

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

**Elaboración de un Programa de Mantenimiento para la Casa de
Máquinas del Hospital Provincial Docente “Alfredo Noboa
Montenegro” de la Ciudad de Guaranda - Provincia Bolívar.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
MECÁNICO**

MIGUEL SANTIAGO SOCASI GUALOTUÑA
santisocasi@yahoo.es

ISRAEL MAURICIO VILLACRÉS PAREDES
imaovipa@hotmail.com

DIRECTOR: Ing. FERNANDO JÁCOME.
luisfernandojacome@epn.edu.ec

Quito, Julio 2009

DECLARACIÓN

Nosotros, Socasi Gualotuña Miguel Santiago, Villacrés Paredes Israel Mauricio, declaramos bajo juramento que el presente trabajo aquí descrito es de nuestra auditoría; que no ha sido presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad vigente.

Socasi Gualotuña Miguel Santiago

Villacrés Paredes Israel Mauricio

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Socasi Gualotuña Miguel Santiago, Villacrés Paredes Israel Mauricio, bajo mi supervisión.

Ing. Fernando Jácome.
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A Dios por darnos la fuerza, la salud y ser el guía en nuestro camino para levantarnos en los momentos más difíciles de nuestras vidas.

A la Escuela Politécnica Nacional y a todo su personal docente, quienes nos han formado como profesionales y como personas.

A nuestros padres, que gracias a todo el amor que depositaron en nosotros hemos logrado sobresalir, y lograr nuestros objetivos.

A nuestros hermanos que con su ayuda y cariño siempre han estado incentivándonos para jamás rendirnos, y saber que podemos seguir adelante.

Al Ing. Fernando Jácome que bajo su guía nos permitió llevar a cabo satisfactoriamente este proyecto.

A nuestros amigos de promoción que supieron apoyarnos en toda clase de consultas, y nuestros amigos externos a la universidad que nos apoyaron desinteresadamente en el transcurso del proyecto y a todos quienes de una u otra manera han contribuido en el.

DEDICATORIA

A mi padre José por estar cuidando siempre de la familia, mi madre Mercedes por apoyarme en este largo camino y demostrarme su lucha e interés de superación personal; y a mis hermanos Carlos, Paulo y Lucy que me dieron la fuerza de seguir adelante y me demostraron que se puede llegar muy alto.

Miguel Socasi.

A mis padres Javier y Beatriz, por que los amo y me han enseñado a valorar lo que tengo y a cumplir mis metas y objetivos, y por todos sus sacrificios que han hecho durante su vida.

A mis hermanos que con cariño me han ayudado en mi formación.

Israel Villacrés.

CONTENIDO

DECLARACIÓN	II
CERTIFICACIÓN	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
DEDICATORIA.....	V
CONTENIDO.....	VI
ÍNDICE	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XII
ÍNDICE DE ANEXOS	XIII
RESUMEN	XV
PRESENTACIÓN	XVII

ÍNDICE

CAPÍTULO 1	1
GENERALIDADES DEL HOSPITAL	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Antecedentes del hospital.	2
1.2.1. Antecedentes históricos.....	2
1.3. Ubicación y Tipo de Servicio Prestado.....	3
1.3.1. Organigrama Administrativo	4
1.3.1.1. Personal Administrativo	4
1.3.2. Infraestructura Física	6
1.3.2.1. Infraestructura del Departamento de Mantenimiento	6
1.3.3. Situación Administrativa del Departamento de Mantenimiento.....	6
1.4. Medios Necesarios para el Departamento de Mantenimiento.....	7
1.4.1. Condiciones Generales.	7
1.4.2. Condiciones de Infraestructura.....	7
1.4.3. Condiciones Financieras para el Mantenimiento	8
1.4.4. Requisitos del Jefe de mantenimiento.....	9
CAPÍTULO 2	11

FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA ADMINISTRACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO	11
2.1. Introducción.....	11
2.2. Administración de Mantenimiento.	12
2.2.1. Importancia.....	12
2.2.2. Ingeniería del Mantenimiento Hospitalario.....	13
2.3. Breve Historia de la Organización del Mantenimiento.....	16
2.3.1. Una Organización de Mantenimiento Hospitalario.....	16
2.4. Filosofía de Mantenimiento.	18
2.4.1. Mantenimiento Correctivo (Operar Hasta que la máquina falle)	18
2.4.2. Mantenimiento Preventivo	18
2.4.3. Mantenimiento Predictivo	20
2.4.4. Mantenimiento de Precisión	20
2.4.5. Mantenimiento de Mejora Continua.....	21
2.4.6. Mantenimiento Productivo Total	21
2.4.7. Mantenimiento Proactivo	22
2.4.8. Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM).....	23
2.4.8.1. Objetivos de la implementación del RCM:	24
2.4.9. Comparación de costos de los 3 Sistemas de Mantenimiento más comunes	24
2.5. Análisis de Fallos	25
2.5.1. Tipos de fallos según la vida útil del equipo.	25
2.5.2. Distintos fallos y averías en los sistemas.	25
2.5.3. Herramientas para el análisis de averías.....	27
2.5.3.1. Histograma.....	27
2.5.3.2. Diagrama de PARETO.....	27
2.5.3.3. Diagrama de Ishikawa.....	29
2.6. Análisis de Modos de Falla y sus Efectos (A.M.F.E).....	30
2.6.1. ¿Cuándo se realiza un AMFE?.....	31
2.6.2. Características Principales	32
2.6.2.1. Carácter preventivo.....	32
2.6.2.2. Sistematización	32
2.6.2.3. Guía en la priorización	32

2.6.2.4.	Participación.....	32
2.6.3.	Pasos en el desarrollo del Método AMFE.....	32
2.6.3.1.	Paso 1: Nombre del producto y componente	33
2.6.3.2.	Paso 2: Operación o función (Parte del componente).....	33
2.6.3.3.	Paso 3: Modo de fallo	33
2.6.3.4.	Paso 4: Efecto(s) del fallo	34
2.6.3.5.	Paso 5: Causa del fallo	34
2.6.3.6.	Paso 6: Índice de Gravedad del fallo (G)	35
2.6.3.7.	Paso 7: Índice de Frecuencia (Probabilidad de ocurrencia) (F)	36
2.6.3.8.	Paso 8: Índice de Detectabilidad (D).....	37
2.6.3.9.	Paso 9: Índice de Prioridad de Riesgo (IPR).....	38
2.6.3.10.	Paso 10: Acción correctora	38
2.6.3.11.	Paso 11: Definir responsables	39
2.6.3.12.	Paso 12: Acciones implantadas (opcional).....	39
2.6.3.13.	Proceso de actuación para la realización de un AMFE.....	39
CAPÍTULO 3		41
LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DE LA CASA DE MÁQUINAS.....		41
3.1.	Introducción.....	41
3.2.	Descripción de los Equipos Constitutivos dentro de la Casa de Máquinas..	41
3.2.1.	Sistema electrógeno	46
3.2.2.	Sistema de Bombeo de Agua Fría (Sistema hidroneumático) (Presión constante)	47
3.2.2.1.	Bombas del Sistema Hidroneumático	47
3.2.2.2.	Compresor del Sistema Hidroneumático.....	48
3.2.2.3.	Tanque del Sistema Hidroneumático	50
3.2.3.	Sistema de Alimentación de Agua para los Calderos	50
3.2.3.1.	Bombeo de Agua Tratada al Caldero.....	50
3.2.3.2.	Ablandador de Agua	52
3.2.3.3.	Tanque de Condensado.....	53
3.2.4.	Sistema de recirculación de agua caliente y aire acondicionado.....	54
3.2.4.1.	Tanque de Almacenamiento de Agua Caliente.....	56
3.2.4.2.	Intercambiador de Calor.....	57

3.2.5.	Sistema de Bombeo de Combustible para Caldero	58
3.2.6.	Sistema de Generación de Vapor (calderos)	59
3.2.7.	Sistema Dosificador de Químicos al Caldero	63
3.2.7.1.	Bomba Dosificadora de Químico.....	63
3.2.8.	Sistema de Distribución de Vapor (SIDV-01).....	64
3.2.8.1.	Banco Distribuidor de Vapor	64
3.3.	Métodos Actuales de Mantenimiento	65
3.3.1.	Daños generales que tiene la Casa de Máquinas desde su punto de funcionamiento.	66
3.3.2.	Falta de un Programa de Mantenimiento para el Control	66
CAPÍTULO 4		67
REQUERIMIENTOS DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO		67
4.1.	Definición de términos.....	67
4.2.	Requerimientos del programa de mantenimiento.....	68
4.2.1.	Determinación de las unidades críticas en el proceso.....	68
4.2.2.	Determinación de la Confiabilidad de los Equipos.....	70
4.2.3.	Determinación de las partes críticas y su modo de falla.....	70
4.2.4.	Selección del procedimiento de acuerdo con el modo de falla	70
4.2.4.1.	¿Por qué Analizar el Modo de Fallo?	70
4.2.4.2.	Sistemas de Órdenes de Trabajo.....	71
4.2.4.3.	Clasificación de los Requerimientos de Trabajo	73
4.2.5.	Elaboración del plan para cada equipo.....	74
4.3.	Otros Requerimientos	74
4.3.1.	Factor humano.....	74
4.3.2.	Constancia.....	75
4.3.3.	Flexibilidad.....	75
4.4.	Beneficios de la programación	75
4.4.1.	Resultados directos	75
4.4.2.	Resultados Indirectos	77
4.5.	Recolección de Datos-Recomendaciones.....	79
4.6.	Como Determinar el Mejor Procedimiento de Análisis para un Plan de Mantenimiento	81
CAPÍTULO 5		83
DISEÑO Y ELABORACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO.....		83

5.1.	El plan o programa	83
5.1.1.	¿Que es un programa de mantenimiento?	83
5.1.2.	Como crear un programa de mantenimiento	84
5.2.	Pasos para el Desarrollo del Programa de Mantenimiento.	85
5.2.1.	Paso 1: Nombre del producto y componente.....	86
5.2.2.	Paso 2: Operación o función (Parte del componente)	88
5.2.3.	Paso 3: Modo de fallo	90
5.2.4.	Desarrollo de los pasos: 4, 5, 6, 7, 8 y 9 (capítulo 2, desarrollo de los cuadros AMFE)	91
5.2.5.	Desarrollo pasos 10 y 11: Acción correctora y definir responsables.....	96
5.3.	Diseño y Desarrollo del Programa de Mantenimiento para el Hospital Docente “Alfredo Noboa Montenegro”.	99
5.3.1.	Diseño del Programa de Mantenimiento.....	99
5.3.2.	Desarrollo del Programa de Mantenimiento	99
5.3.2.1.	Formulario de Pantalla de Inicio.....	100
5.3.2.2.	Formulario Sistemas Incluidos en la Casa de Máquinas.....	101
5.3.2.3.	Formulario Cuadros AMFE de los equipos de la Casa de Máquinas.. ..	102
5.3.2.4.	Formulario Actividades de Mantenimiento.	103
5.3.2.5.	Formulario Bitácora.....	104
5.3.2.6.	Formulario Órdenes de Trabajo.	105
5.4.	Periodos de Mantenimiento.....	107
5.4.1.	Actividades de Mantenimiento para el Sistema Electrónico	107
5.4.2.	Actividades de Mantenimiento para el Sistema de bombeo hidroneumático o de presión constante.	108
5.4.2.1.	Compresor del Sistema Hidroneumático.....	108
5.4.2.2.	Bombas del Sistema Hidroneumático	109
5.4.3.	Sistema de Alimentación de agua al caldero	111
5.4.4.	Sistema de Generación de Vapor (Calderos)	111
5.4.5.	Sistema de Alimentación de Combustible al Calderos	114
5.4.6.	Sistema de Recirculación de Agua Caliente y Aire Acondicionado.	115
5.4.7.	Sistema Dosificador de Químicos.....	116
CAPÍTULO 6		117
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		117

