

ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO

ESPE – LATACUNGA

**Facultad de Ingeniería de Ejecución
en Electromecánica**

PROYECTO DE GRADO

**MANTENIMIENTO MAYOR Y AUTOMATIZACIÓN
DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALDERO EN
LA EMPRESA MOLINOS POULTIER S.A.**

FREIRE AGUILAR FABIAN PATRICIO

Latacunga, junio del 2003

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el señor FABIAN PATRICIO FREIRE AGUILAR, bajo nuestra dirección, como requerimiento parcial a la obtención del título de INGENIERO DE EJECUCIÓN EN ELECTROMECAÁNICA.

Junio del 2003

Ing. Wáshinton Freire
DIRECTOR

Ing. Juan Castro
CODIRECTOR

DEDICATORIA

Este trabajo esta dedicado a mi madre Lucila Aguilar, quien nunca dejó de creer en mí y me apoyó bajo cualquier circunstancia. A las personas que me brindaron su ayuda y su tiempo, mi padre Segundo mis hermanos Carlos, José, Rosita y Vinicio.

AGRADECIMIENTO

De manera especial a la empresa MOLINOS POULTIER S.A. por proporcionarme todo lo necesario para la ejecución de este proyecto, al departamento de mantenimiento y al personal del molino de maíz por compartirme sus conocimientos.

INDICE

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN GENERAL	1	
1.1	Introducción	1
1.2	Generalidades	1
1.3	Antecedentes	2
CAPITULO II: DIAGNOSTICO DEL SISTEMA ACTUAL	4	
2.1	Diagnóstico de sistema	
2.2	Conceptos básicos	4
2.2.1	Importancia del mantenimiento en la Industria	4
2.2.2	Disponibilidad de operación de una máquina	5
2.2.3	Objetivos básicos del mantenimiento industrial	6
2.2.4	Organización del mantenimiento	7
2.2.5	Tipos de mantenimiento	8
2.2.5.1	Mantenimiento Correctivo	8
2.2.5.2	Mantenimiento Mejorativo	8
2.2.5.3	Mantenimiento Preventivo	9
2.2.5.4	Mantenimiento Predictivo	9
2.2.5.5	Mantenimiento Programado	9
2.2.6	Operaciones del mantenimiento preventivo	10
2.2.7	Lubricación	13
2.2.8	Ajustes y overhauls	13
2.2.9	Clasificación y ubicación de las tareas de mantenimiento	14
2.2.10	Terminologías utilizadas en los programas de mantenimiento	15
2.2.11	Calderos	16
2.2.3	Especificaciones técnicas del caldero	19
2.2.4	Sistema de combustible	20

2.2.5	Sistema de agua	22
2.2.6	Sistema de Control	25
CAPITULO III		27
3.1	Cambios recomendados en la estructura del caldero	27
3.1.1	Razones para efectuar el mantenimiento y el cambio de programador	27
3.1.2	Procedimiento de para del caldero	28
3.1.3	Pasos realizados en la inspección	29
3.1.4	Trabajos y cambios recomendados	32
3.2	Necesidades para el cambio del sistema de control	34
3.3	Análisis de programadores para calderos piro tubulares	36
3.3.1	Sistema de control universal con controlador DL06 KOYO	36
3.3.2	Programador Honeywell RM7895	37
3.3.3	Programador Firecol AP3-A	40
3.3.4	Programador Honeywell RM7800L	42
3.4	Análisis económico	46
3.4.1	PLC DL06 KOYO	46
3.4.2	Programador Honeywell RM7895	47
3.4.3	Programador AP3-A	48
3.4.4	Programador Honeywell RM7800L	49
3.5	Selección del Programador	50
3.5.1	Tabla de comparaciones	50
3.5.2	Tabla de selección	51
3.6	Implementación y pruebas	52
3.6.1	Requerimientos mecánicos	52
3.6.2	Requerimientos eléctricos	53
3.6.3	Diagrama de instalación del programador	55
3.6.4	Identificación de terminales	56
3.6.5	Señales de control	57

3.6.6	Indicadores	57
3.6.7	Descripción de operación	58
3.6.8	Diagrama de proceso de encendido	60
3.6.9	Precauciones al realizar las pruebas	60
3.6.10	Localización de averías	62
CAPITULO IV OPTIMIZACIÓN EN LA UTILIZACIÓN DE VAPOR		65
4.1	Generación de vapor	65
4.2	Diagrama de la utilización de vapor en el proceso	66
4.3	Medición de los principales parámetros	67
4.4	Registro de datos	67
4.5	Soluciones para evitar las pérdidas del sistema de vapor	70
4.5.1	Disminución de calor sensible en las purgas	70
4.5.2	Evitar exceso de aire	76
4.5.3	Aislamiento adecuado del caldero	77
4.5.4	Plan de operación y mantenimiento	77
CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		89
5.1	Conclusiones	89
5.2	Recomendaciones	91
	Bibliografía	92

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 2.1	Caldero
ANEXO 2.2	Caldero piro-tubular
ANEXO 2.3	Sistema de control Fireye
ANEXO 3.1	Inspección por paso de hombre
ANEXO 3.2	Tapa delantera y elementos
ANEXO 3.3	Inspección de espejo refractario
ANEXO 3.4	Daños en estructura y ladrillos refractarios
ANEXO 3.5	Perforación en tubos
ANEXO 3.6	Bombas de aire y combustible
ANEXO 3.7	Análisis químico de agua
ANEXO 3.8	Base y espejo refractario nuevo
ANEXO 3.9	Tubos nuevos
ANEXO 3.10	Colocación de tubos de fuego
ANEXO 3.11	Expandido de tubos de fuego
ANEXO 3.12	Tapas de acceso de manos
ANEXO 3.13	Proforma PLC DL06 KOYO
ANEXO 3.14	Proforma Honeywell 7895
ANEXO 3.15	Proforma AP3-A
ANEXO 3.16	Proforma Honeywell 7800
ANEXO 3.17	Diagrama de proceso de encendido
ANEXO 3.18	Recuperación económica
ANEXO 4.1	Cabezote y accesorios
ANEXO 4.2	Vapor en el proceso de molienda

CAPITULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de este proyecto cuyo tema es el MANTENIMIENTO MAYOR Y AUTOMIZACION DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALDERO beneficiará directamente a la empresa Molinos Poulthier S.A. y especialmente al molino de maíz en el cual se produce la harina precocida Maízabrosa.

1.2.- GENERALIDADES

Molinos Poulthier S.A. imponente estructura y denominada desde sus inicios como Cununyacu, por el río del mismo nombre que lo abastecía de agua, permitiendo así el funcionamiento de sus instalaciones.

El antiguo molino conocido ahora como Poulthier ha trabajado por años y años en la industrialización de la harina de trigo para consumo nacional.

Su alta tecnología y la presencia de personal altamente calificado, hace de MOLINOS POULTIER S.A. una institución de prestigio en el país.

El elevado costo de la vida, nos pone a pensar en la necesidad de volver a los antiguos regímenes alimenticios, produciendo nuestros propios alimentos, impulsando la producción y desarrollo nacional

Estos factores motivaron a la empresa privada y más concretamente a Molinos Poulthier S.A. a proponer una alternativa con la industrialización y lanzamiento al mercado de la harina precocida de maíz denominada Maízabrosa.

1.3.- ANTECEDENTES

Parte del antiguo molino se ha transformado hoy en un molino de maíz. Internamente un 20% de la maquinaria que se utiliza para el procesamiento del maíz es nueva, el 80% restante es equipo antiguo molidor de trigo, que ha sido acondicionado por personal técnico ecuatoriano.

El molino tiene una capacidad de producción de 40 toneladas al día, mientras que la producción al año de 9000 toneladas. El proceso de pre-cocido de maíz se lo realiza ha través de vapor de agua, el cual es suministrado por un caldero de marca Powermaster de 100 BHP el mismo que fue traído desde la ciudad de Guayaquil y mediante varios arreglos puesto en funcionamiento en el molino B denominación para designar la infraestructura del proceso de maíz.

El maíz es seleccionado y comprado en el interior de nuestro país, el cual por su consistencia y dureza proporciona el 56% de harina y 44% se le denomina subproducto el cual es vendido para alimento de ganado porcino y detonante para municiones.

La harina precocida Maízabrosa tiene una expansión de 6 a 8 cm de acuerdo a su escala de 12 a 13% la misma que es cocinada a base de vapor a una temperatura de 80°C.

Por los años de funcionamiento del caldero y de acuerdo a los análisis de agua, inspección de tubos y problemas que se ha presentado en el programador electromecánico del mismo, fue necesario iniciar con el mantenimiento general del caldero y la automatización, para garantizar mediante los trabajos a

realizarse en toda su estructura el funcionamiento y normal producción de harina precocida Maízabrosa.

CAPITULO II

2.1.- DIAGNOSTICO DEL SISTEMA ACTUAL

En esta sección recordaremos algunos conceptos básicos importantes referentes a los tipos de mantenimientos, conceptos de calderos; especificando los datos técnicos en los sistemas de combustible, agua y control lo que nos ayudaran a evidenciar las acciones necesarias a tomarse.

2.2.- CONCEPTOS BÁSICOS

2.2.1. IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO EN LA INDUSTRIA

En la práctica es imposible encontrar una máquina o equipo que no necesite mantenimiento. Así para producir o fabricar, se requieren de máquinas y equipos que con la acción del tiempo y del uso están sujetos a un proceso irreversible de desgaste y envejecimiento, de una degradación de eficiencia técnica así como de una obsolescencia tecnológica.

Por lo tanto, para aliviar estos males inevitables se necesita equiparar la vida de estas máquinas o equipos a través del mantenimiento.

Mantener un equipo representa para una industria un gasto, de ahí que la mayoría de veces no se dé la importancia que merece el mantenimiento e inclusive se lo considera inútil por desconocimiento de su aplicación y ventajas.

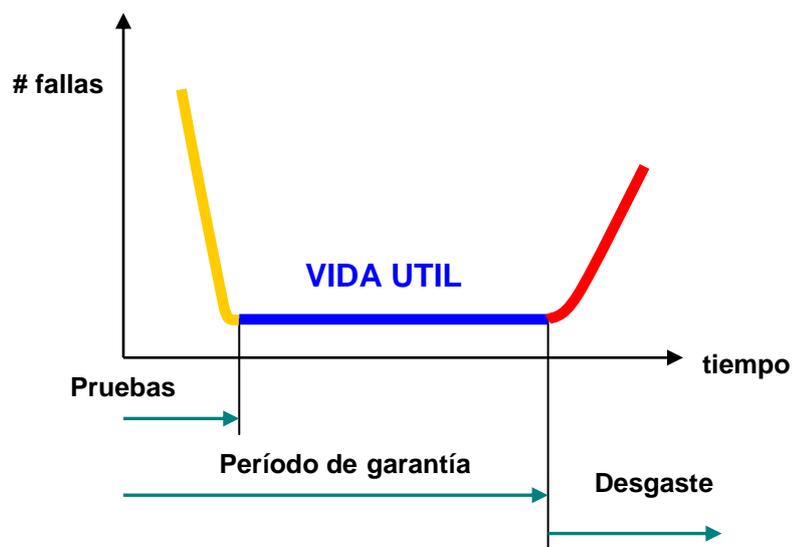
2.2.2.-DISPONIBILIDAD DE OPERACIÓN DE UNA MÁQUINA O EQUIPO

La disponibilidad es la posibilidad de que una máquina o equipo este listo para ser utilizado en cualquier momento, o si no lo está, recupere su operatividad en un instante específico de tiempo.

Los factores que determinan la disponibilidad de operación de una máquina o equipo son los siguientes:

- a. Confiabilidad
- b. Manteneabilidad
- c. Efectivo abastecimiento de los recursos de mantenimiento

La **confiabilidad** es la probabilidad de que un elemento funcione sin fallas, dentro de ciertos límites definidos, en condiciones específicas y durante un período de terminado.



La **manteneabilidad** es la facilidad que nos presenta la máquina o equipo para llegar a sus partes fundamentales y realizar un buen mantenimiento sin necesidad de recurrir al uso de equipos o herramientas especiales, ni tampoco desmontar otras partes de la maquinaria para realizar un mantenimiento adecuado.

El efectivo abastecimiento de los recursos de mantenimiento, se refiere principalmente a 3 aspectos:

- Personal de operación y mantenimiento (especializado, calificado, capacitación)
- Talleres de mantenimiento (equipados con apropiadas herramientas, archivos, buen abastecimiento de materiales y repuestos)
- Sistemas de control de mantenimiento (registros de personal y maquinaria, inventario de materiales y repuestos, programación de tareas).

2.2.3.-OBJETIVOS BÁSICOS DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

- Disminuir al máximo posible los tiempos de paralización de la producción.
- Aumentar la vida útil de los equipos e instalaciones.
- Disminuir los costos de producción.

