquier falla o anomalía en el funcionamiento de los equipos hidráulicos. Todas las fallas que se encuentren en los equipos deberán ser anotadas en el libro de memorias.

2.5.4.3 Control de repuestos básicos y críticos

Se les denomina repuestos críticos y básicos los destinados a sustituir aquellas piezas cuyo desgaste afecta o paralice el proceso de producción.

Dadas las características del ingenio azucarero, donde no existe doble línea de producción o doble equipamiento para sustituir por defectos, los repuestos críticos y básicos juegan un papel decisivo en el mantenimiento y reducen considerablemente el tiempo perdido de la zafra por defectos de los equipos.

Entre los principales repuestos podemos mencionar:

- Lubricantes del tipo indicado de cada equipo
- Mangueras de alta presión hidráulica
- Filtros de aceite
- Juegos completo de repuestos de equipos usados en el proceso
- Válvulas de accionamiento
- Instrumentos de medición (manómetros, termómetros, etc.)

CONCLUSIONES

1. El análisis del diagnóstico efectuado a los equipos hidráulicos implementados en los procesos de producción de azúcar, indicó que la eficiencia y el rendimiento de dichos equipos han mejorado en un 50 % con relación a años anteriores. Al utilizar equipos hidráulicos para transmisión de potencia en comparación con transmisiones termo-mecánicas permitió mejorar las condiciones de funcionamiento de los procesos donde se aplican ya que permiten aumentar la producción de azúcar por las características que éstos equipos presentan, además, permitieron mejorar los controles de calidad debido a la automatización que presentan los equipos actuales. Se obtuvo, además, reducciones de tiempos perdidos y de costos por mantenimiento como efecto de la eficiencia que los equipos presentan, obteniendo un resultado efectivo de producción de azúcar del 40 % mayor que en años anteriores.
2. El diseño de la guía de selección y aplicación de equipos hidráulicos para los diferentes procesos de la empresa se estructuró como un documento de procedimientos para seleccionar la mejor opción de una máquina hidráulica para un determinado proceso, buscando obtener el máximo rendimiento para máquina y una mayor eficiencia del proceso donde se aplique. La documentación es un factor determinante para sistemas de control de calidad, de este fundamento se establecieron las bases del proyecto que permitió obtener registros que pueden sustentar cualquier análisis que se haga del funcionamiento del sistema completo de la empresa con relación a los sistemas hidráulicos.

3. Al establecer el programa de mantenimiento se proporcionó una herramienta de análisis y control que permite documentar las condiciones de funcionamiento de los equipos hidráulicos así como para mantener sus rendimientos en valores máximos, minimizando reparaciones inesperadas o no programadas y evitando pérdidas de equipos por la poca información de las operaciones que estos equipos proporcionan al personal de mantenimiento. Por ser un programa establecido para obtener resultados a largo plazo, éstos resultados se obtendrán en un comparativo de la vida efectiva de trabajo de los equipos y la vida útil para la cual fueron diseñados por los fabricantes.

RECOMENDACIONES

1. Capacitar al personal a cargo de mantenimiento sobre información técnica de los equipos que forman el proceso, para asegurar que el mantenimiento que se les da cumpla con los requerimientos mínimos establecidos por los fabricantes.
2. Uno de los puntos más importantes que podría establecerse es, un sistema de ingreso de datos donde se permita llevar un control de los parámetros de los equipos hidráulicos, por ejemplo los motores hidráulicos de transmisión de potencia de los molinos, por ser un equipo de alto costo, debe controlarse a variaciones de tiempo establecidos, la información podría ser ingresada en el lugar y mantener la información en la red para que los jefes de área puedan saber cuando existe una variación que exceda los valores límites establecidos.
3. Establecer los parámetros de selección de los equipos hidráulicos en forma de documentación que se encuentre al alcance de todo el personal de mantenimiento, además documentar los cambios realizados en cualquier equipo, ya que esta información permite llevar un control del funcionamiento durante su tiempo efectivo de trabajo, y permitirá evaluar el desempeño de éstos con relación a las condiciones del proceso.

4. Implementar un registro paralelo de los repuestos existentes en bodega de cada uno de los equipos y accesorios hidráulicos que trabajan en el sistema, para permitir que las acciones de mantenimiento sean en el mínimo de tiempo y con la mayor eficiencia posible.