6.1. CONCLUSIONES.....	117
6.2. RECOMENDACIONES	119
BIBLIOGRAFÍA	120
ANEXOS	122

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Organigrama estructural por procesos del Hospital Provincial Docente “Alfredo Noboa Montenegro”	5
Figura 2.1 Curva característica de fallo tipo bañera.	15
Figura 2.2 Organigrama del Departamento de Mantenimiento.....	17
Figura 2.3 Tiempo de vida de un equipo con aplicación de mantenimiento	20
Figura 2.3 Cuadro demostrativo del tipo de fallas.	25
Figura 2.4. Secuencia de Fallas y Averías en Sistemas.	27
Figura 2.5 Modelo del Diagrama de Ishikawa.	30
Figura 3.1 Sistema electrógeno.....	47
Figura 3.2 Bombas del sistema hidroneumático.....	48
Figura 3.3 Compresor del sistema hidroneumático	49
Figura 3.4 Tanque del sistema hidroneumático.....	50
Figura 3.5 Bombas del sistema de alimentación de condensado al caldero	51
Figura 3.6 Ablandador de agua.....	52
Figura 3.7 Tanque del condensado.....	53
Figura 3.8 Bomba (BR-01) de recirculación de agua caliente y aire acondicionado .	55
Figura 3.9 Tanque de almacenamiento de agua caliente.....	56
Figura 3.10 Intercambiador de calor.....	57
Figura 3.11 Sistemas de bombeo de combustible hacia los calderos (Bomba BC-01 del Caldero 01 y BC-02 del Caldero 02) (Ver Tabla 3.1).....	59
Figura 3.12 Sistemas de generación de vapor (Calderos y motores moduladores)..	62
Figura 3.13 Bombas dosificadoras de químico.....	64
Figura 3.14 Banco Distribuidor de Vapor	65
Figura 4.2 Ejemplo de orden de trabajo	73

Figura 5.1 Pantalla inicial del programa.	100
Figura 5.2 Formulario de los Sistemas Incluidos en la Casa de Máquinas.	101
Figura 5.3 Formulario Cuadros AMFE de los equipos de la Casa de Máquinas.	102
Figura 5.4 Formulario Actividades de Mantenimiento.	103
Figura 5.5 Formulario Bitácora.	104
Figura 5.6 Registro de Bitácoras.	105
Figura 5.7 Formulario Órdenes de trabajo.	105
Figura 5.8 Registro de Órdenes de Trabajo Guardadas.	106

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Área total disponible de los departamentos de.....	8
Mantenimiento dependiendo del número de camas.....	8
Tabla 1.2 Requisitos para un jefe de mantenimiento dependiendo del número de camas.....	10
Tabla 2.1 Comparación de costos de los tres sistemas.	24
Tabla 2.2. Cuadro de clasificación según Gravedad o Severidad de fallo	35
Tabla 2.3. Cuadro de clasificación de la frecuencia de acuerdo a la probabilidad de ocurrencia.....	36
Tabla 2.4. Cuadro de clasificación según la facilidad de detección del modo de falla.	37
Tabla 3.1 Codificación de los equipos existentes en la casa de máquinas.	44
Tabla 3.2 Características del sistema electrógeno.....	46
Tabla 3.3 Características de las bombas del sistema hidroneumático.....	48
Tabla 3.4 Características del compresor del sistema hidroneumático.	49
Tabla 3.5 Características de las bombas de alimentación de condensado al caldero.	51
Tabla 3.6 Ablandador de agua	52
Tabla 3.7 Características de las bombas de recirculación de agua caliente y aire acondicionado.	54
Tabla 3.8 Características de los sensores de temperatura	55

Tabla 3.9 Características del sistema de bombeo de combustible para calderos (Bomba BC-01)	58
Tabla 3.10 Características del sistema de bombeo de combustible para calderos (Bomba BC-02)	58
Tabla 3.11 Sistema de generación de vapor (Calderos)	60
Tabla 3.12 Caldero 01 (Placa localizada en el interior del caldero en el tablero de control)	60
Tabla 3.13 Caldero 02 (Placa localizada en el interior del caldero en el tablero de control)	61
Tabla 3.14 Características del Motor del Caldero	61
Tabla 3.15 Características técnicas de la bomba dosificadora de químicos	63
Tabla 4.1 Datos obtenidos: Frecuencia de fallo de sistemas dentro de la casa de máquinas para análisis de criticidad.	68
Tabla 5.1 Sistemas a ser analizados dentro de los cuadros AMFE (Seleccionados en el diagrama de PARETO).....	86
Tabla 5.2 Subsistemas a ser analizados dentro de los cuadros AMFE.....	87
Tabla 5.3 Ejemplo de Componentes dentro de los subsistemas a ser analizados dentro de los cuadros AMFE	88
Tabla 5.4 Extracto de tablas de Función y funcionamiento de subsistemas y componentes a ser analizados (VER ANEXO I).....	89

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I.....	123
FUNCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE SUBSISTEMAS Y COMPONENTES A SER ANALIZADOS	123
ANEXO II	133
DESARROLLO DE CUADROS AMFE DENTRO DE LA CASA DE MÁQUINAS	133
ANEXO III	160
DETERMINACIÓN DE TODOS LOS COMPONENTES CON FALLOS POTENCIALES	160
ANEXO IV	166
ACCIONES CORRECTIVAS DENTRO DE LOS CUADROS AMFE PARA DISMINUIR EL IPR EN LOS COMPONENTES.....	166
ANEXO V	174
MANUALES Y CATÁLOGOS UTILIZADOS EN EL PROYECTO.....	174
ANEXO VI.....	190
PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE LA CASA DE MÁQUINAS	190

RESUMEN

En el presente proyecto se resume la teoría acerca de los métodos de mantenimiento utilizados en la actualidad para procesos, diseños o productos; y que se los tomó en cuenta para la elaboración de un programa de mantenimiento a ser implantado en la Casa de Máquinas del Hospital Provincial Docente “Alfredo Noboa Montenegro”; basándose específicamente en el método AMFE.

CAPÍTULO 1

Aquí se muestran las generalidades del hospital, un poco de su historia, su ubicación y los servicios que presta.

Además de una organigrama administrativo, infraestructura física tanto del hospital como del departamento de Mantenimiento y la situación financiera del hospital hacia el departamento de Mantenimiento.

CAPÍTULO 2

Se tienen los fundamentos teóricos de la administración y programación del mantenimiento, se describe toda la filosofía del mantenimiento, las técnicas y tipos de mantenimiento.

Se realiza una descripción del Análisis de Modos de Falla y sus Efectos (A.M.F.E.), cuáles son sus características principales y los pasos en el desarrollo del método A.M.F.E.

CAPÍTULO 3

Trata del levantamiento de la información que se debe recopilar de los equipos en la Casa de Máquinas, conocer y determinar el funcionamiento de cada equipo, sistema y componente presente y los métodos actuales de Mantenimiento que se realiza a cada uno.

Además de una forma rápida de familiarizarse y codificar cada sistema.

CAPÍTULO 4

Se describe los requerimientos necesarios para el desarrollo de un programa de mantenimiento.

Se tiene la ponderación de los sistemas a través del Diagrama de PARETO que se han de incluir en el método AMFE para el análisis de trabajo que están realizando los equipos y como determinar el mejor procedimiento de análisis para un plan de mantenimiento.

CAPÍTULO 5

Se detalla el diseño y elaboración del Programa de Mantenimiento, como crear un programa de mantenimiento el desarrollo de los pasos para el programa de mantenimiento, la descripción del programa asistido por computadora (Base de Datos en ACCESS) para la Casa de Máquinas del Hospital Docente “Alfredo Noboa Montenegro”

CAPÍTULO 6

Conclusiones y Recomendaciones

PRESENTACIÓN

El presente trabajo da a conocer como ha sido el inicio y desarrollo del Hospital Docente “Alfredo Noboa Montenegro” de su ubicación y de lo importante que es la existencia del mismo en la ciudad de Guaranda - Provincia de Bolívar, y por tal razón ayudar a mejorar de manera más eficiente el mantenimiento de la sección de generación de energía como lo es la Casa de Máquinas, determinar el estado de cada componente y analizar su funcionalidad además de cómo se ha estado realizando el mantenimiento de cada sistema presente.

Para esto se presenta los posibles métodos de Mantenimiento actuales y puestos en marcha para procesos, diseño o productos.

A medida que avanza el proyecto se puede determinar el método más adecuado para mejorar el mantenimiento de los sistemas, centrándose en los componentes y equipos que causan y tienen una mayor criticidad de operación dentro de la Casa de Máquinas.

Por último se lleva todo el desarrollo del proyecto a niveles más sencillos, en cuanto a cómo encontrar los modos de fallo, sus causas, efectos y las acciones a tomar en cada elemento crítico, de una manera más activa y rápida con la ayuda de un programa de mantenimiento asistido por computadora desarrollado en Microsoft ACCESS, y de esta manera llevar de una forma más ordenada y asequible a futuras consultas el Mantenimiento realizado.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES DEL HOSPITAL

1.1. INTRODUCCIÓN

El propósito del presente trabajo es el de contribuir al conocimiento de las generalidades del Hospital Provincial Docente “Alfredo Noboa Montenegro” su funcionamiento y desempeño dentro de la labor que cumple, además del programa de mantenimiento para la casa de máquinas, órgano importante del hospital para la generación de energías.

Es muy común en nuestro medio relacionar al hospital como una entidad a donde se acude con la finalidad de recobrar la salud, o donde se realizan acciones de reconocimiento para establecer si nuestro cuerpo está con buena salud la cual nos permita realizar nuestras actividades cotidianas, y por lo tanto, dicha relación se circunscribe al pensamiento de que allí se encontrará médicos, enfermeras, medicinas y en alguna medida equipos que facilitarán dicha labor, sin embargo debido al desarrollo tecnológico en equipamiento y maquinaria, cada vez más creciente en nuestros días; sin dejar de lado incluso a los hospitales y establecimientos de salud en general, es que se hace necesario valorar y reconocer el mantenimiento hospitalario dentro de este contexto, tanto como el sentido gerencial con que debe tratarse.

Complementariamente se trata de los aspectos de la organización y administración del mantenimiento, los recursos humanos, y recursos físicos para desarrollar el mantenimiento, sin olvidar los aspectos generales de seguridad.

1.2. ANTECEDENTES DEL HOSPITAL.

El Hospital Provincial Docente “Alfredo Noboa Montenegro”, localizado en la ciudad de Guaranda, Provincia de Bolívar, es una unidad de salud del Sistema Regionalizado de Servicios de Salud del Ministerio de Salud Pública con finalidad social; forma parte de los servicios locales de salud y ofrece a la población de la provincia de Bolívar y su área de influencia, atención de salud de tipo ambulatorio y hospitalización.

1.2.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

El hospital se creó con el nombre de Hospital del Sagrado Corazón de Jesús en el año de 1860, como un hospital de emergencia a cargo de la sociedad de mujeres, con la finalidad de atender a los heridos de combate de Tumbaco y Yanqui.

En 1884 se establece un decreto, crear un hospital en Guaranda bajo la dirección de las Hermanas de la Caridad y en el año de 1894 se inaugura el hospital con dos salas para hombres y mujeres.

Con el crecimiento de la población, y el deterioro de la infraestructura, fue necesario contar con una nueva planta física, funcional y moderna, luego de las gestiones necesarias ante las autoridades de turno se inaugura el nuevo hospital el 13 de junio de 1992 con el nombre de “Hospital Alfredo Noboa Montenegro”, con una plantilla de 170 personas en toda la institución.

La construcción y diseño del hospital estuvo a cargo de la empresa estatal existente en esa época I.E.O.S, la cual se encargó también del montaje de todos los equipos con los que empezó a funcionar la institución, además de la capacitación del personal encargado del mantenimiento para el buen funcionamiento del hospital.

Durante este tiempo hubo algunas fallas, como la ausencia de funcionamiento de la motobomba contra incendios así como otro error, que fue el de llevarse los catálogos y manuales de los equipos hasta hoy presentes en la casa de máquinas.

En la actualidad el hospital cuenta con una plantilla muy numerosa de profesionales en todas las ramas, ya que es la institución hospitalaria más grande de toda la provincia.