2.2.4.- ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO

A partir de 1925 se hace latente en la industria, la necesidad de organizar el mantenimiento de maquinaria e instalaciones con una base científica, para poder desterrar en lo posible el llamado **mantenimiento de rotura**, pues éste siempre, y por más rápida que sea la reparación ya ha interrumpido el proceso productivo. 1

Para organizarlo, se estudia, se recopila datos, se confecciona estadísticas, se organiza el trabajo y todo ello va formando una doctrina que en la actualidad se encuentra en su pleno desarrollo. Entre los factores más necesarios para la aparición de un mantenimiento organizado podemos citar los siguientes:

- Creciente mecanización
- Aparición de procesos continuos (3 turnos)
- Existencia de procesos en cadena (el paro de un equipo puede paralizar todo el proceso)
- Potenciales incumplimientos de plazos de entrega
- La necesidad de disminuir los costos operativos

2.2.5. TIPOS DE MANTENIMIENTO



2.2.5.1.- MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Corrección de daños o fallas luego de que estos se han producido. Se basa en la improvisación y representa el más alto costo para la industria.

2.2.5.2.- MANTENIMIENTO MEJORATIVO

Nos presenta la alternativa de mejora, ya sea en el aspecto de diseño de una pieza, incluyendo el uso de un material de mejor calidad, resistencia o ya sea en las nuevas condiciones en las que se haría funcionar la pieza o máquina en términos generales.

Por otra parte el mantenimiento mejorativo no solamente toma en consideración los componentes de la máquina y su funcionamiento, sino también:

- La introducción de modificaciones en el modo de realizar ciertos trabajos
- La utilización de ciertos instrumentos para mejorar el control de funcionamiento
- La utilización de personal más hábil y calificado para la operación y mantenimiento de las máquinas

2.2.5.3.- MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Se aplica antes de que ocurra una avería y comienza desde el momento que se va a hacer la instalación.

2.2.5.4.- MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Se puede definir como la sensibilidad, la habilidad o la funcionalidad del equipo para determinar si se esta produciendo cambios en las condiciones físicas del mismo, a través de la utilización de recursos técnicos que permitan encontrar estas variaciones apenas comienzan.

2.2.5.5. MANTENIMIENTO PROGRAMADO

Se reúne la información de catálogos, experiencias de los operadores y técnicos; para elaborar cartas de mantenimiento programando las tareas a realizarse y las rutinas a realizarse.

2.2.6.-OPERACIONES DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo contempla las siguientes operaciones:

- ***INSPECCIONES***

Es la acción de examinar, controlar, vigilar y verificar el desgaste de una máquina o equipo dentro de un período determinado; en las inspecciones debemos distinguir tres clases:

- ***INSPECCION CLASE A***

Es una inspección de tipo sensorial y no incluye el desarme de la máquina o equipo, por lo que es necesario hacer la inspección en condiciones normales de operación. Esta inspección deberá incluir:

Para el equipo:

- La detección de ruidos anormales de partes en movimiento
- La comprobación por medio del estetoscopio, del estado de rodamientos y chumaceras.

- La comprobación de elementos faltantes o en mal estado, tales como: tornillos, resortes, tapas, focos, pilotos, bandas, etc.
- La verificación de la alineación y estado de bandas de transmisión.
- El funcionamiento de aparatos de control e instrumentación de medida.
- La comprobación de temperaturas de motores, reductores y chumaceras.
- La detección de vibraciones excesivas de equipos y estructuras.
- La inspección de fugas de gas, aire, lubricantes y drenajes.

- **Operaciones de limpieza**

- De cables y alambres sujetos a las estructuras
- De materiales y desperdicios arrojados en el piso y puestos sobre el equipo y estructuras.
- De mallas, muros, puertas y cubiertas en mal estado.

- De canaletas y desagües
- De mirillas y lunas.
- De la pintura en general

- ***INSPECCION CLASE B***

Esta clase de inspección incluye el desarme de la máquina a fin de revisar y limpiar partes, calibración, la comprobación de ajuste y obtención de datos.

La frecuencia de esta inspección se programa consultando catálogos, instructivos y más literatura técnica e la maquinaria y equipo; en especial, dedicando la mayor atención a los puntos débiles de ajustes y deterioro.

- ***INSPECCION CLASE C***

Esta clase de inspecciones incluye también el desarme de la máquina y el equipo, pero como resultado de la experiencia de las inspecciones clase A y clase B, cuando se ha ajustado la frecuencia de las revisiones dentro de un refinamiento del programa de inspecciones.

De lo expuesto, se deduce que las inspecciones B y C deberán realizarse cuando la máquina y el equipo no estén programados para ser utilizados para la producción o en días no hábiles.

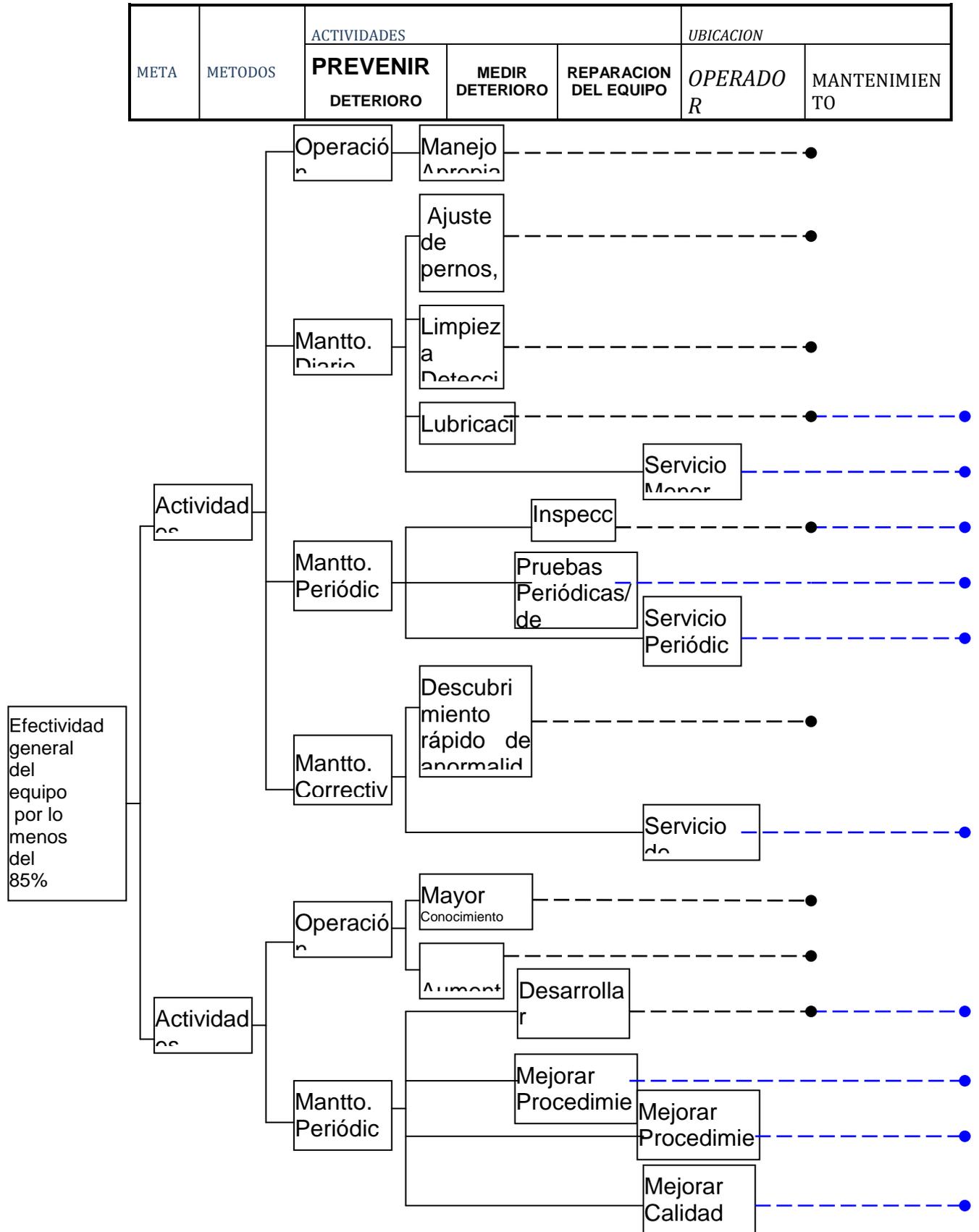
2.2.7.-LUBRICACIÓN

Es la acción encaminada a examinar el requerimiento del cambio periódico, programado y oportuno de aceites y grasas a las máquinas y equipos que lo requieren.

2.2.8.- AJUSTES Y OVERHAULS

Es la serie de acciones programadas de ajuste y reparación de máquinas y equipos. Las reparaciones y demás ajustes contemplan las acciones de las inspecciones A, B y C; y se diferencia de éstas porque tiende a la rehabilitación completa de la máquina o parte de ella siendo posible colocar el tiempo y número de los overhauls durante la vida útil de las máquinas o equipos. Por otra parte, este tipo de reparaciones es planificadas concienzudamente y en donde se contempla una provisión de partes, repuesto y el tiempo aproximado de reparación.

2.2.9.-CLASIFICACION Y UBICACION DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO



2.2.10.- TERMINOLOGÍA UTILIZADAS EN LOS PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO

- a.- **Ajuste:** Para conformar y corresponder con las especificaciones
- b.- **Comprobación:** Observar para cerciorarse que el estado, la precisión, la seguridad o el rendimiento son satisfactorios.
- c.- **Intercambio:** La acción de cambiar un componente desgastado o fallado por un componente reconstruido o remanufacturado.
- d.- **Inspeccionar:** La acción de examinar detenidamente para evaluar los resultados de prueba de componentes o sistemas.
- e.- **Inspección / Reconstrucción o Intercambio:** La acción de examinar detenidamente y optar por la acción más indicada (Reconstruir o intercambiar).
- f.- **Lubricar:** Aplicar lubricante (aceite, grasa, etc.), según se especifica para reducir la fricción, el calor, el desgaste entre superficies de metal.
- g.- **Dispositivos de protección:** Indicadores como los medidores, luces, cierres de

emergencia, etc. Que alertan al operador que existe el riesgo de un problema. La falta de respuesta a estas indicaciones de la forma debida puede resultar en averías serias al motor.

- h.- Reconstrucción:** la acción de reparar un componente desgastado o averiado con piezas y/o componentes nuevos o componentes remanufacturados.
- i.- Reemplazo:** La acción de instalar algo nuevo, remanufacturado o reconstruido por un componente existente desgastado o averiado.
- j.- Horómetro eléctrico de servicio:** Registra el total de horas de operación del motor, pero no indica las variaciones en velocidad, carga, etc.

2.2.11 CALDEROS

Descripción General

Un caldero esencialmente es un recipiente alimentado con agua en fase de líquido sub-enfriado al que se suministra calor proveniente de un proceso de combustión transformado continuamente de líquido en vapor.

Actualmente los calderos constituyen verdaderos sistemas, que además del caldero propiamente, disponen de varios sistemas funcionales, por lo que es más

correcto hablar de unidades de generación de vapor.

Anexo N. 2.1

Una unidad generadora de vapor se puede considerar , en general compuesta por los siguientes elementos:

Caldero propiamente dicho.

- Hogar y quemador
- Sistema de combustible
- Sistema de aire para la combustión.
- Sistema de salida de gases combustionados
- Sistema de suministro y tratamiento del agua.
- Sistema de protección y control.

2.2.11.1 Clasificación de los calderos

Se puede clasificar a los calderos desde muchos puntos de vista, por ejemplo en dependencia de la presión, o en dependencia de la temperatura, o en dependencia del tipo de circulación del agua en le caldero (natural o forzado), o dependiendo del tipo de combustible. Sin embargo, la clasificación mas aceptada universalmente es la siguiente:

- Calderos de tubos de agua o de poder
- Calderos de tubos de fuego o industriales

Nos enfocaremos al tipo de caldero de tubos de fuego ya que es el tipo al que corresponde el que dispone esta empresa.

2.2.11.2 Calderos Piro tubulares

Constan básicamente de un recipiente cilíndrico vertical u horizontal que es atravesado por uno o varios tubos de fuego por los que circula los gases producto de la combustión transfiriendo calor al agua del recipiente.

Anexo N- 2.2

Los primeros diseños fueron recipientes simples con una tubería de alimentación y una de salida de vapor, montados sobre una base de ladrillos. El combustible se quemaba sobre una parrilla; y, el calor iba directamente sobre la parte baja de la superficie del recipiente. Muy pronto los diseñadores se dieron cuenta que un recipiente simple conteniendo agua, resultaba muy ineficiente; y, que era necesario poner una mayor cantidad de agua en contacto con el calor.

2

Una manera de hacer esto es hacer pasar directamente los productos de combustión a través de tubos colocados dentro del recipiente. Tal diseño no solamente que se incrementa la superficie expuesta al agua sino también se tiende a distribuir la formación de vapor mas uniformemente a través de la masa de agua.

El nombre de tubos de fuego es debido a que, en este tipo de equipos la transferencia de calor se hace a partir de los productos de combustión que fluyen dentro de tubos al agua que están alrededor de estos.

Ellos también son clasificados como calderos de cáscara, esto es el agua líquida y el vapor están contenidos dentro del mismo recipiente.

Aunque la forma ideal para resistir las presiones internas es una esfera, consideraciones prácticas inducen al uso

de recipientes cilíndricos. Una presión de operación de

2 Manto de calderos, Dr Aguinaga A. 1996, Pg23,27

250 psi, es considerada como límite máximo para este tipo de unidades y calderas fabricadas en EEUU rara vez exceden a 25000 lb de vapor por hora (aproximadamente 750 BHP)

Existen calderos con un solo tubo de fuego denominados Cornish y con dos tubos de fuego denominados Lancashire.