BIBLIOGRAFÍA

1. Soisson, Harold E. **Instrumentación industrial**, 3era edición, México, Editorial Limusa, 1,990. 550pp.
2. **Manual de transmisión de potencia**, Estados Unidos, s.e. 1,998. 195pp.
3. Pope, J. Edward. **Soluciones prácticas para el ingeniero mecánico**, México, Editorial Interamericana McGraw-Hill, 2,000. 405pp.
4. Mataix, Claudio. **Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas**, 2da. Edición, México, Editorial Harla, 1,982. 660pp.
5. Severs, Degler y otros. **Energía mediante vapor, agua y aire**. 5ª edición, México, Editorial Reverté, S.A., 1,991. 503pp.
6. Recinos Martínez, Jorge Alfredo. Montaje, operación y mantenimiento del virador móvil del Ingenio Santa Ana S.A. Tesis Ing. Mec. Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2002. 96pp.
7. Melgar Samayoa, Ennio Hugo. Eficiencia de calderas acotubulares del Ingenio La Unión S.A. Tesis Ing. Mec. Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1994. 101pp.

8. Baumeister, Theodore. **Manual del ingeniero mecánico**, 8ª. Edición, México, Editorial Mcgraw-Hill, 1,992. 18-34pp
9. Spencer-Meade. **Manual del azúcar de caña**. s.l. España, Editorial Montaner y Simón. s.a. 800pp.
10. Zubicaray, Manuel V. **Bombas, teoría, diseño y aplicaciones**. 2ª. Edición, México, Editorial Noriega-Limusa, s.a. 175pp.

ANEXOS

ANEXO 1. SIMBOLOGÍA HIDRÁULICA



LÍNEA DE PRESIÓN HIDRÁULICA



LÍNEA DE PRESIÓN PILOTO O DE DRENAJE



FILTRO DE ACEITE



FILTRO DE ACEITE CON VALVULA CHECK INTEGRADA



BOMBA HIDRÁULICA - DESPLAZAMIENTO FIJO



BOMBA HIDRÁULICA - DESPLAZAMIENTO VARIABLE



*BOMBA HIDRÁULICA - DESPLAZAMIENTO VARIABLE
CON PRESIÓN COMPENSADA Y DRENAJE EXTERNO*



*BOMBA HIDRÁULICA - DESPLAZAMIENTO VARIABLE
ENTREGA DE CAUDAL EN AMBOS PUERTOS "A" Y "B"
CON DRENAJE EXTERNO*

SIMBOLOGÍA HIDRÁULICA



VALVULA DE ALIVIO CON VALOR DE APERTURA FIJO



VALVULA DE ALIVIO CON VALOR DE APERTURA REGULABLE



VALVULA CHECK O ANTI-RETORNO



VALVULA CHECK O ANTI-RETORNO CON RESORTE



CONTROL DE DIRECCION DE DOS POSICIONES, DOS VIAS



CONTROL DE DIRECCION DE DOS POSICIONES, TRES VIAS



CONTROL DE DIRECCION DE DOS POSICIONES, CUATRO VIAS



CONTROL DE DIRECCION DE TRES POSICIONES, CUATRO VIAS

ANEXO 2.

TABLA II. Registro de control de equipos hidráulicos.

HOJA DE CONTROL HIDRAULICOS DE MOLINOS

FECHA: DIA DE ZAFRA:

HORA: HOJA No :

LUGAR	MOLINO 1	MOLINO 2	MOLINO 3	MOLINO 4	MOLINO 5	MOLINOS
BOMBA HIDRAULICA						
Presión de carcaza						
Presión carga						
Presión de trabajo						
Temperatura Tanque						
Temperatura Carcaza						
Temperatura Puerto B						
Temperatura Puerto A						
MOTOR HIDRAULICO						
Presión de carcaza						
Presión de trabajo						
Presión Retorno						
Temperatura Puerto A						
Temperatura Puerto B						
Temperatura Carcaza						
AGUA EN ENFRIADOR						
Flujo en GPM						
Temperatura entrada						
Temperatura salida						
ACEITE EN ENFRIADOR						
Temperatura entrada						
Temperatura salida						
TURNO 1	TURNO 2	TURNO 3				