1.3. UBICACIÓN Y TIPO DE SERVICIO PRESTADO

El hospital se encuentra ubicado en el segundo nivel de complejidad del Sistema Nacional de Servicios de Salud del Ministerio de Salud Pública, localizado en las calles José María Cisneros y Selva Alegre, con una cobertura poblacional aproximada de 178089 habitantes de la provincia de Bolívar, la misma que está distribuida en cuatro áreas de salud que son Guaranda, San Miguel, Chillanes y Echeandía.

El hospital brinda un tipo de atención general en las especialidades que son cirugía, medicina interna, pediatría, gineco obstetricia, neonatología, traumatología, cardiología, emergencia, consulta externa y además servicios de laboratorio, rayos X, EKG, etc., además se incluyen estos servicios los de mantenimiento y otros varios.

Por ser un hospital docente asistencial colabora con la formación y capacitación permanente de personal y desarrolla actividades de investigación científica y operativa.

El hospital diariamente atiende a un promedio de 283 personas, lo que indica que está en correcto funcionamiento, sin embargo, se brindaría una mayor atención mejorando tanto el aspecto institucional como la capacitación del personal.

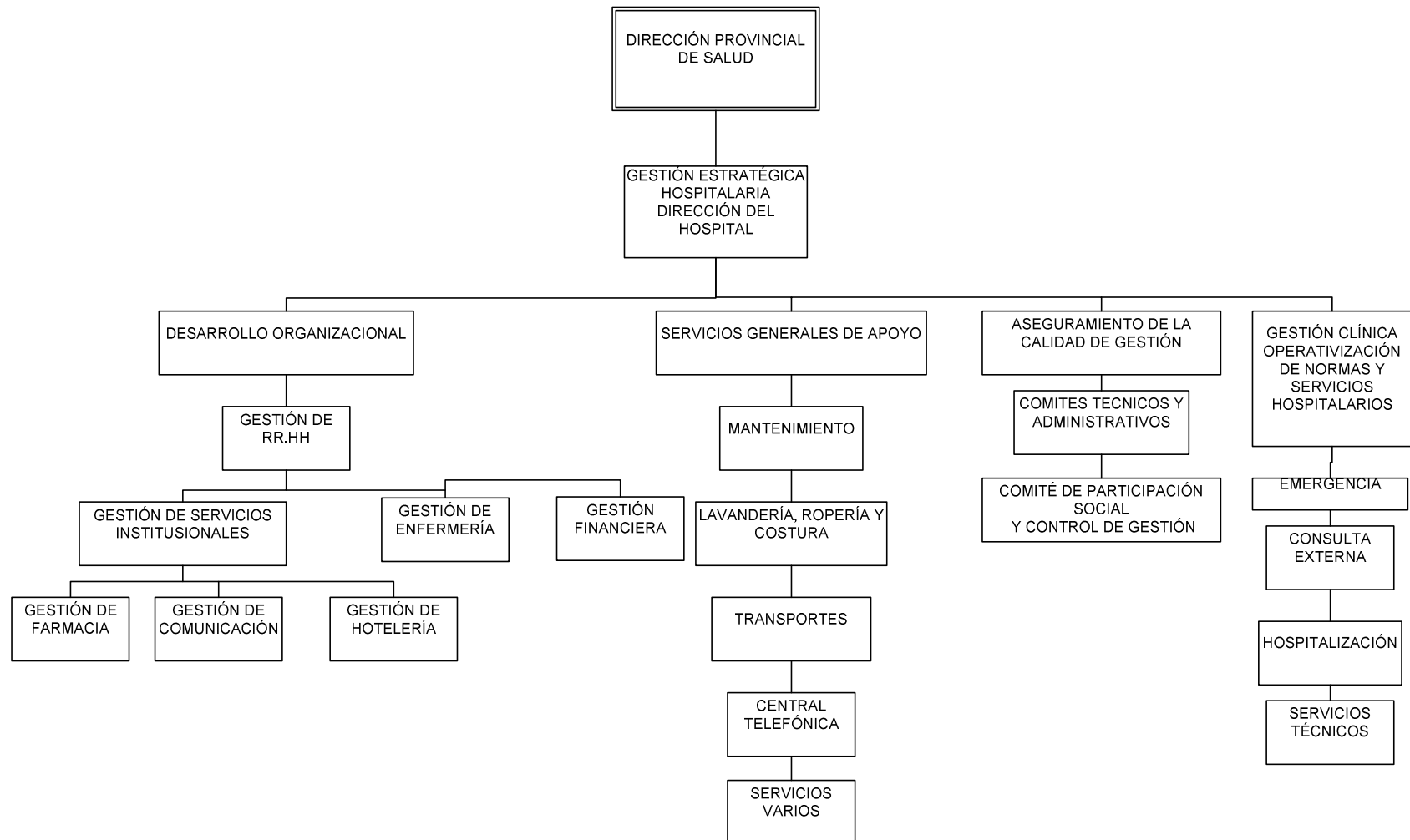
1.3.1. ORGANIGRAMA ADMINISTRATIVO

1.3.1.1. Personal Administrativo

El área administrativa posee: un director, un coordinador de servicios institucionales, un coordinador de recursos humanos, un coordinador financiero, un coordinador de la gestión de enfermería, un líder de farmacia, recaudación, estadística y trabajo social. Además dispone de un comité de adquisiciones, farmacología, maternidad gratuita, comité de usuarios.

Todos estos departamentos están bajo la orientación de: la Dirección Provincial de Salud, la Gestión Estratégica Hospitalaria (Dirección del Hospital), desarrollo organizacional, servicios generales de apoyo aseguramiento de la calidad de gestión y la gestión clínica operativización de normas y servicios hospitalarios; los cuales se pueden ver de mejor manera en el organigrama ver figura 1.1.

Figura 1.1 Organigrama estructural por procesos del Hospital Provincial Docente “Alfredo Noboa Montenegro”



1.3.2. INFRAESTRUCTURA FÍSICA

Dispone de una adecuada y moderna infraestructura física con una dotación de 120 camas de las cuales funcionan 98 camas, con un promedio de camas disponibles a nivel hospitalario de 75.2 en relación a las 98 instaladas, el porcentaje de camas restantes no están disponibles posiblemente a factores como baja demanda de pacientes en ciertas áreas y falta de lencería (ropa)

1.3.2.1. Infraestructura del Departamento de Mantenimiento

Esta área la componen la Casa de Máquinas, las dependencias del Departamento de Mantenimiento, las Bodegas y Talleres de Mantenimiento.

La Casa de Máquinas es el ambiente donde se encuentran instalados los equipos, máquinas, tanques y colectores que generan, tratan e impulsan vapor, vacío, agua fría, caliente y contra incendios. El sistema electrógeno y los tableros eléctricos se encuentran ubicados en otra área individual.

El Departamento de Mantenimiento cuenta con bodegas de materiales y herramientas, dotada con armarios y estanterías con máquinas y herramientas apropiadas para efectuar labores de mecánica, electricidad, electrónica, carpintería, plomería y pintura.

1.3.3. SITUACIÓN ADMINISTRATIVA DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

El departamento de mantenimiento es subordinado a la subdivisión administrativa. Tiene similar categoría que los departamentos de organización, gestión clínica, y sistemas de calidad de gestión y administrativos.

El presupuesto del Hospital Provincial Docente “Alfredo Noboa Montenegro” se divide por cuatrimestres el cual es de 1, 288,847.66 USD, siendo para el departamento de mantenimiento un total de 1,425.15 USD por cada cuatrimestre, los cuales se dividen en compra de repuestos y mantenimiento

para los diferentes equipos y sistemas de todo el hospital como también para la casa de máquinas.

1.4. MEDIOS NECESARIOS PARA EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.

La administración depende en gran parte de las actividades que tiene a su cargo el ingeniero o el encargado del departamento de mantenimiento para proporcionar al hospital un ambiente de seguridad y comodidad. Como es el de asegurar que el vapor, las instalaciones y el aire acondicionado estén en servicio continuo, excepto cuando se trate de interrupciones programadas, como las suspensiones para llevar a cabo trabajos de mantenimiento.

1.4.1. CONDICIONES GENERALES.¹

Para que un departamento de mantenimiento cumpla con un cierto nivel de calidad se considera una serie de condiciones que aunque no estén estipuladas explícitamente en el marco de una norma son condiciones implícitas y exigibles en todo hospital. Entre estos se puede mencionar:

- Materiales y herramientas clasificadas y ordenadas
- Ambientes limpios
- Pinturas de las paredes y otros elementos arquitectónicos en buen estado
- Basura y chatarra acumulados en lugares determinados
- Vestimenta del personal limpia y acorde al puesto de trabajo, etc.

1.4.2. CONDICIONES DE INFRAESTRUCTURA.

Es el conjunto de recursos físicos formados por los ambientes del departamento y sus aéreas mínimas (talleres, oficinas, bodega de materiales, etc.); las instalaciones (suministro de agua, energía eléctrica, aire comprimido, etc.), el mobiliario, las herramientas de uso obligado en labores de

¹ AMERICAN HOSPITAL ASSOCIATION, Manual de Ingeniería de Hospitales, México, Editorial Limusa, 1976.

mantenimiento y los equipos de medición y análisis necesarios para la detección de fallas, chequeo y análisis de parámetros de seguridad de los equipos, que son imprescindibles para que el personal de mantenimiento pueda desarrollar con toda normalidad las funciones técnicas y administrativas que le competen.

Si bien la mayoría de requisitos indicados se dan en función del número de camas, los mismos deben también ser adecuados al nivel de complejidad de los hospitales para tener un departamento de mantenimiento que satisfaga las necesidades de orden específico.

Tabla 1.1 Área total disponible de los departamentos de Mantenimiento dependiendo del número de camas.

Hospitales con	Área para mantenimiento en (m²)
Menos de 60 camas	80
Entre 60 y 150 camas	100
Entre 150 y 300 camas	150
Entre 300 y 500 camas	240

[Tomado del folleto de criterios de calidad pdf.]

El área destinada para talleres es cuando menos el 40% del área total disponible para el departamento de mantenimiento.

1.4.3. CONDICIONES FINANCIERAS PARA EL MANTENIMIENTO

Mención aparte merece la utilización de personal propio para el mantenimiento de ciertos equipos complejos, o el contrato con terceros para realizar dicho servicio, esta decisión es nada más una pregunta de economía.

Asimismo cabe resaltar en este tema el enorme valor de inversión que se tendría que hacer para la rehabilitación de los hospitales, dado sus estados de deterioro a nivel nacional, y que por supuesto escapa de todo control dentro de

los presupuestos propios de dichas instituciones y que debe ser motivo de una evaluación técnica para la mejor utilización del recurso disponible.

Un gran avance para la mejor utilización del recurso financiero, sería el de controlar diariamente los gastos y cumplir con un programa de mantenimiento, para garantizar que se excede el presupuesto asignado. Igualmente se debe controlar los gastos de operación diaria utilizando parámetro reales de consumo, como por ejemplo el kilo de ropa por cama y por día, o el de 54 libras de vapor por hora, o el 0,5 m³ de agua por paciente y por día, con lo cual se entraría al actual programa de ahorro tan en boga en estos días en el país y a nivel mundial.

1.4.4. REQUISITOS DEL JEFE DE MANTENIMIENTO.

Todos los requisitos se los ha resumido en un solo cuadro para mejor interpretación de cada perfil especificando que estos perfiles dependen del número de camas que tenga el hospital.

Tabla 1.2 Requisitos para un jefe de mantenimiento dependiendo del número de camas.