Actualmente los calderos son multitubulares en que se mejora la transferencia de calor y se aprovecha mejor el calor de los gases combustionados.

Existen también calderos llamados de hogar externo en los que el proceso de combustión se lo realiza externamente a los tubos de fuego en un hogar externo y posteriormente atraviesa los mismos. Esto generalmente tienen disposición horizontal o vertical denominados COCHRAN. Este tipo de calderos puede acomodarse a muchas clases de quemadores puede manejar varios tipos de combustibles.

2.2.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL CALDERO

- Marca: Powermaster
- Número de Serie: 6510025
- Modelo: 3L
- Capacidad Calorífica: 100 BHP 3347500 BTU/HR
- Año de fabricación: 1965
- Máxima presión de carga: 150 PSI
- NAT/LBOARD: 24427
- Presión de Salida: 125 PSIG
- Presión de trabajo: 100 PSIG
- Superficie de calentamiento: 500 SQ. FT.
- OIL FIRED BOILER: K25738
- Control de seguridad: GR4

2.2.3.1.- ACCESORIOS

a. VENTILADOR

- Serie: V-022-95
- Tamaño: 13 ½ 55%

b. BURNER FIRIRNG RATE

- Combustible: DIESEL 2
- Consumo: 30.3 GLPH

c. VALVULA DE SEGURIDAD

- Marca: KUNKLE
- Medida: 2 pulgadas
- Presión: 120 PSIG

2.2.4.- SISTEMA DE COMBUSTIBLE

Consta de un sistema compuesto por varios elementos entre los cuales anotaremos: tanque de almacenamiento, tanque diario, tubería, filtros, dispositivos de calentamiento; entre otros.

1).- TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Este tanque en la parte inferior esta provisto de un orificio el cual es utilizado como drenaje por el cual se eliminan los sedimentos y cantidades de agua que viene junto con el combustible. En esta empresa se utiliza diesel como combustible para el caldero, grupos electrógenos etc. 2

El tanque de almacenamiento principal se encuentra a unos 10 metros por encima del tanque diario que abastece al caldero.

2).- TANQUE DE SERVICIO DIARIO

Este tanque tiene objetivos como:

- Medir la cantidad de consumo de combustible.
- Recibe el exceso de combustible proveniente de la tubería de retorno.
- Servicio continuo de combustible.

El abastecimiento de combustible para el caldero es combustible liviano diesel 2 por tal motivo, no se tiene un sistema de calentamiento para su utilización.

2.2.4.1.- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SISTEMA DE COMBUSTIBLE

- Motor: Eléctrico
- Marca: Peerless
- Potencia: 3HP
- Velocidad: 1450 – 1750 rpm
- Voltaje: 208 220 – 440 voltios
- Corriente: 9 – 4,5 amperios
- N- de fases: trifásico
- Serie N-: B3162AG
- Asiste mediante polea – correa a bomba de combustible:
- FILG: 18K3
- Especie: 2610
- Serie: D8140
- Potencia: 1HP

2.2.5.- SISTEMA DE AGUA

Una de los factores principales para la operación óptima de una caldera es el de contar con un sistema de suministro de agua el cual sea adecuado para caso en particular. Esto es debido a que se debe mantener un nivel de agua constante en el interior de la caldera para que no ocurra un siniestro o falla de algunas partes.

Todo sistema efectivo de agua debe contar:

- Reserva mínima de agua (tanque de almacenamiento)
- Equipo de bombeo
- Control de sistema.

La cantidad de agua que se suministra a un caldero es prácticamente la cantidad de vapor que se produce, por lo tanto la reserva de agua va en proporción a la capacidad del caldero. Un criterio recomendable para obtener la capacidad de agua, esta debe sostener la evaporación en la caldera de por lo menos 20 minutos.

Para satisfacer la demanda de agua de un caballo caldera durante un minuto, se requiere 0,261 litros (0,069 galones) por lo cual una caldera de 100 caballos de capacidad como la que existe aquí evaporará: 3

$$100 \text{ cc} \times 0.261 \text{ lts/min cc} = 26.1 \text{ lts/min}$$

para satisfacer la evaporación de la caldera durante 20 min entonces se necesita :

$$26.1 \text{ lts/min} \times 20 \text{ min} = 552 \text{ litros } \acute{o} \text{ 146 galones}$$

el tanque no deberá estar completamente por lo que se debe dividir para una constante de 0.7 y se determina la capacidad mínima del tanque que debe ser:

$$\text{capacidad} = 552 / 0,7 = 746 \text{ litros}$$

El caldero es alimentado con agua proveniente de la red municipal la misma que contiene sales de calcio y/o magnesio, se dice que el agua tiene dureza por esta razón el agua es previamente tratada mediante el proceso denominado ablandamiento.

En nuestro caso se utiliza un ablandador awt . Una vez tratada el agua, ésta contiene aún sustancias no deseables negativas para el buen funcionamiento de las calderas, los

3 Manto de calderos, Dr Aguinaga A. 1996, Pg23,27

cuales se eliminan con el tratamiento químico, el mismo que está instalado después de la bomba de alimentación de agua a la caldera.

El tratamiento con fosfato es el encargado de eliminar las cantidades de dureza que en el ablandador no se elimina.

El fosfato soluble añadido en cantidad suficiente de acuerdo al contenido de sales del agua reacciona en la caldera precipitando al fondo de la misma en forma no adherible a las paredes y tubos, la misma que es eliminada a través de las purgas del caldero.

El dosificador de químico inyecta Solvex en cantidades de 2 galones por cada 36 horas de trabajo.

El taque de almacenamiento a su vez recibe agua caliente que proviene del retorno del condensado y suministrada al caldero.

2.2.5.1.- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA DE AGUA

a.- ABLANDADOR

- marca: awt
- Modelo: 16T AGO
- Capacidad: 2 pies cúbicos
- N- Serie: 00153
- Flujo de servicio: 13 GPM

b.- BOMBA

- Marca: Mark
- Modelo: HR2B7X
- Potencia: 4 CV
- Velocidad: 3500 rpm
- Brida de succión: 1 “
- Brida de descarga: 1”
- Motor eléctrico: Weg trifásico
- Voltaje: 220 - 380 - 440 voltios
- Amperaje: 12 – 9.6 – 6 amperios

c.- Dosificador.

- Marca: awt
- Modelo: 200 / 215

- Descarga máxima: 15 GPM
- Presión máxima: 150 PSIG
- Voltaje: 115 voltios
- Amperaje: 1,7 amperios

d.- Bomba de retorno condensado

- Marca: Marlow
- Modelo: 2H23EC
- Potencia: 1.5 HP
- Sello: 25353

2.2.6.- SISTEMA DE CONTROL

Esta comandado por un controlador FIREYE tipo 26RJ8 modelo 6058 que permite un control electromecánico para quemadores de combustible líquido como diesel, kerosene, fuel oil o crudos mejorados.

Este programador por sus años de funcionamiento presenta una serie de fallas e inconvenientes que no permiten un normal funcionamiento del caldero. La serie de arreglos del programador en sus parte eléctrica y sus contactos mecánicos con elementos provisorios han deteriorado en gran manera su operación y no se ha logrado encontrar sus partes originales pues se trata de un modelo discontinuado. **Anexo N- 2.3**

Las interrupciones en la producción por falta de vapor debido a estos inconvenientes han llevado para que se

tome la decisión de realizar el mantenimiento mayor del caldero y el cambio de programador.

CAPITULO III

3.1.- CAMBIOS RECOMENDADOS EN LA ESTRUCTURA DEL CALDERO

En base a las frecuentes paradas en la producción debido a la falta de vapor para el precocido del maíz y bajo la evaluación técnica realizada al caldero se toma la decisión de someter al caldero Powermaster a un mantenimiento completo para determinar las partes y elementos defectuosos que no permiten un funcionamiento óptimo y permanente en la generación de vapor.

En un múltiples ocasiones ha sido el programador el elemento que no opera adecuadamente, por lo que se pondrá énfasis en la inspección de todo el circuito de control.

3.1.1.-RAZONES PARA EFECTUAR EL MANTENIMIENTO Y CAMBIO DE PROGRAMADOR

- a)** Pérdida de producción por falta de generación de vapor
- b)** Nivel de sólido total mayor a los establecidos
- c)** Pérdida de energía en la generación de vapor
- d)** Posibles incrustaciones en los tubos de fuego

- e) Fallas del sistema mecánico del programador en el arranque y operación
- f) Fugas de vapor por el aislamiento de la tapa de los ladrillos refractarios
- g) Incremento en el consumo normal de combustible
- h) No se ha realizado el mantenimiento anual en los últimos 4 años ya que no se cuenta con un programa de mantenimiento

3.1.2.-PROCEDIMIENTO DE PARA DEL CALDERO 4

1.- Cinco días antes de la fecha establecida se aumentó la tasa de purgas en un 50%, es decir de las 4 purgas que se realizaban se incrementó a 6 purgas al día. Se sugirió aumentar la alcalinidad entre 200 – 500 ppm incrementándose tanto como se pueda, controlando que no se formen espumas ni cause priming (perforaciones en los tubos)

a.- Debido a la tasa superior de purgas, se aumentó proporcionalmente la dosis de inhibidor de incrustaciones y del atrapador de oxígeno, para que los residuales normales se mantengan en el agua del caldero.

b.- Se aumentó el acondicionador de lodos en un 75% en el agua del caldero.

4 Empresa AWT

- 2.** Durante las 24 horas previas a la parada, se suspendió la purga continua y se realiza solo purgas de fondo.
 - a)** Purgas cortas y frecuentes son mejor que purgas largas
 - b)** Generalmente, es suficiente purgar de 5 – 10 segundos cada 1 – 2 horas.

- 3.** Mientras el caldero ya se está enfriando, se continúa con las fuertes purgas de fondo, se rellena el caldero con agua caliente y tratamiento químico.
 - a)** Mientras todavía existe presión en el caldero, se purga la columna de agua y el vidrio de nivel.
 - b)** Se continúa las purgas y la alimentación de agua hasta que el caldero se encuentra a temperatura ambiente y listo para abrirlo.

- c) Se debe esperar y estar seguro de que es el tiempo adecuado para abrirlo, si se abre muy pronto el lodo remanente se cocinará en las superficies metálicas.

3.1.3.-PASOS REALIZADOS EN LA INSPECCION

- a) Se revisa el lado de agua de la caldera, se procede a retirar las tapas de inspección de mano y la tapa de inspección de hombre, con una manguera de alta presión de agua se lava por todas las aberturas para eliminar el lodo y sedimentos mientras estos aún permanecen de forma fluida. 5

Se retira el tapón en cruz situado bajo la columna de agua y se limpia el tubo que entra en la caldera.

Anexo N- 3.1

Luego de lavar la caldera, se revisa las superficies de evaporación y se nota indicios de incrustaciones y corrosión.

- b) Se retiran todos los elementos que se sostienen en la tapa delantera y se inspecciona cada uno de ellos. **Anexo N- 3.2**
- c) Se quitan gradualmente los tornillos y se retiran las compuertas. Puede notarse el mal estado del asbesto que recubre a la tapa y un alto grado de corrosión en las bases del espejo refractario como el tubo visor de llama posterior. **Anexo N- 3.3**

- d) Los ladrillos refractarios se encuentran en pésimas condiciones, la mayoría de ellos rotos y la estructura que sostiene a los ladrillos corroída completamente. **Anexo N- 3.4**

 - e) Mediante un cepillo de pelusa de acero para fluces se limpia la parte interior de los tubos de fuego hasta la terminal frontal, se retira el hollín y se
-

5 Manual calderos Ing. Ramírez pg 167

- f) Detecta perforaciones en gran cantidad de los tubos. **Anexo N- 3.5**

- g) En las válvulas de purga de fondo existe goteo de agua y ameritan rectificación urgente.

- h) La polea del motor que permite el movimiento para la bomba de aire y de combustible esta trizada y tiene juego en su eje. **Anexo N- 3.6**

- i) El filtro de combustible y aire se encuentran muy maltratados y completamente sucios.

- j) El colador de alimentación de agua que se encuentra entre el colador y el tanque de condensado esta en condiciones aceptables, pero con una capa de impurezas.

- k)** Se desmonta el quemador y el cual se encuentra en buen estado requiriéndose simplemente una limpieza.

- l)** Existe un pequeño goteo en los casquillos o prensa estopas, este goteo es normal, los empaques necesitan ser cambiados.

- m)** La boquilla de atomización Monarch de 2.25 y 60 grados PLP esta muy malas condiciones siendo necesario cambio urgente.

- n)** Se revisa los electrodos de encendido, en los mismos existe una apertura incorrecta, suciedad y aislamiento deteriorado.

- o)** Las válvulas de seguridad operan libremente una ves que se las levanta por la palanca de mano.

- p)** Los motores eléctricos y bombas operan adecuadamente.

- q)** Ablandador y dosificador de químicos en buenas condiciones de operación.

- r)** Tanque y bomba de condensado en buenas condiciones.

- s)** Programador defectuoso, se especificará todos los detalles el literal 3.2

3.1.4.-TRABAJOS Y CAMBIOS REALIZADOS

En base a la inspección y análisis técnico realizado en toda la estructura del caldero cuyo diagnóstico esta especificado en el capítulo 3.1.3 se procede a la evaluación correspondiente resolviendo realizar los siguientes cambios y trabajos en el caldero y sus componentes:

- a) Es necesario realizar un análisis químico del agua del caldero para determinar las causas que permitieron los daños en los tubos de fuego.

La empresa AWT encargada del análisis del agua, emite los informes respectivos sobre los particulares y adjunta las cotizaciones de los productos químicos adicionales para un buen funcionamiento del caldero. **Anexo N- 3.7**

Este resultado a permitido corregir y evitar pormenores en cuanto a la dosificación de químico y el proceso de ablandamiento del agua.

- b) Se construye una nueva base y espejo refractario con un material nuevo, se cambia completamente el tubo visor de fuego de la tapa posterior.

Anexo N- 3.8

- c)** Son retirados en su totalidad los tubos de fuego y remplazados por tubos nuevos, los mismos que son colocados en el caldero previamente dado el tratamiento térmico en las puntas para que se realice el expandido, esto permite que se encuentren fijos a la estructura. **Anexos N- 3.9, 3.10, 3.11**
- d)** Es calibrada la abertura entre los electrodos y se cambia el aislamiento.
- e)** Se limpia completamente el conjunto del quemador garantizando su funcionamiento.
- f)** El conjunto de la boquilla de atomización es cambiado por un conjunto nuevo de 2,25 y 60 grados PLP.
- g)** La polea del motor eléctrico que sirve de motriz, como las bandas de acople a la bomba de combustible y aire, son cambiadas por nuevas. Se alinea el motor y las bombas conjunto, reajuste de las bases asegurándose un buen anclaje al piso de todo el conjunto.
- h)** Son restituidos los filtros de entrada de aire, entrada de combustible y empaques de las bombas.

- i) Las tapas de inspección de mano y de hombre son revisadas y mediante la utilización de cepillos con cerda de acero se elimina el lodo. **Anexo N- 3.12**

3.2.- NECESIDADES PARA EL CAMBIO DEL SISTEMA DE CONTROL

El sistema de control nos permite tener la regulación automática del proceso de combustión en un caldero. Todo sistema de control esta diseñado en base a la secuencia, tiempos y orden de pasos para controlar tres factores relacionados entre sí: combustible, aire y productos de combustión.

En cada aplicación el caldero tiene un circuito de control en particular aunque realice un mismo fin difiere su diseño, elementos, programadores

En el caso del caldero en estudio, el sistema de control tiene un programador electromecánico Fireye modelo 26RJ8 al mismo que vamos a evaluar en este capítulo.

Para determinar las fallas en el sistema de control, se realizaron varias pruebas de encendido y operación en vacío, se nota que en varias ocasiones la secuencia fue interrumpida, en otras completaba los pasos y en varias ocasiones una vez que el caldero se encontraba trabajando se suspendía repentinamente su funcionamiento.

Sobre la base de las pruebas realizadas se pudo determinar los siguientes resultados:

- a) Los relés y contactores funcionan adecuadamente según el orden de las señales recibidas.
- b) El programador no puede cumplir con la secuencia de encendido establecida por fallas en sus elementos.
- c) La señal emitida por la fotocélula en el orden de los milivoltios, no es detectada por existir daños en el amplificador de señal del programador.
- d) La secuencia de encendido es interrumpida a consecuencia de que las levas del mando mecánico se traban o no actúan por el desgaste de sus partes, deben ser ayudadas manualmente para su accionamiento.
- e) La bobina del programador que permite el paso normal de combustible luego de la primera llama no permanece enclavada, suspendiendo el encendido del caldero.
- f) Se verifica que varias partes mecánicas tienen un desgaste severo.
- g) Varios elementos de las tarjetas eléctricas han sido reemplazados.

Para un funcionamiento adecuado del caldero y como medida urgente se requiere cambiar el programador, se realice todas las modificaciones necesarias que puedan ajustarse a las exigencias de este tipo de caldero con la menor inversión económica posible.

3.3.- ANÁLISIS DE PROGRAMADORES PARA CALDEROS PIROTUBULARES

En el mercado actual existe una infinidad de programadores, los mismos que pueden ser empleados bajo las exigencias más estrictas del consumidor y para una variedad de aplicaciones todas dentro de la misma finalidad, la generación de vapor.

Para el estudio de programadores del caldero en estudio, vamos a realizar un detalle completo de los requerimientos y características de cada uno de los programadores que se encuentran en nuestro medio.

Los programadores en nuestro mercado son diversos por lo que hemos escogido modelos de tres marcas distintas: el controlador automático DL06 KOYO, programador Honeywell RM7895, programador Firecol AP3-A y Honeywell RM7800.

3.3.1.- Sistema de control universal con controlador DL06 KOYO

Prácticamente es un PLC que tiene proporciona las siguientes características.

- Control de secuencia de encendido de llama
- Configuración de tiempos de prepurga
- Control del motor de soplador de aire
- Control de alta y baja llama
- Sistema de detección de llama con interfase incluida

- Rutina de entrecierres y prepurga
- Sistema de seguridad detector de falla eléctrica o pérdida de fase
- Entrada de control de señal de presión desde los presuretroles.
- Dos líneas de texto e ingreso de parámetros
- Mensajes escritos de error y diagnóstico
- Fecha y hora de inicio de funcionamiento y horas de trabajo
- Ingreso y modificación de registro con parámetros de funcionamiento
- Verificación de existencia de llama
- Dos puertos de comunicación RS232/485 para comunicación con PC
- Trabaja con 24 Vdc
- Módulos de tarjetas trabajan con 110 Vac
- Requiere tarjetas adicionales tra de amplificación de llama y purgas

3.3.2. Programador Honeywell RM7895

El mando del quemador esta basado en un microprocesador integrado para disparo automático de gas, diesel, o combinaciones simples de combustible aplicadas al quemador. 6

Proporciona nivel de seguridad, capacidad funcional y rasgos más allá de los mandos convencionales.

- Las funciones incluyen secuencia automática del quemador, control de llama, indicación del estado sistema, diagnóstico del sistema y problemas de disparo
- Cinco leds proporcionan información de la secuencia.
- Selección de reciclado o cierre de válvulas por pérdida de llama o flujo de aire.
- Acceso para revisión de voltaje externo.
- Dispositivo para intercambio de amplificadores de llama.
- La memoria no volátil retiene la información de fallas por pérdidas de energía.
- Válvula principal de retardo.
- Chequeo del rango o cambios del flujo de aire.
- Compatible con todos los detectores de llama Honeywell existentes

DIMENSIONES APROXIMADAS

Subbase Q7800A ancho 127 mm largo 127 mm
espesor 133 mm

Subbase Q7800B ancho 127 mm largo 127 mm
espesor 155 mm

PESO: 1lb 15 onz 0,9 Kg

RANGO DE TEMPERATURA: -40°F a 140°F
-40°C a 60°C

VOLTAJE: 120 – 220 – 240 (+10/-15%) Vac

FRECUENCIA: 50/60 Hz (+- 10%)

ACCESORIOS:

- Simulador de llama rectificado
- Alambre de conector eléctrico Bus de control 5
- Simulador de llama ultravioleta
- Despliegue remoto montado en el tablero
- Suministro de poder de despliegue remoto 13 vdc de entrada
- Tapa contra polvo
- Cuenta con 60 a 120 pulgadas de cable eléctrico para el ensamble

COMPONENTES REQUERIDOS

- Súbase para instalación eléctrica universal Q7800A o Q7800 B
- Amplificador de señal de llama
- Tarjeta de tiempo de purga

SECUENCIA DE TIEMPOS

MODELO	INICIO	STANDBY	PURGA	PERIODO DE ESTABILIZACION DE LLAMA		CONTROL FLUJO AIRE	VALVULA PRIN RETARDO
				PILOTO	MAIN		
EC7895A	10 seg	a	b	4 a 10 segundos	NO	NO	NO
RM7895A	10 seg	a	b	4 a 10 segundos	NO	NO	NO
RM7895B	10 seg	a	b	4 a 10 segundos	NO	SI	NO
EC7895C	10 seg	a	b	4 a 10 segundos	10 segundos	NO	SI
RM7895C	10 seg	a	b	4 a 10 segundos	10 segundos	NO	SI
RM7895D	10 seg	a	b	4 a 10 segundos	10 segundos	SI	SI

a En posición de standby o trabajo pueden ser períodos de tiempo extensos
b, la purga puede estar determinada de acuerdo a la tarjeta de purga seleccionada.

3.3.3. PROGRAMADOR FIRECOL AP3-A

El programador FIRECOL AP3-A es un control electrónico de encendido para quemadores de combustible líquido como ACPM (diesel). Kerosene, fuel oil o crudos mejorados; diseñado con tecnología del tipo C'Mos. 7

Consta con un amplificador de llama transistorizado de tres etapas con acoplamiento por condensador para detección de luz infrarroja oscilante. Salidas por relé de gran capacidad e indicadores de las más significativas funciones, incluyendo un display para los 15 pasos del programa de encendido

ESPECIFICACIONES

- Voltaje de alimentación: 115 voltios +/- 15%
- Frecuencia de línea: 50 o 60 Hz.
- Consumo normal: 50 watt en trabajo, sin Carga, 9 watt en standby

- Capacidad de salida: 3 amp por salida

7 Manual AP3-A, pg 5

- Capacidad total: 10 amp simultáneos
- Modulación (pos damper): abierto, cerrado y automático
- Seguridades: Control de límites, switch flujo de aire, switch damper cerrado
- Celda censor de llama: Fococelda del tipo resistivo

REQUERIMIENTOS:

Acepta la celda 48PT2 Fireye, la celda 48PT1 del programador Fireye con amplificador de tubos no ofrece la suficiente sensibilidad por lo que se requiere su cambio.

ESPECIFICACIONES ELECTRÓNICAS

- Base: Tipo 1800 hz.
- Tipo de lógica: Secuencial
- Inicio de operaciones: Autochec amplificador de llama
- Secuencia de encendido: 15 pasos
- Período da cada paso: 08 segundos
- Señal de piloto: 48seg, damper cerrado
- Duración total del período: 1 minuto 52 segundos
- Alternativas de piloto: corta 32 sg, larga 47 sg.
- Estabilización llama piloto: 7 segundos
- Desactiva por falta de llama: 4 segundos
- Bloqueo por falta de llama: 1 min; presente o no se activa el switch.

- Damper antes de ignición: con ajuste a mayor o menor tiempo
- Tiempo de desbloqueo: Inmediato.

SEÑALES DE CONTROL

- **Switch límites entre terminales 3 y 4**
- **Switch de aire entre terminales W-R**
- **Switch del damper entre terminales W-B**
- **Todos activados con muy baja corriente (menor a 5 miliamperios)**

3.3.4. PROGRAMADOR HONEYWELL RM7800

El mando del quemador esta basado en un microprocesador integrado para disparo automático de gas, diesel, o combinaciones simples de combustible aplicadas al quemador.

Proporciona nivel de seguridad, capacidad funcional y rasgos más allá de los mandos convencionales. 8

- Las funciones incluyen secuencia del quemador automático, vigilancia de llama, indicación de estado de sistema, diagnóstico y arreglo del sistema
- Chequeo de voltaje eléctrico externo

- Flexibilidad de la aplicación y capacidad de comunicación por interfase

8 Manual Honeywell, pag 724

- Cinco leds proporcionan información de la secuencia
- Cinco funciones para interruptor de carrera / prueba
- Amplificadores de llama intercambiable
- Anunciación local remota de funcionamiento e información de la falla
- La memoria no volátil retiene la información de fallas por pérdidas de energía.
- Compatible con todos los detectores de llama Honeywell existentes
- Incluye módulo de despliegue de teclado

DIMENSIONES APROXIMADAS

Subbase Q7800A	ancho 127 mm	largo 127 mm
	espesor 133 mm	
Subbase Q7800B	ancho 127 mm	largo 127 mm
	espesor 155 mm	

PESO: 1lb 10 onz 0,7 Kg

RANGO DE TEMPERATURA: -40F +140F-40C A +60C

RANGO ELÉCTRICO: 120 Vac (+10/-15%) 50/60 Hz

ACCESORIOS:

- Simulador de llama rectificando
- Bus de control 5, alambre del conector eléctrico
- Simulador de llama ultravioleta
- Despliegue remoto montado en el tablero
- Suministro remoto de despliegue de poder 13 vdc de entrada
- Tapa contra el polvo
- Cuenta con 60 a 120 pulgadas de cable eléctrico para el ensamble

COMPONENTES REQUERIDOS

- Subbase para instalación eléctrica universal
- Amplificador de señal de llama
- Tarjeta de tiempo de purga

SECUENCIA DE TIEMPOS

MODELO	INICIO	STANDBY	PURGA	ESTABILIZACION LLAMA PILOTO	ESTABILIZACION LLAMA PRINCIPAL	CORRIDO	POSTPURGA
RM7800Ea	10 seg	b	c	4 a 10 segundos	10 a 15 segundos	b	15 segundos
RM7800G	10 seg	b	c	4 a 10 segundos	10, 15 o intermitente	b	15 segundos
RM7800L	10 seg	b	c	4 a 10 segundos	10, 15 o intermitente	b	15 segundos
RM7800M	10 seg	b	c	4 a 10 segundos	10 seg o intermitente	b	15 segundos

a Energía de prepurga

b, Standby y corrido podría tener un periodo de tiempo indefinido

c, la purga puede estar determinada de acuerdo a la tarjeta de purga seleccionada.