Jefe de mantenimiento	Hospitales con aproximadamente 100 camas	Hospitales de 300 camas	Hospitales de 500 o más camas
Escolaridad	Buenos estudios de nivel medio, sepa redactar planes, instrucciones, cartas, informes, etc.	Debe tener estudios profesionales y estar continuamente preparándose.	Debe ser ingeniero, es conveniente que tenga estudios en administración
Experiencia	Conocimientos de la mecánica de las calderas y resto de equipos, de instalaciones eléctricas y experiencia de tres a cinco años.	Se debe tener cinco años de experiencia en hospitales.	Debe estar orientado hacia la administración, puesto que el ingeniero tendrá que manejar el puesto por medio de otras personas, para ello resulta muy importante haber sido ayudante en un gran hospital
Adiestramiento continuo	Adiestramiento continuo en todas las áreas especialmente en la que puede haber alguna falla.	Deben seguir adiestrándose en mantenimiento, supervisión y elaboración de informes al administrador	Adiestrarse en administración, nuevos métodos para gerentes, adiestramiento a los subordinados y redacción de artículos. Debe participar en talleres e institutos.
Sociedades profesionales	Asistir a asambleas, conferencias y cursos de adiestramiento	Debe ser miembro del colegio de ingenieros	Debe ser miembro del colegio de ingenieros

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA ADMINISTRACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO

2.1. INTRODUCCIÓN

Generalmente el mejoramiento de la calidad de los equipos en un hospital es un objetivo que se persigue desde hace años. Debido a que no se dispone un programa de mantenimiento adecuado en las instituciones de diferente tamaño, debido a la falta de conocimiento de sus autoridades.

Como resultado de profundos cambios experimentados en el presente siglo en distintas áreas, han hecho necesario introducir normas utilizadas en el monitoreo y mantenimiento de las máquinas, que ya no se refieren solamente a un determinado componente sino a todos los eslabones de la misma, con el fin de prolongar su vida útil y mantener su correcto funcionamiento.

La ingeniería de mantenimiento se refiere a los servicios en un valioso nivel de excelencia profesional y uso eficiente de los recursos, garantizando un alto grado de confiabilidad, deduciéndose claramente que se aplica a todas las máquinas y equipos involucrados en la prestación de servicios de salud.

El desarrollo tecnológico ha alcanzado niveles nunca antes imaginados, tanto es así que hoy en día ya no se encuentra al inactivo y vulnerable responsable de mantenimiento sentado en la típica oficina siniestra, lleno de papeles, al borde de la desesperación, con órdenes de trabajo pendientes, repuestos que no llegan, falta de personal, etc. y cumpliéndose inexorablemente la Ley de Murphy, "Lo que tiene que ocurrir, ocurrirá y además en viernes por la tarde". Afortunadamente hoy en día, con las estructuras modernas de las empresas, y como se explica más adelante, el mantenimiento está siendo considerado como un área más de gestión y consecuentemente como fuente directa de

beneficios, lo que permite mirar el futuro con optimismo. Pero este optimismo nos lleva a una tormenta de ideas que vuelve a sumir al jefe de mantenimiento en un caos, ya que le va a obligar a revisar su estructura y técnicas de mantenimiento utilizadas hasta el momento y determinar qué técnicas, herramientas y procedimientos son los más adecuados para conseguir sus objetivos actuales de gestión.

Sobre el tapete se le presenta los distintos tipos de aplicación de mantenimiento como: mantenimiento centrado en la fiabilidad, riesgo cero, mantenimiento productivo total, etc. y además la posibilidad de la gestión asistida por ordenador.

Estas estrategias de mantenimiento buscan anticipar y pronosticar el futuro fallo de alguna máquina, con la finalidad de lograr reemplazar el componente a tiempo, antes de que se produzca el daño y que pueda ser más perjudicial, esto se lo logra en base a un plan, disminuyendo los tiempos de paro y pérdidas que se pueden dar, con este tipo de mantenimiento lo que se persigue es tener una gestión de la calidad en el mantenimiento en todo el proceso.

2.2. ADMINISTRACIÓN DE MANTENIMIENTO.

2.2.1. Importancia

La razón de ser del mantenimiento es generar condiciones operacionales para que los equipos, instalaciones y servicios funcionen en forma óptima, permitiendo cumplir con los objetivos y metas corporativas, sin pérdida de la calidad.

Para que el mantenimiento pueda reducir el número de intervenciones, asegurando la disponibilidad y confiabilidad operacional de los equipos, se requiere realizar la planificación siguiente:

- Control de costos del mantenimiento de equipos.
- Estructura de análisis de ocurrencias y anomalías en los equipos.
- Indicadores de desempeño.
- Análisis del índice de obsolescencia de equipos.
- Historial actualizado de los equipos.
- Capacitación específica del personal.
- Capacitación en los procedimientos de higiene y seguridad en el trabajo.

El mantenimiento dado una vez en operación, es una condición inherente al diseño y montaje de los equipos e instalaciones de cualquier tipo; su trascendencia radica en tal condición.

2.2.2. Ingeniería del Mantenimiento Hospitalario²

La finalidad de hacer una política de mantenimiento en busca de una mejora continua que es una necesidad ineludible si se quiere asegurar la calidad y la competitividad, en las organizaciones de los hospitales, es altamente viable por una aplicación práctica que beneficiará económicamente cualquier Gestión Administrativa Institucional. Para lograr esto se debe de hacer un reordenamiento estratégico de la Gestión de Mantenimiento Hospitalario que se debe llevar, a cabo creando una normatividad para la Actividad Hospitalaria de tipo flexible.

La eficiencia y la eficacia del mantenimiento hospitalario es una medida de valor agregado de los servicios que se presta a los usuarios. El mantenimiento se debe orientar, no solo a la mejora, conservación de equipos y servicios a usuarios; sino a implementar un proceso de mejora continua. El mantenimiento hospitalario debe conceptualizarse como una inversión y no como un gasto financiero sin retorno. La condición fundamental de la implementación del mantenimiento es la necesidad para asegurar la calidad y la competitividad.

² <http://www.mailxmail.com/curso/vida/mantenimientohospitalario/toc.htm>

Convencidos de la necesaria implantación del sistema moderno de gestión de mantenimiento hospitalario como un medio eficaz de ayudar a evitar, controlar, prevenir y predecir paradas de equipos y máquinas; para efectos de su cotidiana implementación es necesario la conformación de un área de coordinación técnica el cual deberá asumir la tarea de elaborar, actualizar, vigilar e implantar las normas, procedimientos y demás disposiciones requeridas, así como para asesorar y apoyar en todo lo que compete al tema de mantenimiento pro-activo, predictivo, preventivo, correctivo; como también el mantenimiento de mejora continua. Y al mismo tiempo dar cursos de capacitación y sensibilización continua al personal de mantenimiento asignado a los hospitales a través de empresas especializadas y otros.

No excluimos que muchas veces es muy rentable la utilización de servicios de terceros en la ejecución de trabajos de mantenimiento. Sin embargo al compás de ello hay que destacar que estratégicamente se deban de administrar dichos recursos con mucha cautela, ofreciendo en principio los trabajos más sencillos y voluminosos que no se quieran realizar con personal propio de mantenimiento, que les permita reorientar el personal a funciones específicas.

Para las diferentes actividades de mantenimiento hay diferentes intensidades, depende de la edad del equipo y de los años de uso, que se puede describir en una curva característica de eficiencia.³

Para entender esta dependencia se puede analizar la curva siguiente: (Figura 2.1), que representa un modelo para la dependencia de la frecuencia de falla en relación con el tiempo de aprovechamiento, esta curva se llama de vaso o de bañera. En esta curva hay tres fases:

La primera fase se caracteriza por fallas debido a defectos de fabricación e instalación para un Hospital esta primera fase deberá ser cubierta con la garantía de la empresa proveedora o instaladora del bien.

³ <http://www.gerenciasalud.com/art198.htm>

La segunda fase es normalmente el periodo donde la maquina trabaja sin fallas, el caso de deficiencia es ocasional y por eso la frecuencia de falla es constante por razones de estadística.

La tercera fase se caracteriza por la edad del bien, y por eso las fallas típicas son causadas por desgaste de los componentes del bien, este porcentaje aumenta hasta cierto nivel, cuando todos los componentes del bien son reemplazados.

Así cada equipo, cada instalación o planta física tiene su tiempo característico de aprovechamiento, por ejemplo:

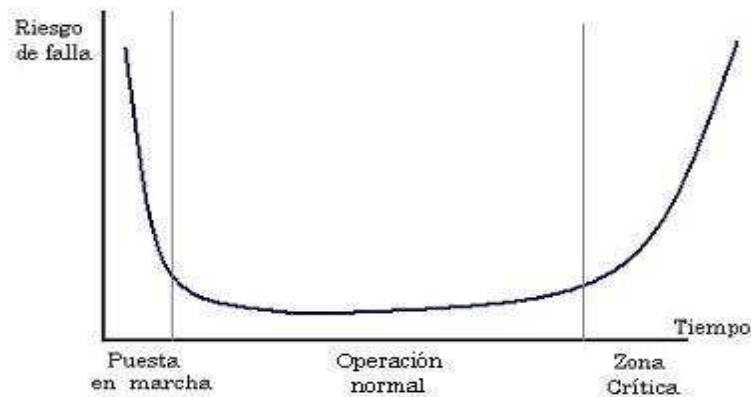
Instalaciones de una Caldera de 20 a 25 años.

Tubería de un Hospital de 25 a 30 años

Equipo médico de 5 a 10 años.

etc.

Figura 2.1 Curva característica de fallo tipo bañera.



2.3. BREVE HISTORIA DE LA ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO⁴

La necesidad de organizar adecuadamente el servicio de mantenimiento con la introducción de programas de mantenimiento preventivo y el control del mantenimiento correctivo hace ya varias décadas se basa fundamentalmente, en el objetivo de optimizar la confiabilidad de los equipos.

Posteriormente, la necesidad de minimizar los costos propios de mantenimiento acentúa esta necesidad de organización mediante la introducción de controles adecuados de costos.

Más recientemente, la exigencia a que la industria está sometida para optimizar todos sus aspectos, tanto de costos, la calidad, el cambio rápido de productos; conduce a la necesidad de analizar de forma sistemática las mejoras que pueden ser introducidas en la gestión, tanto técnica como económica del mantenimiento. Es la filosofía de la tecnología. Todo ello ha llevado a la necesidad de manejar desde el mantenimiento una gran cantidad de información.

2.3.1. UNA ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO HOSPITALARIO.

Puede ser de diversos tipos, pero en todos ellos aparecen los tres componentes siguientes:

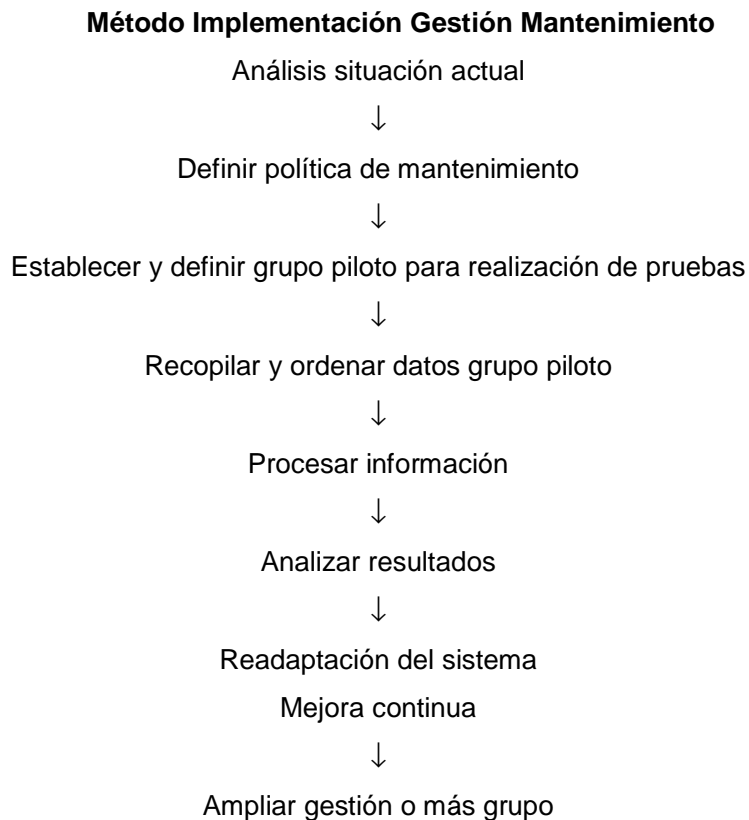
- a) Recursos:** comprende personal, repuestos y herramientas, con un tamaño, composición, localización y movimientos determinados.
- b) Administración:** una estructura jerárquica con autoridad y responsabilidad que decida que trabajo se hará, cuando y como debe llevarse a cabo. Para esto es necesario motivar al personal de mantenimiento del trabajo que se

⁴ <http://www.monografías.com/trabajos15/sistemas-control/shtml>.

va a realizar y no piensen que por instalar un plan de mantenimiento se va a producir un recorte de personal; más bien incentivarlos con este plan para mejorar todos los aspectos y así optimizar todos los recursos.