d, El período de estabilización de llama principal podría determinarse por los terminales utilizados cableado adicional para la configuración salto a salto

3.4.- ANALISIS ECONOMICO

3.4.1.- PLC DL06 KOYO

ITEM	DETALLE	MODELO	MARCA	CANTIDAD	VALOR USD
1	PLC, Programación e instalación	DL06	KOYO	1	1650,00
2	Valvulas solenoides para prepurga	STD		2	80,00
3	Tarjetas para adecuación de señal	433	Calex	2	120,00
4	Presuletroles	STD		1	85,00
SUBTOTAL					1935,00
12%IVA					232,20
TOTAL					2167,20

PROFORMA ANEXO N-

3.4.2.-PROGRAMADOR HONEYWELL RM7895

ITEM	DETALLE	MODELO	MARCA	CANTIDAD	VALOR USD
1	Prrogramador	RM 7895A	Honeywell	1	467,04
2	Amplificador	R7848B-1006	Honeywell	1	347,41
3	Tarjetas de purga	ST7800A1021	Honeywell	1	46,85
4	Pantalla	S7800A101	Honeywell	1	444,95
5	Fotocelula	I/RC7015A11	Honeywell	1	211,65
6	Subbase	Q7895A-1005	Honeywell	1	25,64
				SUBTOTAL	1543,54
				12%IVA	185,22
				TOTAL	1728,76

PROFORMA ANEXO N-

3.4.4. PROGRAMADOR HONEYWELL RM 7800

ITEM	DETALLE	MODELO	MARCA	CANTIDAD	VALOR USD
1	Prrogramador	RM7800G	Honeywell	1	1372,75
2	Amplificador	R7848B-1006	Honeywell	1	347,41
3	Tarjetas de purga	ST7800A-1021	Honeywell	1	46,85
4	Pantalla	S7800A1001	Honeywell	1	444,95
5	Fotocelula	I/R C7015A	Honeywell	1	211,65
6	Subbase	Q7895A-1005	Honeywell	1	25,64
				SUBTOTAL	2449,25
				12%IVA	293,91
				TOTAL	2743,16

PROFORMA ANEXO N-

3.5.- SELECCIÓN DEL PROGRAMADOR

3.5.1.-TABLA DE COMPARACIONES

3.5.2.-TABLA DE SELECCIÓN

La selección del programador con el cual funcionará el caldero en la generación de vapor para la producción de la harina precocida Maízabrosa, se basa en las características técnicas, presupuesto económico asignado, menor cantidad de elementos adicionales y reducción de adecuaciones y se presenta en la recuperación económica. **Anexo 3.17**

Tomando en cuenta lo anteriormente expuesto, el programador FIRECOL AP3-A se ajusta adecuadamente a los requerimientos necesarios para el funcionamiento del caldero Powermaster de la empresa Molinos Poulter S.A.

A diferencia de los otros programadores analizados, el programador Firecol AP3-A, cuenta con un diseño que permite realizar la secuencia total de encendido y trabajo adecuado de la caldera, empleando todos los elementos que tiene el actual equipo.

Este programador electrónico, ofrece un amplio rendimiento en el manejo y control del equipo térmico, garantizando efectivamente seguridad bajo condiciones de trabajo extremas.

3.6.- IMPLEMENTACION Y PRUEBAS

3.6.1 REQUERIMIENTOS MECÁNICOS

- Se debe montar sobre la base firme permitiendo que los bornes traseros coincidan en su orden.
- Es importante observar la vibración del tablero, si es excesiva rompe la soldadura de los

componentes electrónicos, produce chispas a la conmutación de los relés aislándolos y anula la garantía.

- La base y el programador deben quedar firmes.
- Observe que los enchufes de la base estén en buen estado, limpios y ajustados, así como el cable que llega a cada terminal.

3.6.2 REQUERIMIENTOS ELECTRICOS

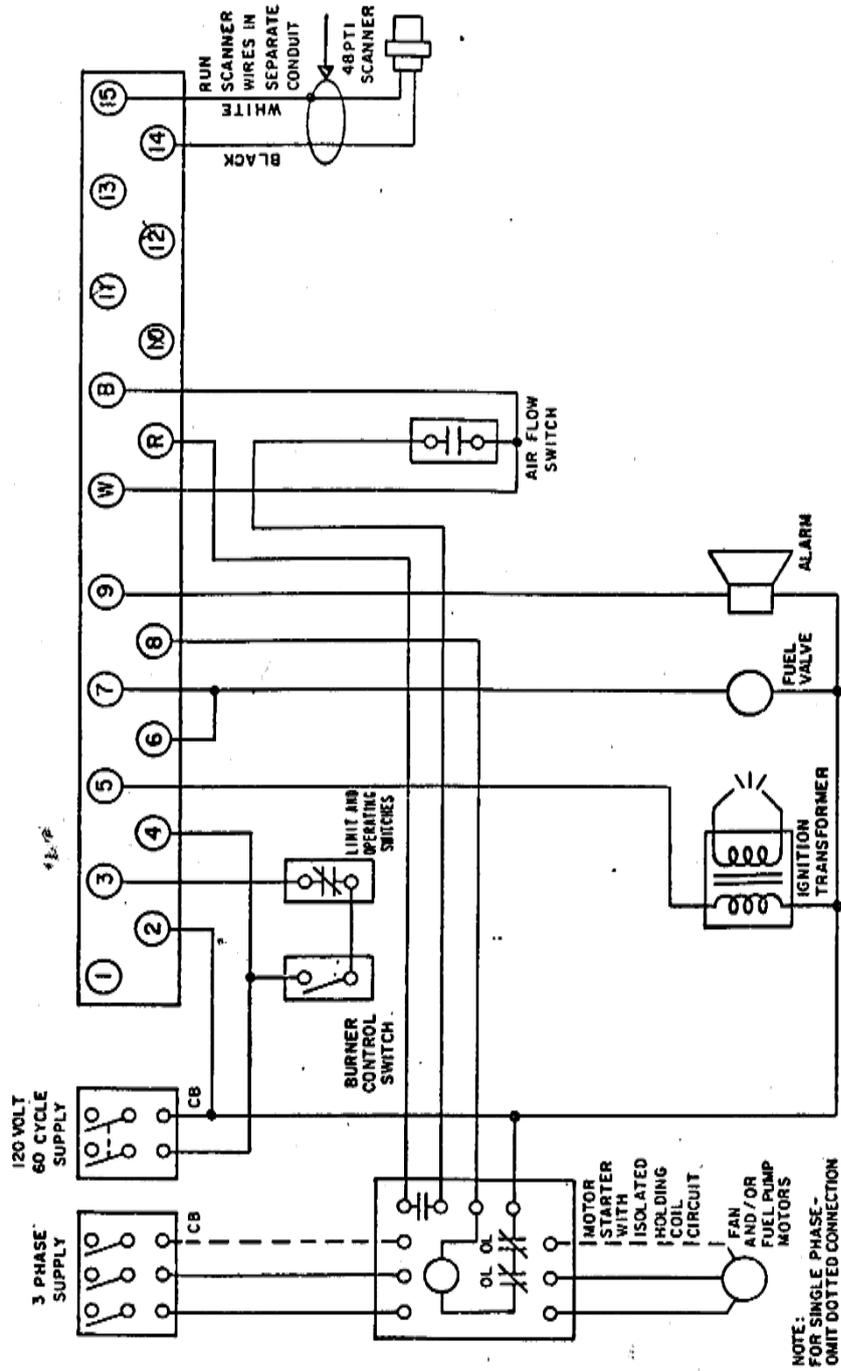
- Es necesario utilizar estabilizador de voltaje con una capacidad no inferior a 1 kilowatt, sin embargo en algunas unidades térmicas se ha instalado accesorios que dependen del programador y pueden superar esta capacidad.
- El control esta provisto de un fusible de 6 amperios que es la capacidad de cualquier conjunto básico de quemador comercial (implementos que dependen del programador) y en ningún caso hay que exceder de 10 amperios. Al reemplazarlo es necesario colocar este fusible de calidad comprobada, en ningún caso remendarlo.
- La instalación del tablero debe estar en óptimas condiciones.
- Se aconseja la instalación de un switch ON/OFF +/- 10 amperios que interrumpa la alimentación al borne 4 del programador, sin interrumpir los

sistemas de control de nivel de agua, recirculación y precalentamiento de combustible en el caso de paradas por largo tiempo.

- Es indispensable que el tablero cuente con una muy buena tierra y neutro, para proteger el control de daños causados por corrientes parásitas y tempestades eléctricas.
- Al efectuar soldadura eléctrica en el cuerpo de la caldera o quemador retirar el programador ya que puede causar severos daños.

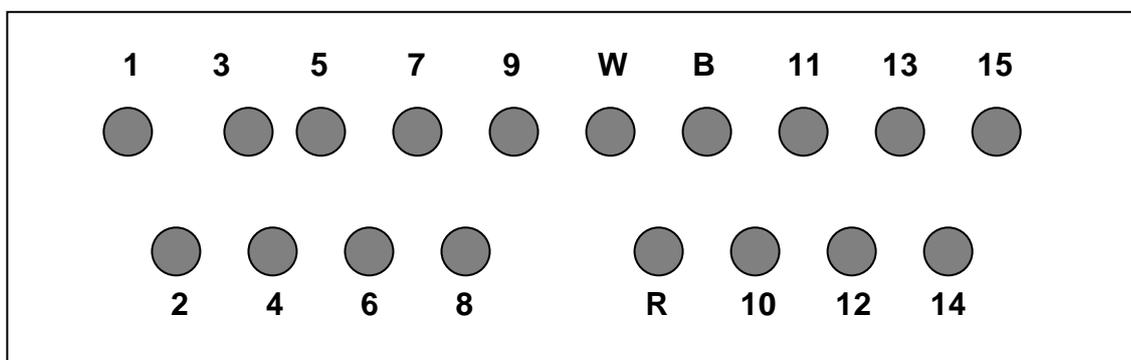
3.6.3. DIAGRAMA DE INSTALACIÓN DEL PROGRAMADOR

Esta expresado en el siguiente gráfico.



3.6.4. IDENTIFICACIÓN DE TERMINALES

1. N.U. no utilizado.
2. Neutro de alimentación y/o tierra.
3. Switches limites.
4. Línea de alimentación o fase.
5. Salida de 110 voltios, ignición corta.
6. Salida de 110 voltios, ignición larga.
7. Salida de 110 voltios, válvula principal de combustible.
8. Salida de 110 voltios, ventilador.
9. Salida de 110 voltios, alarma.
- W. Común de switches de aire y damper.
- R. Switch aire.
- B. Switch damper.
10. Común de modulación.
11. Automático de modulación.
12. Posición bajo fuego (damper cerrado), modulación.
13. Posición alto fuego (damper abierto), modulación.
14. Línea de fotocelda aislada.
15. Línea de fotocelda aislada o tierra (internamente es tierra).



3.6.5.-SEÑALES DE CONTROL

Existe un switch límite entre terminales 3 y 4, switch de aire entre terminales W-R y el switch del damper entre terminales W-B todos activados con muy baja corriente (menor a 5 miliamperios)

3.6.6.-INDICADORES

1. Decodificador binario de los pasos del programa 0 a 15 e incluye el punto para indicar cualquier paro del programa visualizado en un display de 7 segmentos, donde el paso 0 al 9 se indica numéricamente y del paso 10 al 15 con la siguiente codificación: 10= c 11= o 12= u 13= s 14= 6 y 15 sin indicación (display off)
2. Master: indica que las condiciones del encendido están dadas, es la señal maestra y de ella dependen todos los sistemas lógicos.
3. Llama F/C: Indicador del estado del amplificador de llama (testigo de llama) es normal que en estado de off una tenue iluminación.
4. Indicación del estado (activado o desactivado) de los switch de seguridad (límites), switch damper y switch aire primario.
5. Indicadores de salida para ventilador, ignición (corta) válvula principal y posición modulación automática.

3.6.7.- DESCRIPCIÓN DE OPERACIÓN

- 1. Al colocar y darle energía al programador por los terminales 2 y 4, estando activo cualquier límite la única indicación que aparece es 0 esta indica que está en posición de standby.**

Si los límites están correctos, el switch de control en ON, se activa el testigo de switch LIMITE, en este instante el programador simula una señal de llama AUTO CHECK, probándose inmediatamente el amplificador generando de esta manera la señal MASTER, dando paso al arranque del ventilador y apagando el punto de PARO, e inicia el tiempo de prepurga (apertura del damper) durante 24 segundos.

2. La señal de AUTO CHECK permanece hasta el paso 2 y el switch de aire tiene un tiempo de 12 segundos para activarse, de no hacerlo se aborta el programa y recicla hasta regresar a posición 0.
3. En el paso 3 pasa la modulación a cerrar el damper. Termina la prepurga. Si existe algún inicio de llama dentro del hogar el control da la orden de paro e inicia tiempo de 1 minuto para dar la alarma indicando en el display el

punto de paro de secuencia por presencia de llama ya sea en el paso 3 o 4.