- c) Planificación del trabajo y sistema de control:** un mecanismo para planificar y programar el trabajo, y garantizar la recuperación de la información necesaria para que el esfuerzo de mantenimiento se dirija correctamente hacia el objetivo definido y conseguir la totalidad del sistema de mantenimiento será la continua evolución de algunos requisitos cambiantes.

Figura 2.2 Organigrama del Departamento de Mantenimiento



[Fuente;www.monografías.com/trabajos15]

2.4. FILOSOFÍA DE MANTENIMIENTO.

Debido a la gran dependencia que los procesos industriales presentan respecto a la tecnología, ha sido necesario crear estrategias de mantenimiento que satisfagan la necesidad de tener máquinas, equipos e instalaciones que presenten una alta fiabilidad.

Estas estrategias han ido evolucionando según se han presentado los distintos problemas, con la finalidad de optimizar todos los procesos que se describen a continuación.

2.4.1. MANTENIMIENTO CORRECTIVO (OPERAR HASTA QUE LA MÁQUINA FALLE)

En este tipo de mantenimiento las máquinas operan en forma continua, sin interrupción. Pero cuando las fallas ocurren, pueden ser muy severas y pueden causar daños a otros componentes, es decir se llega a los que se conoce como una falla catastrófica. Este tipo de mantenimiento por lo general requiere de mayor cantidad de mano de obra y lo más probable, es un pago excesivo por compra de repuestos, así como la pérdida de producción de la maquina. Esta forma de mantenimiento es la más cara.

2.4.2. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Este tipo de mantenimiento reduce hasta en un 30% los costos de mantenimiento. Esta filosofía de mantenimiento está basada en el conocimiento de que las máquinas se desgastan con el tiempo, y con dicho conocimiento se puede determinar la vida útil de cada equipo o sistema.

Este mantenimiento también es denominado "mantenimiento planificado", tiene lugar antes de que ocurra una falla o avería, se efectúa bajo condiciones controladas sin la existencia de algún error en el sistema. Se realiza a razón de

la experiencia y pericia del personal a cargo, los cuales son los encargados de determinar el momento necesario para llevar a cabo dicho procedimiento; el fabricante también puede estipular el momento adecuado a través de los manuales técnicos. Presenta las siguientes características:

- Se realiza al momento en que no se está produciendo, por lo que se aprovecha las horas ociosas de la planta.
- Se lleva a cabo un programa previamente elaborado donde se detalla el procedimiento a seguir, y las actividades a realizar, a fin de tener las herramientas y repuestos necesarios "a la mano".
- Cuenta con una fecha programada, además de un tiempo de inicio y de terminación preestablecido y aprobado por la directiva de la empresa.
- Está destinado a un área en particular y a ciertos equipos específicamente. Aunque también se puede llevar a cabo un mantenimiento generalizado de todos los componentes de la planta.
- Permite a la empresa contar con un historial de todos los equipos, además brinda la posibilidad de actualizar la información técnica de los equipos.
- Permite contar con un presupuesto aprobado por la directiva.⁵

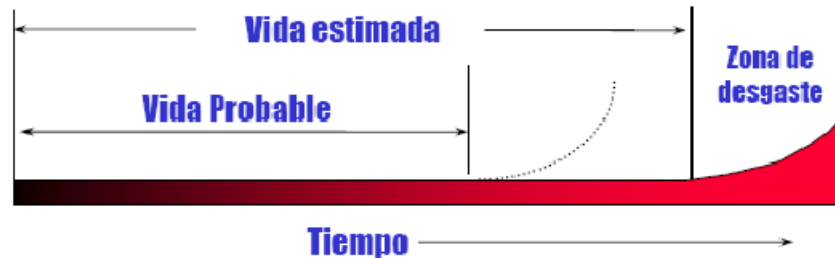
Además, este tipo de mantenimiento tiene el problema fundamental que está basado en el tiempo, con el cual, una máquina puede fallar antes del servicio y tendríamos una falla catastrófica, o se puede cambiar una pieza cuando ya se cumplió el tiempo, estando la pieza aún en muy buenas condiciones.

“El Mantenimiento Preventivo es una técnica de dirección que provee los medios para la conservación de los elementos físicos de una empresa, en condiciones de operar con una máxima eficiencia, seguridad, economía y con una afectación mínima de impacto al medio ambiente”⁶

⁵ http://www.Operaciones de mantenimiento- Monografias_com.mht

⁶ INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO. Jácome Fernando. E.P.N. 2007

Figura 2.3 Tiempo de vida de un equipo con aplicación de mantenimiento



2.4.3. MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Esta filosofía se basa en el hecho de que cuando un equipo ha empezado a gastarse, sus condiciones de operación, tales como vibración, temperatura, condición del aceite, presión, ensayos no destructivos como: radiografías, ultrasonido. Etc. Empezarán a cambiar; razón por el cual este tipo de mantenimiento propone un monitoreo frecuente de la condición del tiempo (monitoreo de condición), precisamente para detectar el cambio, analizar la causa del cambio y dar la solución correcta "justo antes" de que se produzca la falla catastrófica.

Este tipo de mantenimiento es un complemento para la estrategia anterior, ya que mediante su uso se puede determinar el punto en donde la fiabilidad de los equipos es baja y es allí donde el mantenimiento preventivo entra en acción.

2.4.4. MANTENIMIENTO DE PRECISIÓN

Este tipo mantenimiento procura realizar bien un trabajo desde la primera vez que se efectuó, para evitar problemas posteriores, a lo cual se le llama trabajar según la filosofía de la precisión en el trabajo (Mantenimiento de precisión)

2.4.5. MANTENIMIENTO DE MEJORA CONTINUA

Tal como se expone anteriormente la evolución lleva al cambio. Todo está cambiando permanentemente, nada permanece igual. No es fácil de percibir el cambio y menos cuando nos encontramos satisfechos con nuestra situación actual. De ahí que la percepción y dirección del cambio constituya una de las principales habilidades directivas y a la que cada vez se da valor con mayor intensidad. Pero no es suficiente percibir el cambio, hay que prepararse adecuadamente para el mismo.

2.4.6. MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

Mantenimiento productivo total (TPM) es un sistema orientado a lograr: cero accidentes, cero defectos y cero averías. Incrementando notablemente la productividad y la moral del personal de trabajo.

Las características del TPM son:

- Busca permanentemente obtener el rendimiento máximo de los equipos e instalaciones de producción.
- Es un sistema global de mantenimiento productivo que busca aumentar la esperanza de vida total de las instalaciones y equipamientos.
- Implica la participación activa de la máxima Dirección de la empresa.
- Participan todas las áreas de la empresa, en particular las de ingeniería, producción y mantenimiento.
- Promueve el mejoramiento continuo para la mayor rentabilidad de los equipos e instalaciones.
- Utiliza grupos de mejora continua.
- Evita fallas y averías, y la producción de mala calidad (productos no conformes).
- El personal trabaja con mayor seguridad y comodidad.

Para poder implementar correctamente el TPM resulta indispensable que las actividades sean desarrolladas en toda la empresa, desde el más alto nivel directivo hasta el último operario de la línea de producción. Con la finalidad de cambiar nuestra visión y forma de pensar en los equipos e instalaciones de producción, pensando que existen muchas pérdidas de eficiencia productiva en el puesto de trabajo, que podemos evitar por estar a nuestro alcance, tales como : averías, fallas, cambio de serie de fabricación, paradas menores, defectos de producción, funcionamiento a menor velocidad, etc.

La dificultad de este sistema estriba en que el personal de producción y el de mantenimiento poseen el mismo rango de importancia y reconocimiento, razón por la cual es necesario trabajar fuertemente sobre la motivación del personal de producción.

2.4.7. MANTENIMIENTO PROACTIVO

Este mantenimiento se enfoca a las causas y no a los efectos de las mismas, a diferencia del mantenimiento preventivo, y las estadísticas prueban que aproximadamente del 10 al 20% de las causas generan el 80 al 90% de las fallas por lo que el objetivo de este mantenimiento es extender la vida de la maquinaria identificando la causa de la raíz del desgaste para eliminarla y extender el servicio de los componentes.

Teniendo como fundamento los principios de solidaridad, colaboración, iniciativa propia, sensibilización, trabajo en equipo, de tal modo que todos los involucrados directa o indirectamente en la gestión del mantenimiento deben conocer la problemática, es decir, que tanto técnicos, profesionales, ejecutivos, y directivos deben estar consientes de las actividades que se llevan a cabo para desarrollar las labores.

Cada individuo desde su cargo o función dentro de la organización, actuará de acuerdo a este cargo, asumiendo un rol en las operaciones de mantenimiento, bajo la premisa de que se debe atender las prioridades del mantenimiento en

forma oportuna y eficiente, disminuyendo las acciones de mantenimiento correctivo, alargando sus ciclos de funcionamiento, obteniendo mejoras operacionales y aumentando la eficiencia de los procesos.

El mantenimiento proactivo implica contar con una planificación de operaciones, la cual debe estar incluida en el plan estratégico de la organización. Este mantenimiento a su vez debe brindar indicadores (informes) hacia la gerencia, respecto del progreso de las actividades, los logros, aciertos, y también errores.⁷

2.4.8. MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM).

El mantenimiento centrado en confiabilidad, se propone preservar el estado original de diseño o normal de operación. Es evidente que para que este mantenimiento los equipos deben ser capaces de cumplir las funciones para las cuales fueron seleccionados y que la selección haya tenido en cuenta la condición operacional real.

El mantenimiento centrado en la confiabilidad se caracteriza por:

1. Considerar la fiabilidad inherente o propia del equipo / instalación.
2. Asegurar la continuidad del desempeño de su función.
3. Mantener la calidad y capacidad productiva.
4. Si deseamos aumentar la capacidad, mejorar el rendimiento, incrementar la fiabilidad, mejorar la calidad de la producción, necesitaremos un rediseño. También en el caso que nos propongamos bajar el comportamiento esperado.
5. Tener en cuenta la condición operacional: dónde y cómo se está usando.
6. Mayor seguridad e integridad ambiental.
7. Mayor motivación del personal especialmente de las personas involucradas en el proceso de revisión.

⁷ <http://www.monografías.com/trabajos10/tequip.shtml>

El mantenimiento centrado en la confiabilidad ayuda a tener un registro global y extensivamente documentado de los requerimientos de mantenimiento de todos los activos físicos utilizados en la organización.⁸

2.4.8.1. Objetivos de la implementación del RCM:

- Elaborar un programa de mantenimiento preventivo optimizado que garantice la seguridad de funcionamiento, teniendo en cuenta las restricciones económicas.
- Mejorar la organización.
- Conservación de datos históricos de mantenimiento y producción

El proceso RCM lo hace en dos niveles:

- En primer lugar, identificas las circunstancias que llevan a la falla.
- Luego se preguntan que eventos pueden causar que el activo falle.

En el mundo de RCM, los estados de fallas son conocidos como fallas funcionales porque ocurren cuando el activo no puede cumplir una función de acuerdo al parámetro de funcionamiento que el usuario considera aceptable.

2.4.9. Comparación de costos de los 3 Sistemas de Mantenimiento más comunes

Tabla 2.1 Comparación de costos de los tres sistemas.