4. Al ordenar el programador al motor de cierre de damper le ofrece un tiempo de 16 segundos para activar el switch del damper y si no es suficiente en el paso 5 da la orden de paro y a la vez inicia el conteo de 1 minuto para bloqueo y alarma, de esta manera ofrece 40 segundos adicionales para cerrar el damper; y si es activado el switch del damper 3 en forma normal la secuencia continúa.
5. Al inicio del paso 6 da la orden de piloto (salida del terminal 5 y 6 simultáneamente)
6. Si la llama piloto es aceptada y se estabiliza en los próximos 7n segundos, al pasar al paso 7 da la orden a la válvula principal de combustible, salida del terminal 7.
7. Si no existe llama piloto, defectuosa o no es vista por la celda, se inhabilita la válvula principal de combustible e inicia tiempo de bloqueo, el controlador continúa su recorrido normal hasta el paso 11 donde se bloquea dando alarma.
8. Si no se presentaron inconvenientes en el encendido y la entrada de combustible estuvo acertada en sus condiciones, la señal

de piloto corto permanece hasta la indicación 9 pasando la modulación de bajo fuego a automática.

9. En el inicio del paso 11 sale la ignición larga y los indicadores no se alteran.
10. Al llegar al paso 13 se detiene el programa y el quemador queda en posición de calentamiento. Esta es la posición de trabajo.
11. A la orden de “apagar quemador” por acción de la presión, temperatura, o cualquier otro límite de seguridad, se desactiva la válvula de combustible, el control reinicia su secuencia (post-purga), el módulo pasa a bajo fuego hasta el final del paso 15 (display off) donde regresa a 0 en posición de standby.
12. Si estando en posición de calentamiento, el quemador se apaga por cualquier irregularidad en el suministro de combustible, igualmente se desactiva la válvula principal a los 4 segundos de haber fallado la llama e inicia tiempo de 1 minuto para el bloqueo sin posibilidad de encendido.

3.6.8.- DIAGRAMA DE PROCESO DE ENCENDIDO

*Los pasos anteriormente citados se observa claramente en el grafico del **anexo N - 3.18***

3.6.9.- PRECAUCIONES AL REALIZAR LAS PRUEBAS

- No exceder de 135 voltios el voltaje de alimentación
- No realizar puentes internos en los bornes de conexión.
- Antes de cualquier aparente falla revisar las condiciones de la caldera, observe la sección localización de Fallas.
- No exceder la capacidad del fusible, máximo 10 amperios
- Evitar al máximo el vapor o la humedad cerca del tablero.
- Controle la temperatura del tablero, si excede a los 45 grados, instale un ventilador pequeño al tablero.
- Mantenga limpio el gabinete, la acumulación de partículas de carbón puede causar daños al programador.

3.6.10.- LOCALIZACIÓN DE AVERIAS.

1. PROGRAMADOR NO PRESENTA NINGUNA INDICACIÓN

- a. Cero (0) voltios en terminales 2 y 4
- b. Bloqueado, pulsar desbloqueo
- c. Fusible abierto o falsa conexión en bornes
- d. Líneas abiertas o error en instalación

2. CERO VOLTIOS TERMINALES 2 y 3

- a. Serie de switch limite interrumpida
- b. Líneas abiertas, falsa conexión o error en instalación

3. VENTILADOR NO MARCHA

- a. Breaker del motor apagado
- b. Fusibles de fuerza abiertos
- c. Térmico activado
- d. Motor o contactor defectuoso
- e. Línea abierta, falsa conexión, error en la conexión.
- f. Contacto relé 1 aislado (interno del programador).

4. VENTILADOR ON, PREPURGA NO ACTIVADA (DAMPER NO SE ABRE)

- a. No existe conexión al borne 13
- b. No hay voltaje para el motor

- c. Error en instalación, línea abierta o falsa conexión.

5. VENTILADOR ON, PROGRAMADOR STOP EN PASO 3, LLAMA F/C ON

- a. Llama presente en el hogar
- b. Refractorio incandescente (reoriente la fotocelda)
- c. Fotocelda o amplificador defectuoso
- d. Error en instalación, falsa conexión.
- e. Alto nivel de ruido eléctrico, adicione un filtro EMI a la línea de alimentación.

6. EL PROGRAMADOR INICIA SU CICLO Y RECICLA A 0 SIN OFRECER ENCENDIDO

- a. Switch de flujo de aire defectuoso o desajustado
- b. No se cierra contacto de terminales W-R
- c. Falsa conexión en terminales W-R-B
- d. Error en conexión.

7. LA SECUENCIA NO CONTINÚA DE 5

- a. Switch damper no es activado
- b. Modutrol defectuoso
- c. Falsa conexión en bornes o error en instalación.

8. LLAMA PILOTO NO ESTABLECIDA NI DETECTADA. IGNICIÓN ON

- a. Válvula piloto, transformador de ignición o electrodos defectuosos.
- b. Ajuste inapropiado de la presión del gas o demasiado aire primario.
- c. Línea abierta, falsa conexión o error en instalación.
- d. Campo de "visión" de la fotocelda obstruido o no es la indicada.

9. LA LLAMA PRINCIPAL NO SE ESTABLECE DESPUÉS DE 8 SEGUNDOS DE LLAMA PILOTO

- a. Inadecuado suministro de combustible
- b. Baja temperatura en combustibles pesados.
- c. Válvula principal o de retorno defectuosa
- d. Inadecuado ajuste del quemador
- e. Línea abierta, falsa conexión o error en instalación.

10. AL POCO TIEMPO DE INICIAR AUTO SE APAGA EL QUEMADOR

- a. Inapropiado ajuste del quemador
- b. Desajuste en presión de atomización
- c. Conecte la unidad de encendido al terminal 6.
- d. Error en instalación mecánica del conjunto de modulación.
- e. Falsa conexión o error en instalación.

11. SERVOCONTROL NO RESPONDE A LA DEMANDA DE ACUERDO A LA PRESIÓN

- a. Presóstato de resistencia desajustado o defectuoso.
- b. Línea abierta, falsa conexión o error en instalación.
- c. Switch de modulación en bajo fuego.

CAPITULO IV

4.- OPTIMIZACION EN LA UTILIZACIÓN DE VAPOR

La optimización del sistema de vapor no consiste simplemente en el buen funcionamiento del caldero, depende de todas y cada una de las partes y elementos que permiten que el vapor llegue hasta el punto de aplicación.

Vamos a levantar la información de los parámetros de medida que se encuentran funcionando los diferentes equipos y registrarlos en tablas de control y comparación.

Los métodos de ahorro energético en la generación de vapor que trataremos mas adelante se relacionan principalmente con:

- Control de purgas
- Cantidad de aire requerido
- Aislamiento adecuado
- Presión de Operación

4.1.- GENERACIÓN DE VAPOR

La generación de vapor se realiza por medio del caldero powermaster de fabricación americana, los datos técnicos están detallados en el capítulo II.

El caldero es tipo pirotubular o de tubos de fuego con una potencia de 100 BHP. Su estructura esta diseñado para soportar una presión máxima de 150 psi y ofrece una presión máxima de salida de 125 psi. Utiliza como combustible principal diesel 2 con un consumo de 30.3 galones por hora. La presión de trabajo que se emplea es de 90 psi. **Anexo N- 4.1**

El vapor producido en su totalidad se lo utiliza en el laminador para precocer el maíz a una temperatura de 85 grados centígrados y parte en el secado de los flex u ojuelas que salen del laminador y pasan por una secadora denominada OTW la misma que seca al producto y envía a los bancos de molienda.

El transporte del vapor hasta el laminador y la secadora se lo realiza a través de tubería de 2 “ la misma que tiene una distancia de 10 y 12 metros respectivamente.

4.2.- DIAGRAMA DE UTILIZACIÓN DE VAPOR EN EL PROCESO

En el siguiente diagrama se detallará todo el proceso de molienda, y el sitio de empleo del vapor. **Anexo N- 4.2**

4.3.- MEDICIÓN DE LOS PRINCIPALES PARÁMETROS

Las mediciones se realizan en varias condiciones de cargas usuales en los requerimientos de funcionamiento.

Los principales parámetros en los cuales se realizarán las mediciones serán:

- Temperatura de agua de entrada
- Temperatura de los gases de combustión
- Presión de salida de combustible
- Presión de vapor
- Presión de aire
- Presión de entrada de agua
- Coloración de humo
- Análisis químico del agua

4.4.- REGISTRO DE DATOS

Los valores de las mediciones que fueron recopiladas se encuentran en la tabla 4.4.1; el detalle del análisis del agua

realizada por la empresa AWT en la tabla 4.4.2 y detalladas a continuación.

TABLA 4.4.1

TABLA 4.4.2

4.5. SOLUCIONES PARA EVITAR LAS PÉRDIDAS DEL SISTEMA DE VAPOR

En todo sistema existen pérdidas de energía debido a varios factores, estos muchas veces pueden ser controlados y reducidos al mínimo valor. Para los sistemas de generación de vapor, vamos a enfocarnos en puntos de importancia para reducir la pérdida de energía.

4.5.1.-DISMINUCIÓN DEL CALOR SENSIBLE EN LAS PURGAS

Se realiza las purgas con la finalidad de extraer los sólidos totales disueltos en el agua del caldero, éstos deben ser removidos para evitar que existan incrustaciones en los tubos, corrosión; ayudan también a mantener el ph entre 10,5 y 12. Una de las maneras de saber si se están realizando las purgas, es midiendo el ph del agua.

Se debe tomar muy en cuenta el número recomendado de purgas, si son elevadas y existe una concentración de sólidos menor o mayor provocará efectos en la eficiencia,

transferencia de calor y deterioro del caldero. No se deben exceder de 4 purgas diarias, a no ser de que el agua de alimentación presente una cantidad de sólidos elevados. Las Purgas deben realizarse en golpes de 3, es decir, abriendo la llave 5 segundos y cerrándola 10; esto se repite 3 veces, lo que equivale a una purga.

Las purgas pueden ser diferentes para calderos de baja, mediana y alta presión. Para calderos de baja y mediana presión, es fundamental es el control de sólidos totales disueltos permisibles (TDS).

Para calderos de alta presión un factor determinante es el contenido de sílice que es soluble en el vapor y puede depositarse en los equipos que utilizan vapor a elevada presión, disminuyendo su rendimiento.

En calderos pirotubulares el nivel permisible de sólidos totales disueltos en el agua se encuentra entre 2500 – 3000 ppm. y la cantidad de sílice entre 75 y 100 ppm, no existiendo ningún peligro de arrastre.

En los calderos de tubo de agua, éstos parámetros se encuentran en función de la presión de operación.

4.5.1.1.- CONCEPTOS PARA CALDEROS

1.- Porcentaje de purga: según el número óptimo de ciclos se calcula el porcentaje de purga; la purga es un factor importante para mantener el caldero sin incrustaciones, así como para regular el nivel de los químicos en el agua del caldero.

2.- Ciclos: El número de ciclos que puede hacer el agua del caldero depende de la dureza total del agua cruda, de la presión de trabajo y del tipo de caldero.

3.- pH: debe permanecer entre 10,5 y 12 en el agua del caldero. Un pH menor a 10,5 es incrustante y corrosivo, muy peligroso y si es

mayor a 12 causa arrastre de sólidos en el vapor y fatigación caústica.

4.- STD: Los sólidos totales disueltos se calculan para cada caso, según el agua cruda, la presión de trabajo y el número de pasos del caldero. Sirven como medida de la máxima cantidad de lodos que pueden haber en el caldero. Si se pasa este límite, puede ocurrir incrustaciones.

5.- Dureza total o dureza calcio: la dureza total en el agua de alimentación debería ser cero, lo que muchas veces no es posible. Según la dureza total se escoge el tipo de tratamiento químico. El agua del caldero también debe ser cero, midiéndola en una muestra filtrada.

6.- Alcalinidad F: Mide la mitad de los carbonatos y la totalidad de los hidróxidos. En el agua cruda debe ser Cero; en el agua del caldero debe ser mayor a la mitad de la alcalinidad T (total). Cuando no es así, el agua cruda no está contaminada y la del caldero desbalanceada.

7.- Alcalinidad Total: Comprende todas las alcalinidades; bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos. En un análisis no pueden estar presentes bicarbonatos e hidróxidos. La alcalinidad T en el caldero depende del agua cruda y del tratamiento químico. Junto con la alcalinidad F, indica la presencia de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos.

8.- Bicarbonatos: En el agua cruda deben conformar toda la alcalinidad. En el agua del caldero debe ser cero.

9.- Carbonatos: Deben estar ausentes en el agua cruda; en el agua del caldero deben estar en cantidad mayor a 200 ppm. En el agua cruda es mejor tratarle mediante el “ciclo carbonato”, es decir en base de carbonatos. Precipitan el calcio.

10.- Hidróxidos: Deben estar ausentes en el agua cruda. En el agua del caldero deben

estar entre 200 y 2400 ppm. Precipitan el magnesio y mantienen la sílice sin incrustarse, protegen el metal de la corrosión. Cuando su presencia es muy alta puede causar una fragilización del metal.

11.- Fosfato: Es el tratamiento adecuado para las aguas blandas, conocido como ciclo “fosfato”. El residual debe estar entre 30-60 ppm en el agua del caldero, medida que se realiza en el agua filtrada, cuando hay presencia de sólidos suspensos. Precipita el calcio.

12.- Sulfito: Protege contra la corrosión por oxígeno, que causa huecos en el metal y en forma muy rápida, debe estar presente entre 20 y 100 ppm en forma muy catalizada. Menos de 20 significa que falta dosificación del producto químico.