COSTOS	CORRECTIVO	PREVENTIVO	PREDICTIVO
Para implementar	Bajo	Mediano	Altos
Improductivos	Altos	Mediano	Muy bajos
Tiempo de parada	Altos e indefinidos	Predefinidos	Mínimos
Asociado a existencia de	Alto consumo e indefinidos	Alto consumo y definidos	Consumo mínimo

⁸ MOUBRAY JOHN, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad , Asheville, North Carolina, mayo 2000

repuestos			
-----------	--	--	--

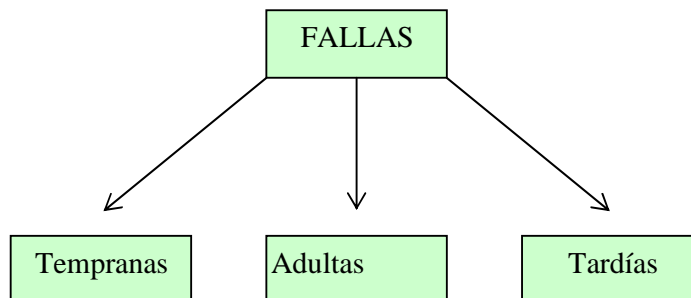
2.5. ANALISIS DE FALLOS

2.5.1. TIPOS DE FALLOS SEGÚN LA VIDA ÚTIL DEL EQUIPO.

Según el momento de la vida útil en el que aparecen las fallas, podemos clasificarlas en:

- **Fallas tempranas:** Este tipo de fallas corresponden a un periodo de mortalidad infantil, produciéndose al principio de la vida útil y constituyen un porcentaje pequeño del total de fallas debido a que se presentan en forma repentina y pueden causar graves daños.
- **Fallas adultas:** Son las fallas que presentan mayor frecuencia durante la vida útil. Son derivadas de las condiciones de operación y se presentan más lentamente que las anteriores (suciedad en un filtro de aire, cambios de rodamientos de una máquina, etc.).
- **Fallas tardías:** representan una pequeña fracción de las fallas totales, aparecen en forma lenta y ocurren en la etapa final de la vida del bien (envejecimiento del aislamiento de un pequeño motor eléctrico, pérdida de flujo luminoso de una lámpara incandescente, etc.).

Figura 2.3 Cuadro demostrativo del tipo de fallas.



2.5.2. DISTINTOS FALLOS Y AVERÍAS EN LOS SISTEMAS.

Desde un punto de vista las averías se podrían definir como un conjunto de actividades de investigación que, aplicadas sistemáticamente, trata de identificar las causas de las averías para establecer una mejora continua, aplicando las diferentes estrategias de mantenimiento descritas y así eliminar la causa de raíz que genera el fallo de un sistema.

Para introducirnos al análisis de averías hay que poner límites al sistema, el cual se lo define como el conjunto de elementos discretos o componentes que interactúan para el cumplimiento de una función determinada, dentro de estos también existen los subconjuntos de estos componentes que pueden, a su vez, denotarse como subsistemas.

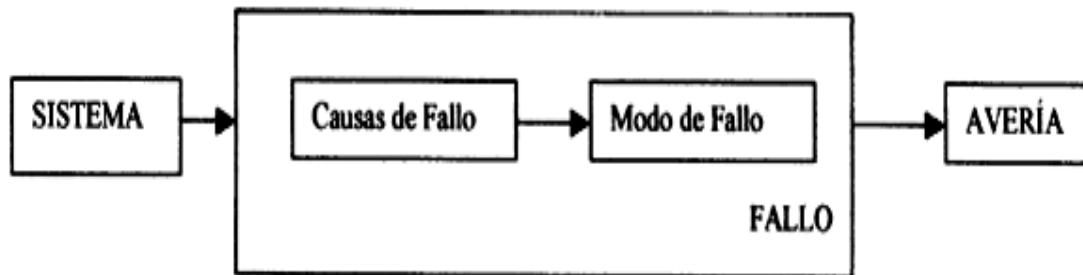
Los conceptos de sistema y subsistema son conceptos relativos y dependen de la función que sea objeto de estudio. La falla de un sistema es cualquier cambio en su tamaño, forma o propiedades, que lo hagan incapaz de realizar la función para la que fue diseñado.

Las fallas pueden ser clasificadas de acuerdo con una serie de criterios, que se recogen de manera general:

- Según se manifiesta el fallo: evidente, progresivo, súbito, oculto
- Según su magnitud: parcial, total.
- Según su manifestación y magnitud cataléptico: súbito y total; por degradación: progresivo y parcial
- Según el momento de aparición: Infantil o precoz, aleatorio o de tasa de fallos constante, de desgaste o envejecimiento.
- Según sus efectos: menor, significativo, crítico, catastrófico.
- Según sus causas: -Primario: la causa directa está en el propio sistema. -Secundario: la causa directa está en otro sistema. -Múltiple: fallo de un sistema tras el fallo de su dispositivo de protección.

Después de la aparición del fallo surge la avería del sistema en la cual existe una secuencia que se muestra en la figura 2.3, donde se indica la cadena de eventos de fallos que como ya se describió pueden ser de diferentes grados.

Figura 2.4. Secuencia de Fallas y Averías en Sistemas.



2.5.3. HERRAMIENTAS PARA EL ANÁLISIS DE AVERÍAS.

Existen diferentes herramientas para el análisis de averías dentro de las cuales se han especificado aquellas que más se ajustan en esta etapa de análisis:

2.5.3.1. Histograma⁹

Un histograma es un gráfico de barras verticales que representa la distribución de un conjunto de datos. Que nos ayudará a comprender la tendencia central, dispersión y frecuencias relativas de los distintos valores.

El Histograma es especialmente útil cuando se tiene un amplio número de datos que es preciso organizar, para analizar más detalladamente o tomar decisiones sobre la base de ellos. Es un medio eficaz para transmitir a otras personas información sobre un proceso de forma precisa e inteligible. En este caso, mediante el histograma puede determinarse en qué grado el proceso está produciendo buenos resultados y hasta qué punto existen desviaciones respecto a los límites fijados en las especificaciones.

2.5.3.2. Diagrama de PARETO

⁹ AGUINAGA, A.; Ingeniería del Mantenimiento, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador, 2005.

El Diagrama de PARETO permite seleccionar por orden de importancia y magnitud, la causa o problemas que se deben investigar hasta llegar a conclusiones que permitan eliminarlos de raíz. También se le conoce como Diagrama ABC o Ley de las prioridades 20-80, que dice: “el 80% de los problemas que ocurren en cualquier actividad son ocasionados por el 20% de los elementos que intervienen en producirlos”.

La mayoría de los problemas son producidos por un número pequeño de causas, y estas son las que interesan descubrir y eliminar para lograr un gran efecto de mejora. A estas pocas causas que son las responsables de la mayor parte del problema se les conoce como causas vitales. Las causas que no aportan en magnitud o en valor al problema, se les conoce como las causas triviales.

Las causas triviales aunque no aporten un valor a la mejora, no significan que se deban dejar de lado o descuidarlas. Se trata de ir eliminando en forma progresiva las causas vitales. Una vez eliminadas estas, es posible que las causas triviales se lleguen a transformar en vitales.

El Diagrama de PARETO es un instrumento que permite graficar por orden de importancia, el grado de contribución de las causas que estamos analizando o el conjunto de problemas que queremos estudiar. Se trata de clasificar los problemas y/o causas en vitales y triviales.

Para construir el diagrama de PARETO se pueden seguir los siguientes pasos:

- Cuantificar los factores del problema a ser estudiado, por ejemplo fallos o averías presentes en un producto, proceso o servicio. Este primer paso es imprescindible puesto que en base a los datos numéricos se hará el análisis.
- Preparar una hoja con los datos recogidos, anotar en orden progresivo decreciente clasificándola en orden de magnitud. Se recomienda indicar con letras (A,B,C,...) los temas que se han ordenado.
- Calcular y anotar, a su derecha, el peso relativo de cada uno (porcentaje).

- Calcular y anotar, a su derecha, el valor acumulado (porcentaje acumulado).
- Representar los elementos en porcentajes decrecientes de izquierda a derecha (histograma) y la curva de porcentaje acumulado.

El diagrama de PARETO presenta claramente la magnitud relativa de los problemas y suministra a los técnicos una base de conocimiento común sobre la cual trabajar, lo que lógicamente implica ahorro de tiempo y de recursos.

2.5.3.3. Diagrama de Ishikawa

Cuando se ha identificado el problema a estudiar, es necesario buscar las causas que producen la situación anormal. Cualquier problema por complejo que sea, es producido por factores que pueden contribuir en una mayor o menor proporción. Estos factores pueden estar relacionados entre sí y con el efecto que se estudia. El diagrama de causa y efecto es un instrumento eficaz para el análisis de las diferentes causas que ocasionan el problema.

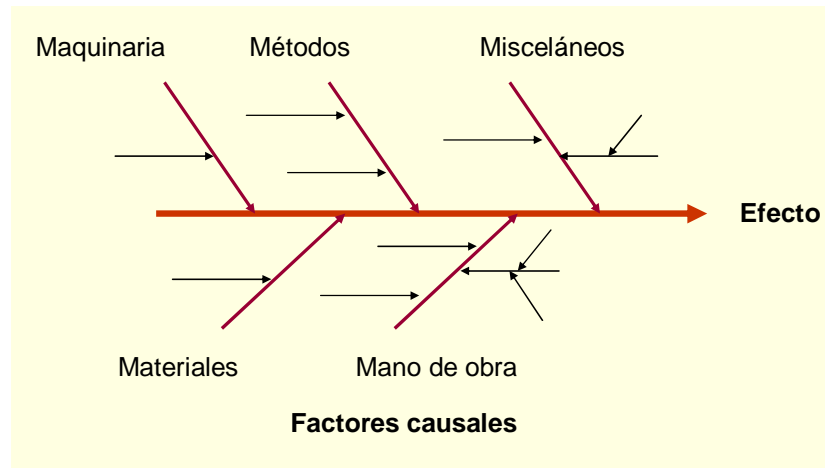
Se lo representa como “Espina de Pescado” por la forma en que se van colocando cada una de las causas o razones que a entender originan un problema. Su ventaja consiste en el poder visualizar las diferentes cadenas causa y efecto, que pueden estar presentes en un problema, facilitando los estudios posteriores de evaluación del grado de aporte de cada una de estas causas.

Los pasos a seguir para su construcción son:¹⁰

- Definir bien el efecto. Es el problema, avería o fallo que se va a analizar.
- Subdividir las causas en familias. Se aconseja el método de las 5M (métodos, máquinas, materiales, mano de obra y medio ambiente), para agrupar las distintas causas.
- Generar, para cada familia, una lista de todas las posibles causas secundarias, hasta considerar agotadas todas las posibilidades.

¹⁰ Programa de Mantenimiento de Equipos y Sistemas Mecánicos del Hospital de la Policía Nacional de Quito; Suarez Diego E.P.N. Diciembre 1988

Figura 2.5 Modelo del Diagrama de Ishikawa.



2.6. ANALISIS DE MODOS DE FALLA Y SUS EFECTOS (A.M.F.E)

Es un método que nos permite determinar los modos de fallas de los componentes de un sistema, el impacto y la frecuencia con que se presentan. De esta forma se podrán clasificar las fallas por orden de importancia, permitiéndonos directamente establecer tareas de mantenimiento en aquellas áreas que están generando un mayor impacto económico, con el fin de mitigarlas o eliminarlas por completo.

El AMFE fue desarrollado y aplicado por la NASA en la década de los 60, y era conocido como un procedimiento militar titulado "Procedimiento para la ejecución de un modo de falla, efectos y análisis de criticidad". En la década de los 70 lo empezó a utilizar Ford, extendiéndose más tarde al resto de fabricantes de automóviles. En la actualidad es un método básico de análisis en el sector del automóvil que se ha extrapolado satisfactoriamente a otros sectores.

En la medida que el propósito del AMFE consiste en sistematizar el estudio de un proceso/producto, identificar los puntos de fallo potenciales, y elaborar planes de acción para combatir los riesgos, el procedimiento, como se verá, es asimilable a otros métodos simplificados empleados en prevención de riesgos laborales, con ello se está facilitando la integración de la cultura preventiva en la empresa, descubriéndose que mediante el trabajo en equipo es posible profundizar de manera ágil en el conocimiento y mejora de la calidad de productos y procesos, reduciendo costos.

2.6.1. ¿CUÁNDO SE REALIZA UN AMFE?

Por definición el AMFE es una metodología orientada a maximizar la satisfacción del cliente mediante la reducción o eliminación de los problemas potenciales o conocidos. Para cumplir con este objetivo el AMFE se debe comenzar tan pronto como sea posible, incluso cuando aún no se disponga de toda la información.