13.- Sílice: Cuando el pH está sobre 10,5 los hidróxidos sobre 200 ppm y el caldero

trabaja menos de 250 libras por pulgada cuadrada, la cantidad de sílice en el agua del caldero no es problema, pues no se incrustará.

14.- Hierro: La presencia máxima de hierro en el agua del caldero es de 10 ppm, puede causar incrustaciones porque interfiere con los anticristalizantes. No es síntoma de corrosión, cuando el pH y las alcalinidades están normales, pero en caso contrario si puede aparecer en el agua del caldero porque entra con el agua cruda y/o con el condensado.

4.5.2 EVITAR EL EXCESO DE AIRE

Es necesario trabajar sin exceso de aire pues nos permite reducir las pérdidas de energía; el trabajar con una alta cantidad de aire tiene consecuencias como:

Incremento de pérdidas energéticas por la chimenea, ya que, mientras mayor es la cantidad ingreso de aire

también será mayor la cantidad de calor que se pierde con los gases combustionados que salen al exterior.

- La disminución de la temperatura de llama reduce la transmisión de calor en el hogar.
- Sobrecarga en los ventiladores ya que se necesita desplazar un mayor volumen de aire.

4.5.3 AISLAMIENTO ADECUADO DEL CALDERO, EQUIPOS AUXILIARES, CABEZALES DE VAPOR, TUBERÍA Y ACCESORIOS

Se debe evitar que se pierda la energía calorífica por radiación y transmisión de calor mediante la selección e implementación de un adecuado y apropiado aislamiento en cada una de las partes y accesorios del sistema de vapor. Un buen nivel a

aislamiento nos permitirá obtener un ahorro sustancial de energía.

4.5.4 PLAN DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

La parte más importante para el buen funcionamiento de la caldera es un programa de mantenimiento. Si se establece dicho programa se tendrá la seguridad de que la caldera funcionará con un mínimo de paradas costosas, será más económica y evitará altos costos de reparación.

Debido a esta experiencia es necesario considerar como base de un buen mantenimiento un riguroso control del tratamiento del agua de la caldera. Se debe llevar un registro de funcionamiento de la caldera, anotando las lecturas pertinentes al funcionamiento del quemador, presión del combustible, presión de aire, lectura de la chimenea; siendo guías evidentes que nos ayudarán a determinar el desempeño del equipo e indicará con rapidez cualquier dificultad que pudiera desarrollarse.

Es necesario familiarizarse con su funcionamiento, observación, limpieza y cuidado, será de gran ayuda para mantener la planta en condición eficiente y sin fallas.

4.5.4.1.- MANTENIMIENTO DIARIO

1. **Realice una completa inspección del área del caldero revisando las tuberías y válvulas para observar la presencia de fugas y evidenciar si los elementos (motores, bombas, controles) funcionan de manera normal.**

2. **Purgue el caldero con regularidad de acuerdo con los requisitos. Revise el que el número y la frecuencia de las purgas recomendadas por el especialista en tratamiento de aguas se cumpla efectivamente.**

El procedimiento correcto de la purga consiste en abrir la válvula de purga del fondo, primero poco a poco y después por completo; luego cierre de la misma manera.

3. **En calderos de vapor, cuando tiene purga de superficie, la espuma de la superficie debe ser purgada a diario.**

- 4. Purgue la columna de agua hasta el punto más bajo, cuando la unidad esta funcionando. El caldero debe pararse, sin esto no sucede hay que investigar el problema y corregirlo.**
- 5. Verifique la lubricación del compresor de aire.**
- 6. Mantenga limpio el cuarto del caldero.**
- 7. Cuando arranque el caldero, asegúrese de que el encendido sea el correcto y que el quemador complete su ciclo de encendido perfectamente. Si tiene termómetro de la chimenea, verifique a diario la temperatura, esto será un buen indicio de la limpieza de los tubos.**
- 8. Revise las condiciones de fuego visualmente.**
- 9. Revise la alimentación de productos químicos empleados en el tratamiento de agua de alimentación. Recuerde que el tratamiento debe introducirse directamente en la caldera en el lado de descarga de la bomba de alimentación, nunca por medio de la bomba de alimentación o tanque de condensado.**

4.5.4.2.- MANTENIMIENTO SEMANAL

1. **Revise la operación del control de combustión. Investigue y corrija cualquier defecto de la válvula de combustible.**
2. **Revise el interruptor o presóstato de alto límite.**
3. **Limpieza total de toda la unidad.**

4.5.4.3.- MANTENIMIENTO MENSUAL

1. **Limpie con cuidado el polvo de los controles eléctricos y revise los contactos de los arrancadores. Mantenga siempre cerrada la puerta del gabinete de control.**
2. **Limpie el filtro de combustible, revise que el empaque se encuentre en buenas condiciones.**
3. **Limpie el colador de alimentación de agua entre la bomba y el tanque de condensado.**

- 4. Engrase los motores y limpie los residuos de grasa.**
- 5. Desmonte y limpie el conjunto del que mador.**
- 6. Revise los empaques de la bomba de alimentación. Los casquillos o prensa estopas del empaque no se deben apretar demasiado. Debe haber siempre un ligero goteo de los casquillos.**
- 7. Desmonte el conjunto de la boquilla de atomización. No se debe limpiar la boquilla con instrumento metálico.**
- 8. Desmonte y revise los electrodos del encendido y vea si la apertura es correcta; limpie el conjunto y revise el aislamiento para ver si no esta roto.**
- 9. Revise los tornillos de anclaje de los motores y bombas.**

- 10. Compruebe la alineación de la bomba de alimentación con el motor. Si la bomba esta desalineada causará una fuerte vibración y gastara el empaque del acople.**
- 11. Limpie la malla de entrada de aire al ventilador, dependiendo de los requerimientos.**
- 12. Retire el filtro del compresor de aire, puede hacerlo con gasolina, antes de instalarlo nuevamente deje que se seque bien sin que tenga residuos. Puede ser que requiera una limpieza mas frecuente de pendiendo de las condiciones locales.**
- 13. Verifique el funcionamiento de las válvulas de seguridad. Para esto, levante la válvula de seguridad por la palanca de mano para asegurarse que esta operando libremente.**
- 14. Revise la tensión de las correas en “V”**

4.5.4.4.- MANTENIMIENTO SEMESTRAL

- 1. Enfríe el caldero lentamente hasta la temperatura ambiente. Si no se refresca lentamente, afectará la vida del caldero y posiblemente hará que los tubos goteen.**

- 2. Quite gradualmente todos los tornillos y quite las compuertas posteriores.**

- 3. Use un limpiador de cerdas de acero para fluces y un limpiador al vacío, cepille el interior de los tubos hasta el terminal frontal del caldero.**

- 4. El hollín y las escamas deben quitarse del terminal frontal del caldero quitando la cubierta de la boca de limpieza ubicada en el fondo de la cubre-palanca frontal e insertando la manguera de limpiador al vacío.**

- 5. Revise los refractarios de la cabeza posterior y limpie cualquier rajadura y repare. Cuando las rajaduras son intensas es preferible fundir un nuevo refractario antes de intentar repararlo.**

- 6. Siempre reemplace el asbesto de alrededor del borde del refractario posterior con un nuevo asbesto.**

- 7. Cierre la compuerta trasera y empuje gradualmente, apriete los pernos en cruz**

- 8. Apriete los pernos de la cubierta frontal para ajustar cualquier aflojamiento originado por el secado del asbesto.**

- 9. Revise el lado de agua de la caldera. Deje que la caldera se enfríe por completo y expúlsela por la purga de fondo. Quite las tapas de inspección de mano y la tapa de inspección de hombre y lave bien con agua la caldera, utilizando una manguera de alta presión. Aplique el chorro de agua por las aberturas de arriba y de abajo para asegurarse que toda la incrustación y sedimentos salgan del casco. Quite el tapón de la cruz situado bajo la columna de agua y limpie el tubo que entra en la caldera.**

- 10. Después de lavar el caldero, examine con cuidado las superficies de evaporación para ver si hay indicios de corrosión, picadura o incrustación. Cualquier indicio de estas denota la necesidad de dar mejor tratamiento de agua al caldero. La mejor manera de prevenir las incrustaciones, picaduras o corrosión es someter periódicamente el agua a un análisis químico donde un buen especialista y tratar el agua según sus recomendaciones.**
- 11. Al volver a colocar las tapas de incrustación de mano y la tapa de inspección de hombre, ponga los empaque nuevos; antes de colocar los empaques limpie los residuos de las juntas, los asientos de las tapas y el casco de la caldera.**
- 12. Mientras el caldero esta parado, revise todas las llaves, válvulas y grifos. Reemplace si es necesario.**
- 13. Si es necesario cambie las correas en "V". Nunca use correas nuevas y usadas en el mismo juego. Haga el cambio con un juego**

nuevo. Revise la tensión después de 36 horas de uso.

14. Para poner la caldera en servicio llene de agua hasta el nivel apropiado, pulse el botón de reposición del control de bajo nivel de agua; empiece a subir lentamente la presión y ajústese las tapas de los agujeros de inspección y de acceso, a medida que la temperatura se incrementa.

15. *El hervido del caldero.*- el oleaje en el nivel visible es indicio de aceite y grasa en el agua de alimentación lo cual perjudicial para el caldero. Tan pronto como se note dicho oleaje, de Hervirse el caldero, proceda lo siguiente:

a. Disuelva en agua una libra de soda acústica y una libra de fosfato trisódico por cada 100 galones de agua del caldero. Quite las válvulas de seguridad y vierta esta solución por una de las conexiones de ellas.

b. Llene el caldero por completo y conecte una manguera en la conexión de la válvula de

seguridad que llegue al drenaje; caliente despacio la caldera y déjela hervir sin permitir que levante presión. Mantenga esta temperatura durante dos horas. Entonces vacíe el caldero y lávela perfectamente con agua a presión. Antes de cerrar, examine la condición de los tubos y del caldero para ver si no existe signos de aceite o grasa.

Cierre el caldero y prepárelo para el arranque.

4.5.4.5. MANTENIMIENTO ANUAL

El programa de mantenimiento anual incluye los puntos del mantenimiento semestral y además debe incluir:

- 1. Cambie la empaquetadura de la bomba de alimentación si se necesita.**
- 2. Desarme los motores por completo, limpie completamente y pruebe los aislamientos. Limpie las bobinas con aire comprimido (26psi),**

puede utilizar tetracloruro de carbono o un solvente similar. Si utiliza solventes asegúrese de que existe suficiente ventilación.

3. **Cambie el tapón fusible del agua que esta ubicado en el espejo aproximadamente a una pulgada arriba de la hilera superior de los tubos. El tapón fusible esta enroscado en el espejo por el lado de fuego. Este tapón tiene un cuerpo de metal fundible con un punto de fusión de 450 °F . Si llegara a fundirse revise perfectamente el interior del caldero antes de volver a arrancar. Cuando se cambie dicho tapón debe revestirse la rosca con grafito para que se pueda quitar con facilidad la próxima vez que se cambie.**

CAPITULO V

5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.- CONCLUSIONES

Con relación al trabajo desarrollado, se puede concluir que:

- El mejor tratamiento del agua, frecuencia de purgas recomendadas y el correcto procedimiento de trabajo garantizan que no existan incrustaciones, corrosión y desgaste en los tubos de fuego del caldero.
- El programador del caldero necesariamente tiene que ser de tipo industrial, no es recomendable la utilización de un PLC, debido a la excesiva humedad
- Con un nuevo presupuesto se puede realizar el cambio de las válvulas de fondo.
- Con la adquisición del Kit de comprobación de dureza de agua, nos permite llevar un control estricto de los parámetros del líquido que ingresa al caldero y evaluar si permanece en las condiciones favorables.
- El plan de mantenimiento implementado permite un mejor rendimiento del equipo de generación.
- Con el nuevo programador, la empresa Molinos Poulter S.A. en el molino de maíz, puede disponer de la cantidad y calidad de vapor requerido para la elaboración de la harina precocida.

- Mediante los trabajos realizados, el caldero Powermaster se encuentra trabajando dentro de los límites óptimos de operación, no existe pérdida de energía por fugas de vapor desde la generación, trayectoria y aplicación en el proceso
- Con el buen funcionamiento del equipo, se eliminaron los arranques por fallas en el programador, lo que reduce el consumo de combustible, desgaste de motores y bombas.
- Se garantiza la generación de vapor las 24 horas sin interrupciones, permitiendo contar con vapor suficiente para producir 1500 kilogramos de harina precocida por hora.

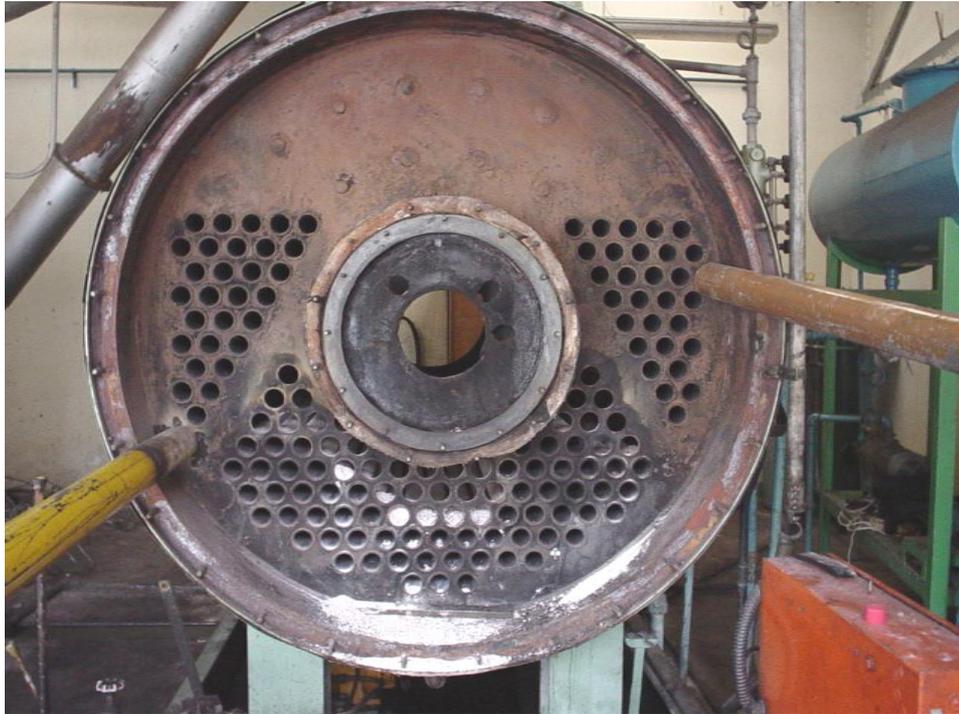
5.2 RECOMENDACIONES

- Las purgas deben realizarse 3 veces al día en golpes de tres, es decir, abriendo la llave 5 segundos y cerrando 10 segundos, esto se repite 3 veces lo que constituye una purga.
- Es necesario que en el tratamiento de agua dosificar 4 litros diarios de Solvex Premium L que mantendrán la dureza del agua no mayor a 20 ppm.
- Se recomienda cambiar las válvulas de purgas para que se pueda realizar las mismas de forma automática.
- Debe mantenerse siempre cerrada la tapa del tablero del programador para evitar la humedad en los circuitos electrónicos.
- El personal responsable de la operación y manejo del sistema de generación debe recibir capacitación adecuada y permanente.
- Se debe adquirir un regulador de voltaje para el programador con lo cual se eliminan las variaciones de voltaje y futuros daños en el equipo.

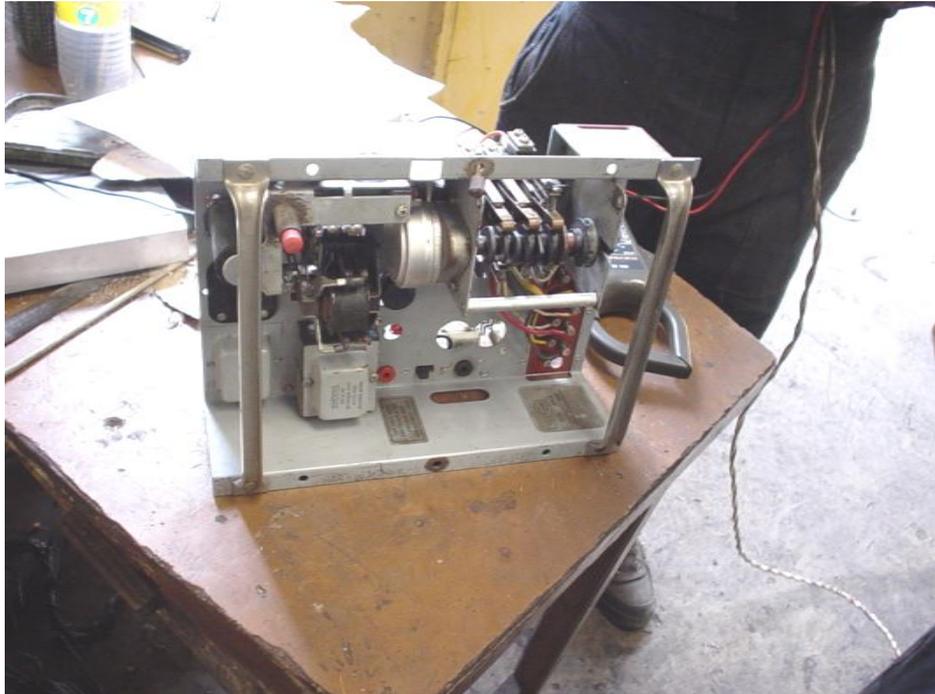
BIBLIOGRAFÍA

- Marx, (1995) Manual del Ingeniero Mecánico, Novena edición, México
- Doctor. Aguinaga A. (1996) Mantenimiento de Calderos
- Ing. Ramírez Angel (1992) Seminario de Control, Operación y Mantenimiento de Calderos, Ambato
- Manual de programadores Honeywell, última edición
- Instituto Nacional de Energía, Programa de Capacitación en la Gerencia de la Energía en la Industria
- Caldera Integrada de Cleaver – Brooks, Manual de Operación, Mantenimiento y Repuestos,

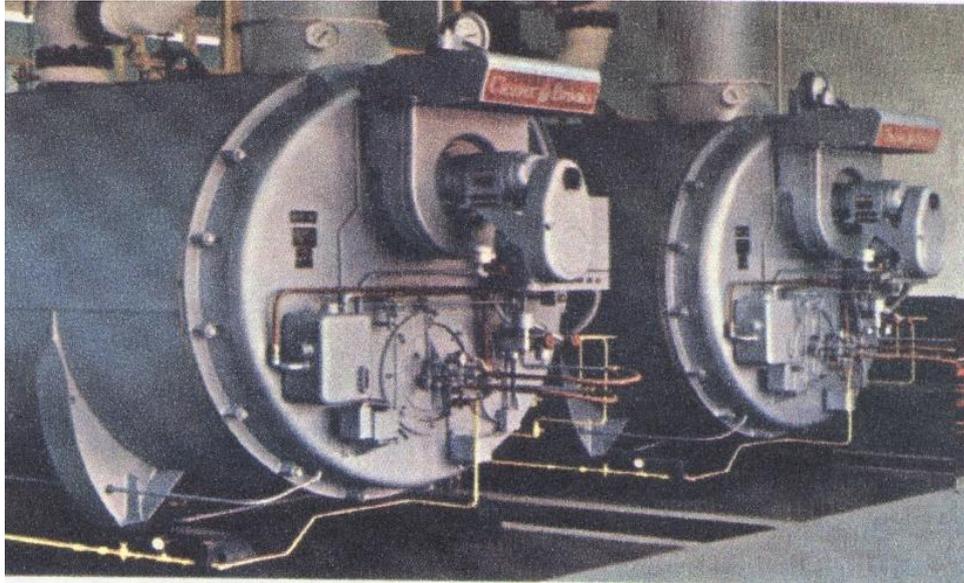
ANEXO1



ANEXO 2

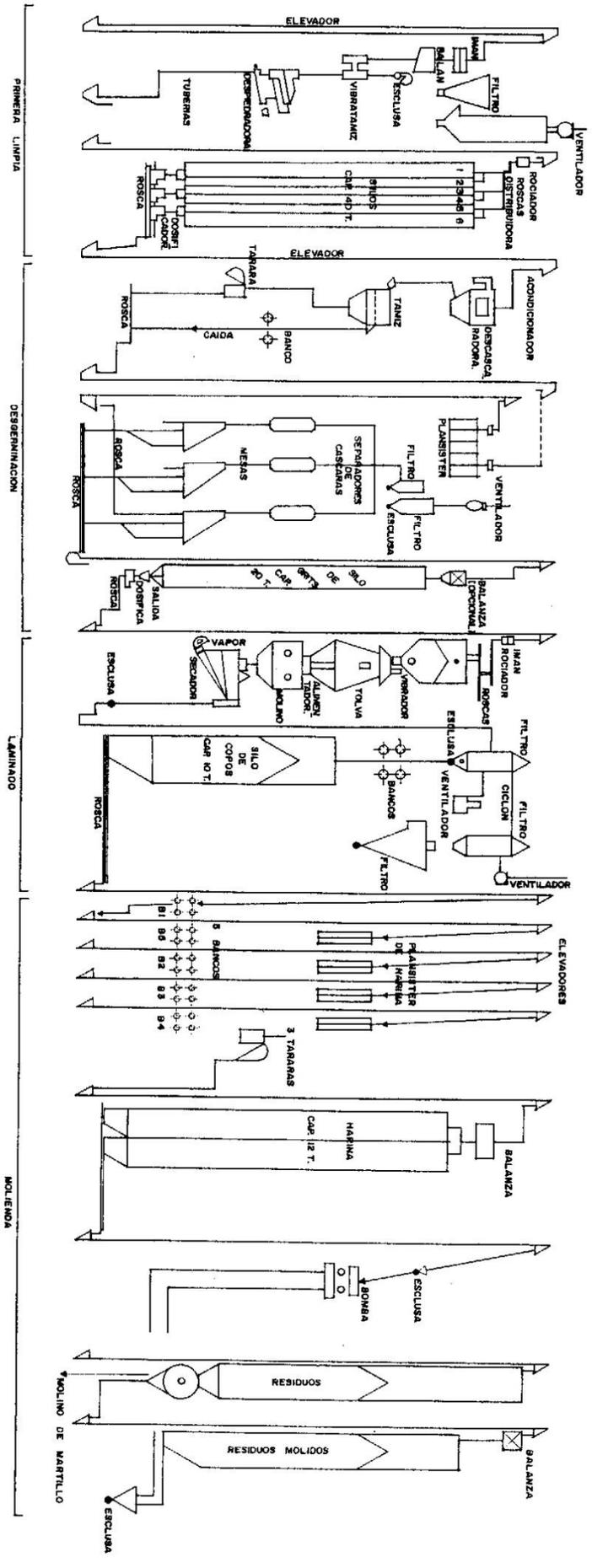


ANEXO 3



ANEXO 4





RECUPERACION DE LA INVERSION

VALORES EN USD DE CONSUMO ANTERIOR

Relación mensual	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Combustible	8648	8640	8550	8645	8652	8645	8640	8645	8645	8640	8645	8650	8640
Agua	25	25	25	26	25	24	25	25	24	25	26	24	25
Quimicos	65	40	40	40	65	40	40	40	65	40	40	65	40
Energía eléctrica	70	73	75	73	73	75	75	75	73	75	75	73	75
Total mensual	8808	8778	8690	8784	8815	8784	8780	8785	8807	8780	8786	8812	8780

VALORES EN USD DE CONSUMO ACTUAL

Relación mensual	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Inversión Programador	1650	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inversión Cambio de tubos	650	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Combustible	8030	8030	8030	8030	8030	8030	8030	8030	8030	8030	8030	8030	8030
Agua	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Quimicos	55	50	50	50	55	50	50	50	55	50	50	50	55
Energía eléctrica	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
Total mensual	10477	8172	8172	8172	8177	8172	8172	8172	8177	8172	8172	8172	8177

FLUJO DE FONDOS

Relación mensual	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Flujo de fondos diferencial	-1669	606	518	612	638	612	608	613	630	608	614	640	603

TIEMPO DE RECUPERACIÓN

n	VPN
mes	USD
1	606
2	1124
3	1736

4	2374
5	2986
6	3594
7	4207
8	4837
9	5445

**ANALISIS QUIMICO DEL AGUA CALDERO
POWERMASTER**

PARAMETROS	CALDERO	ABLANDADOR	CONDENSADOR	UNIDAD
PH	11,5	7	7	ppm
STD	2650	390	26	ppm
Dureza total	0	200		ppm
Dureza Calcio	0			ppm
Alcalinidad F	700			ppm
Alcalinidad T	1150			ppm
Bicarbonatos	0			ppm
Carbonatos	900			ppm
Hidróxidos	250			ppm
Fosfatos	45			ppm
Sulfito	20			ppm
Ciclos	8,81			ppm
Porcentage de Purgas	11,4			%
Hierro			1,8	ppm

OBSERVACIONES

CALADERO: Parámetros dentro de los límites óptimos. Se debe purgar 3 veces al día y dosificar SOLVEX PREMIUM

ABLANDADOR: Regenerar con 30 lbs de sal disueltas en 80 lts de agua.

CONDENSADOR: Sólidos óptimos pero hierro elevado se recomienda AMIDEX.

COLUMNA

ITEM	MARCA/SERIE	1 VOLTAJE VOLTIOS	2 FRECUENCIA HERZ	3 COMPONENTES ADICIONALES	4 DIFICULTAD DE PROGRAMACION	5 DIFICULTAD DE INSTALACION
1	PLC KOYO DL6	220	60	Tarjetas prepurga Tarjeta amplificació señal de llama Pantalla Tarjeta para presuretroles	Alta	Media
2	HONEYWELL 7895	220	60	Amplificador Tarjeta de purga Pantalla Subbase Fotocélula	Media	Alta
3	AP3-A	220	60	Fotocélula (opcional ya que puede emplearse la misma)	Baja	Baja
4	HONEYWELL 7800L	220	60	Amplificador Tarjeta de purga Pantalla Subbase Fotocélula	Media	Alta

Elaborado por:

.....
Sr. Fabián Freire Aguilar

Decano de la Facultad

.....
Ing. Vicente Hallo

Secretario Académico

.....
Dr. Washington Yandún Ávila