En concreto el AMFE se debe comenzar:

- Cuando se diseñen nuevos procesos, productos o diseños;
- Cuando cambien procesos, productos o diseños actuales sea cual fuere la razón;
- Cuando se encuentren nuevas aplicaciones para los productos o procesos actuales;
- Cuando se busquen mejoras para los procesos, productos o diseños actuales.

El proyecto se basa en el último punto debido a que se trata de mejorar el tiempo de vida y minimizar la cantidad de posibles fallos que se pueden presentar en la casa de máquinas del hospital.

El AMFE se puede dar por finalizado cuando todas las operaciones hayan sido identificadas y evaluadas y todas las características críticas se han definido en el plan de control. Siempre se puede reabrir el AMFE para revisar, evaluar o

mejorar un diseño o proceso existente, según un criterio de oportunidad que se fijará en la propia empresa. Como regla general los archivos del AMFE habrán de conservarse durante el ciclo completo de vida del producto.

2.6.2. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES¹¹

A continuación se citan una serie de características que ayudan a comprender la naturaleza de la herramienta.

2.6.2.1. Carácter preventivo

El anticiparse a la ocurrencia del fallo en los productos, servicios o en los procesos permite actuar con carácter preventivo ante los posibles problemas.

2.6.2.2. Sistematización

El enfoque estructurado que se sigue para la realización de un AMFE asegura, prácticamente, que todas las posibilidades de fallo han sido consideradas.

2.6.2.3. Guía en la priorización

La metodología del AMFE permite priorizar las acciones necesarias para anticiparse a los problemas dando criterios para resolver conflictos entre acciones con efectos contrapuestos.

2.6.2.4. Participación

La realización de un AMFE es un trabajo en equipo, que requiere la puesta en común de los conocimientos de todas las áreas afectadas.

2.6.3. PASOS EN EL DESARROLLO DEL MÉTODO AMFE.¹²

¹¹ www.fundibeq.org.

¹² <http://www.scribd.com/doc/2941048/AMFE-Analisis-Modal-de-Fallos-yEfectos>

A continuación se indican de manera ordenada y esquemática los pasos necesarios con las correspondientes informaciones a complementar en el desarrollo y el análisis para la aplicación del método AMFE de forma genérica. Por lo que el método AMFE se centra en el análisis de elementos, equipos, productos, etc., con unas características determinadas y con unos modos de fallo que se trata de identificar y valorar.

2.6.3.1. Paso 1: Nombre del producto y componente

Como punto inicial en el desarrollo del formato AMFE, se escribe el nombre del producto sobre el que se va a aplicar el análisis. También se incluyen todos los subconjuntos y los componentes que forman parte del producto o proceso a analizar, se recomienda la utilización de códigos numéricos para complementar la identificación, para evitar posibles confusiones al definir componentes.

2.6.3.2. Paso 2: Operación o función (Parte del componente)

En este paso se completa con distinta información según se esté realizando un AMFE de diseño o proceso.

- Para el AMFE de diseño se incluyen las funciones que realiza cada uno de los componentes, además de las interconexiones existentes entre los componentes.
- Para el AMFE de proceso se reflejan todas las operaciones que se realizan a lo largo del proceso de fabricación de cada componente incluyendo las operaciones de aprovisionamiento, de producción, de embalaje, de almacenado y de transporte.

2.6.3.3. Paso 3: Modo de fallo

En el modo de fallo se recomienda comenzar con una revisión de los informes realizados en AMFE's anteriores, relacionados con el producto o proceso que se está analizando.

Un modo de fallo significa que un elemento o sistema no satisface o no funciona de acuerdo con la especificación, o simplemente no se obtiene lo que se espera de él (modo de fallo potencial). El fallo es una desviación o defecto de una función o especificación. Los modos de fallos potenciales se deben describir en términos físicos o técnicos. Es recomendable numerarlos correlativamente.

2.6.3.4. Paso 4: Efecto(s) del fallo

Suponiendo que el fallo potencial ha ocurrido, se describirán los efectos del mismo tal como lo haría el cliente. Los efectos corresponden a los síntomas. Generalmente se deben indicar en términos de rendimiento, eficacia o prestaciones del sistema.

Cuando se analiza una parte o componente se tendrá también en cuenta la repercusión en todo el sistema, lo que ofrecerá una descripción más clara del efecto. Si un modo de fallo tiene muchos efectos, a la hora de evaluar, se elegirá el más grave.

Entre los efectos típicos de fallo podrían citarse los siguientes:

- **diseño:** ruido, acabado basto, inoperante, olor desagradable, inestable, etc.
- **proceso:** no puede sujetar, no puede alinearse, no puede perforar, no se puede montar, etc.

2.6.3.5. Paso 5: Causa del fallo

En esta sección se muestran todas las causas potenciales de fallo atribuibles a cada modo de fallo. La causa potencial de fallo se define como indicio de una debilidad del diseño o proceso cuya consecuencia es el modo de fallo. Las causas relacionadas deben ser lo más concisas y completas posibles, de modo que las acciones correctoras y/o preventivas puedan ser orientadas hacia las causas pertinentes.

Entre las causas típicas de fallo podrían citarse las siguientes:

- **en diseño:** porosidad, uso de material incorrecto, sobrecarga, etc.
- **en proceso:** daño de manipulación, utillaje incorrecto, sujeción, amarre, etc.

2.6.3.6. Paso 6: Índice de Gravedad del fallo (G)

Este índice está íntimamente relacionado con los efectos del modo de fallo. El índice de gravedad valora el nivel de las consecuencias sentidas por el cliente. Esta clasificación está basada únicamente en los efectos del fallo. El valor del índice crece en función de:

- La insatisfacción del cliente. Si se produce un gran descontento, el cliente no comprará más.
- La degradación de las prestaciones. La rapidez de aparición de la avería.
- El costo de la reparación.

El índice de gravedad o también llamado de severidad es independiente de la frecuencia y de la detección. Para utilizar unos criterios comunes en la empresa ha de utilizarse una tabla de clasificación de la severidad de cada efecto de fallo, de forma que se objetivase la asignación de valores de G. En la siguiente tabla 2.2 se muestra un ejemplo en que se relacionan los efectos del fallo con el índice de gravedad.

Tabla 2.2. Cuadro de clasificación según Gravedad o Severidad de fallo¹³

GRAVEDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Repercusiones imperceptibles	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente, el cliente ni se daría cuenta del fallo.	1
Baja Repercusiones irrelevantes apenas perceptibles	El tipo de fallo originaria un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, éste observara un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable	2 - 3
Moderada Defectos de relativa importancia	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema	4 - 6

¹³ AGUINAGA, A.; Ingeniería del Mantenimiento, E.P.N. , Ecuador 2005

Alta	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado.	7 - 8
Muy Alta	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias. Si tales incumplimientos son graves corresponde un 10	9 - 10

Este índice sólo es posible mejorarlo mediante acciones de diseño, y no se ve afectado por los controles actuales.

2.6.3.7. Paso 7: Índice de Frecuencia (Probabilidad de ocurrencia) (F)

El índice de frecuencia se define como la probabilidad de que una causa específica se produzca y dé lugar al modo de fallo. Este índice representa más bien un valor intuitivo más que un dato estadístico matemático, a no ser que se dispongan de datos históricos de fiabilidad o se hayan ordenado y previsto éstos. En esta columna se pondrá un valor de probabilidad de ocurrencia de la causa específica.

Tal y como se acaba de decir, este índice de frecuencia está íntimamente relacionado con la causa de fallo, y consiste en calcular la probabilidad de ocurrencia en una escala del 1 al 10, como se indica en la tabla siguiente:

Tabla 2.3. Cuadro de clasificación de la frecuencia de acuerdo a la probabilidad de ocurrencia¹⁴

GRAVEDAD	CRITERIO	VALOR	PROBABILIDAD
Muy Baja Improbable	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos, ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible.	1	1/10000
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda.	2 - 3	1/5000 - 1/2000
Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema.	4 - 5	1/1000 - 1/200
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.	6 - 8	1/100 - 1/50

¹⁴ AGUINAGA, A.; Ingeniería del Mantenimiento, E.P.N. , Ecuador 2005

Muy Alta	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	9 – 10	1/20 – 1/10
----------	--	--------	-------------

Para reducir el índice de frecuencia, hay que emprender una o dos acciones:

- Cambiar el diseño, para reducir la probabilidad de que la causa de fallo pueda producirse.
- Incrementar o mejorar los sistemas de prevención y/o control que impiden que se produzca la causa de fallo.

2.6.3.8. Paso 8: Índice de Detectabilidad (D)

Este índice indica la probabilidad de que la causa y/o modo de fallo, supuestamente aparecido, llegue al cliente. Se está definiendo la probabilidad de detección, que inversamente a los otros índices, cuanto menor sea la capacidad de detección mayor será el índice de detectabilidad y mayor el consiguiente índice de riesgo, determinante para priorizar la intervención. Tras lo dicho se puede deducir que este índice está íntimamente relacionado con las causas provenientes del fallo.

Tabla 2.4. Cuadro de clasificación según la facilidad de detección del modo de falla.¹⁵

GRAVEDAD	CRITERIO	VALOR	PROBABILIDAD
Muy Alta	El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes	1	1/10000
Alta	El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque sería detectado con toda seguridad a posteriori.	2 - 3	1/5000 – 1/2000
Mediana	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estadios de producción	4 - 6	1/1000 – 1/200
Pequeña	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento	7 - 8	1/100 – 1/50
Improbable	El defecto no puede detectarse. Casi seguro que	9 - 10	1/20 – 1/10

¹⁵ AGUINAGA, A.; Ingeniería del Mantenimiento, E.P.N. , Ecuador 2005

	lo percibirá el cliente final		
--	-------------------------------	--	--

2.6.3.9. Paso 9: Índice de Prioridad de Riesgo (IPR)

El Índice de Prioridad de Riesgo (IPR) es el producto de la probabilidad de frecuencia, la gravedad, y la detectabilidad, y debe ser calculado para todas las causas de fallo. El IPR es usado con el fin de priorizar la causa potencial del fallo para posibles acciones correctoras. Un IPR inferior a 100 no requeriría intervención salvo que la mejora fuera fácil de introducir y contribuyera a mejorar aspectos de calidad, producto, proceso o trabajo.

$$IPR = F * G * D$$

2.6.3.10. Paso 10: Acción correctora

En este paso se incluye una descripción breve de la acción correctora recomendada. Para las acciones correctoras es conveniente seguir un cierto orden de prioridad.

1. Cambio en el diseño del producto, servicio o proceso general.
2. Cambio en el proceso de fabricación.
3. Incremento del control o de la inspección.

Para un mismo nivel de calidad o un mismo valor del índice de prioridad IPR en dos casos, suele ser más económico el caso que no emplea ningún control de detección. Es en general más económico, reducir la probabilidad de ocurrencia de fallo (si se encuentra la manera de conseguirlo) que dedicar recursos a la detección de fallos.

Es conveniente considerar aquellos casos cuyo índice de gravedad sea 10, aunque la valoración de la frecuencia sea subjetiva y el IPR menor de 100 o del

valor considerado como límite. No obstante, la gravedad de las consecuencias del modo de fallo debería ser el factor determinante del índice de prioridad del riesgo.

2.6.3.11. Paso 11: Definir responsables

En este apartado se indicarán los responsables de las diferentes acciones propuestas y, si se cree preciso, las fechas previstas de implantación de las mismas.

2.6.3.12. Paso 12: Acciones implantadas (opcional)

En este paso se reflejan las acciones realmente implantadas que pueden, en algunos casos, no coincidir con las propuestas inicialmente recomendadas.

Si a pesar de la implantación de las acciones correctoras, no se cumplen los objetivos definidos en algunos modos de fallo, es necesario investigar, proponer e implantar nuevas acciones correctoras, hasta conseguir que el IPR sea menor que el definido en los objetivos. Una vez conseguido que los IPR de todos los modos de fallo estén por debajo del valor establecido, se da por concluido el AMFE.

2.6.3.13. Proceso de actuación para la realización de un AMFE.

1. Disponer de un esquema gráfico del proceso productivo (lay-out)
2. Seleccionar procesos/operaciones clave para el logro de los resultados esperados.
3. Crear un grupo de trabajo conocedor del proceso en sus diferentes aspectos, con conocimientos de técnicas básicas de análisis de fallos y del AMFE.
4. Recoger datos de fallos y clasificarlos, además de datos históricos sobre incidentes y anomalías generadas.

5. Disponer de información sobre prestaciones y fiabilidad de elementos clave del proceso.
6. Preparar la realización del AMFE, conducido por una persona conocedora de la metodología.
7. Implantar acciones correctoras y aplicar técnicas básicas de análisis de fallos.
8. Complementar el formulario del AMFE asegurando la fiabilidad de datos y respuestas por consenso.
9. Reflexionar sobre resultados obtenidos y emitir conclusiones.
10. Planificar las correspondientes acciones de mejora.

CAPÍTULO 3

LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DE LOS EQUIPOS EN LA CASA DE MÁQUINAS.

3.1. Introducción

Para el levantamiento de información de los equipos en la casa de máquinas del Hospital Provincial Docente “Alfredo Noboa Montenegro” se requiere conocer las características técnicas y el estado de los equipos que van a intervenir en el desarrollo de este proyecto.

3.2. Descripción de los Equipos Constitutivos dentro de la Casa de Máquinas

La casa de máquinas del Hospital Provincial Docente “Alfredo Noboa Montenegro” consta de diferentes equipos y modelos diferentes pero con las mismas características técnicas, siendo este lugar uno de los órganos principales para el funcionamiento diario del hospital, consta de:

a) Sistema de alimentación de agua para los calderos:

- Ablandador de agua.
- Tanque de condensado.
- Bombeo de agua tratada al caldero.

- b) Sistema dosificador de químicos al caldero:
 - Bomba dosificadora.
- c) Sistema de alimentación de combustible al caldero:
 - Tanque de diesel diario.
 - Bombeo de alimentación de combustible
- d) Sistemas de generación de vapor (calderos):
 - Eliminación de gases.
 - Sistema de encendido.
 - Sistema de seguridad.
 - Carcasa.
- e) Sistema de bombeo de agua fría o Sistema hidroneumático:
 - Compresor.
 - Bombas del sistema hidroneumático.
- f) Sistema electrógeno.
 - Generador eléctrico
 - Motor
- g) Sistema de recirculación de agua caliente y aire acondicionado.
 - Intercambiador de calor
 - Bombas de recirculación
 - Tablero de control
 - Bulbo de control de temperatura
 - Tanque de agua caliente
 - Presostatos
 - Válvulas de alivio de presión
- h) Sistema de distribución de vapor
 - Banco distribuidor de vapor

En la descripción anterior existen varios componentes, que trabajan dentro de un mismo sistema y a la vez dentro de un subsistema, como por ejemplo el sistema de bombeo de agua fría, tiene un subsistema de bombas del hidroneumático y este está constituido por los siguientes componentes: bomba, motor, válvulas entre otros; para lo cual se requiere de una codificación tanto de los subsistemas como de los componentes. Esto ayudará en el futuro para

la identificación, ubicación, detección e implantación de medidas correctivas según sea el caso.

Tabla 3.1 Codificación de los equipos existentes en la casa de máquinas.

Sistema	Subsistema	Cantidad	Marca	Modelo	Código
Sistema de alimentación de agua para los calderos (SAPC-01)	Ablandador de agua	1	IGT A30	001-1	AA-01
	Tanque de condensado	1	-----	-----	TC-01
	Bombeo de agua tratada al caldero	2	Grundfos	F589	BA-01
				F689	BA-02
Sistema dosificador de químicos al caldero (SDQC-01)	Bomba dosificadora	2	Chem Feed	C630P	BQ-01
					BQ-02
Sistema de alimentación de combustible al caldero (SACC-01)	Tanque de diesel diario	1	-----	-----	TD-01
	Bombeo de alimentación de combustible	2	Baldor	W397	BC-01
			Marathon Electric	VVA145TTDR5326AA	BC-02
Sistemas de generación de vapor (calderos) (SGVC-01)	Eliminación de gases	2	York-Shipley (Donnlee)	SPHB-125-2	EG-01
					EG-02
	Sistema de encendido	2			SE-01
					SE-02
	Sistema de seguridad	2			SG-01
					SG-02
	Carcasa	2			CA-01
CA-02					
Sistema de bombeo de agua fría (Sistema hidroneumático)(SBAF-01)	Compresor del sistema hidroneumático	1	Century	8-164851-20	CO-01
	Bombas del sistema hidroneumático	3	Magnetic M. Centuri Electric	M1841M	BH-01
					BH-02
					BH-03

Sistema	Subsistema	Cantidad	Marca	Modelo	Código
Sistema electrógeno (SIEL-01)	Generador eléctrico	1	Leroy Somer	46433	GE-01
	Motor	1	Deutz	BFG 6413 FRG	MO-01
Sistema de recirculación de agua caliente y aire acondicionado (SRAC-01)	Intercambiador de calor	1	-----	-----	IC-01
	Bombas de recirculación	2	Franklin Electric	4103032413	BR-01
					BR-02
	Tablero de control	1	-----	-----	TC-01
	Bulbo de control de temperatura	1	-----	-----	BT-01
	Tanque de agua caliente	1	-----	-----	TAC-01
	Presostatos	2	Honey Well	L4006	PR-01
					PR-02
	Válvulas de alivio de presión	3	-----	-----	VAP-01
VAP-02					
VAP-03					
Sistema de distribución de vapor (SIDV-01)	Banco distribuidor de vapor	1	-----	-----	BV-01

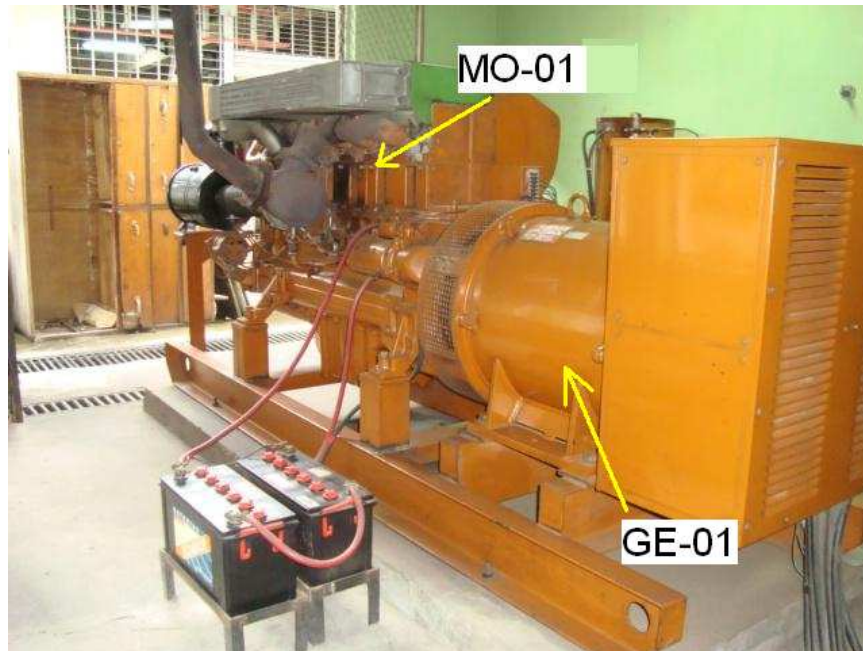
3.2.1. SISTEMA ELECTRÓGENO

Es un equipo a diesel, que proporciona energía eléctrica a todo el hospital, y entra en funcionamiento al momento que existe un corte de energía de la alimentación principal, debido a esto, este sistema se considera de alta prioridad en el hospital. Sus características son:

Tabla 3.2 Características del sistema electrógeno.

SISTEMA	EQUIPO	CARACTERÍSTICAS	
ELECTRÓGENO	MOTOR	Marca	Deutz
		Tipo	BFG 6413 FRG
		rpm	1800
		Potencia	164 KW
		Enfriamiento	Aire
		Cilindros	6 en línea
		Estado	Excelente
	GENERADOR	Marca	Leroy Somer
		Tipo	46433
		Serial	31936/OL
		rpm	1500
		Potencia	170 KW
		Potencia Activa	212.5 KVA
		Voltaje	220 V
		Intensidad	3.5 A
Estado	Excelente		

Figura 3.1 Sistema electrógeno



3.2.2. SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA FRÍA (SISTEMA HIDRONEUMÁTICO) (PRESIÓN CONSTANTE)

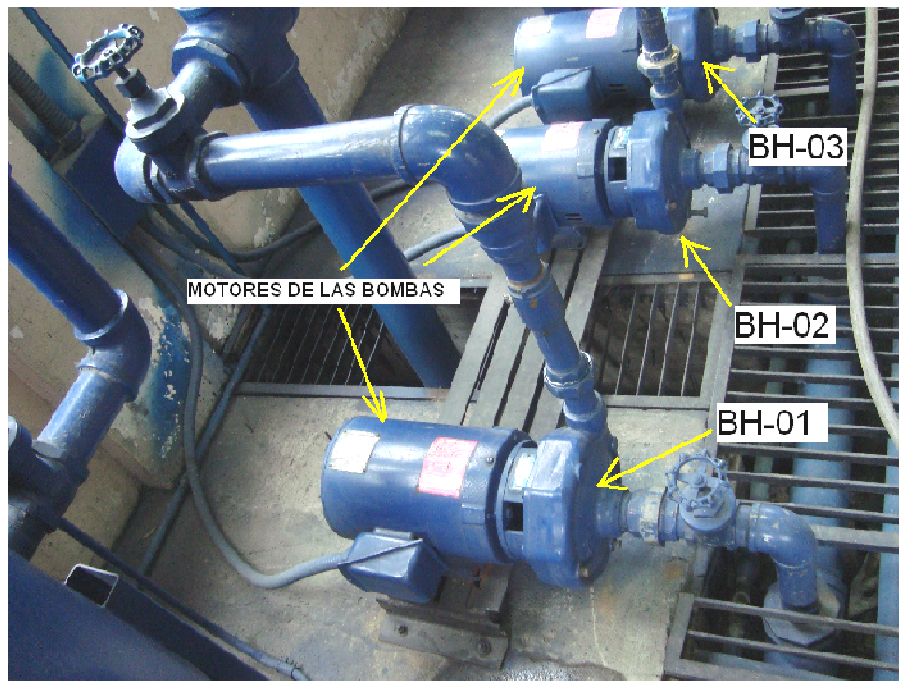
3.2.2.1. Bombas del Sistema Hidroneumático

La casa de máquinas tiene tres bombas de agua fría las cuales impulsan o dan presión para que el agua ingrese a los tanques de reserva, están programadas para que entren en funcionamiento dependiendo del nivel de agua que se encuentre dentro de los tanques, funcionan alternadamente pero casi siempre funcionan las bombas 1 y 2, mientras la bomba 3 entraría en funcionamiento dependiendo del consumo excesivo dentro del hospital. Estas bombas tienen las mismas características, pero los fallos o averías no son las mismas por lo que a cada bomba se le ha codificado como se muestra en la tabla 3.1. Pero las series de las bombas son diferentes es así que la Bomba 1: S/N 1404702, Bomba 2: S/N 1404423 y la Bomba 3: S/N 1404693, Cabe indicar que las tres bombas están en un buen estado.

Tabla 3.3 Características de las bombas del sistema hidroneumático.

SISTEMA	EQUIPO	CARACTERÍSTICAS	
Bombeo de agua Fría	Bomba	Marca	Index 5 BF 17535-1
		Impulsor	6-1/4"
		rpm	3460
		Potencia	7.5 hp
		Presión	50 - 60 psi
	Motor	Marca	Magnetic M Centuri Electric
		Tipo	6-360330-40
		rpm	3460
		Potencia	7,5 hp (5,6 kW)
		Intensidad	19/9.5 A
		Voltaje	230 V (trifásico)

Figura 3.2 Bombas del sistema hidroneumático



3.2.2.2. Compresor del Sistema Hidroneumático

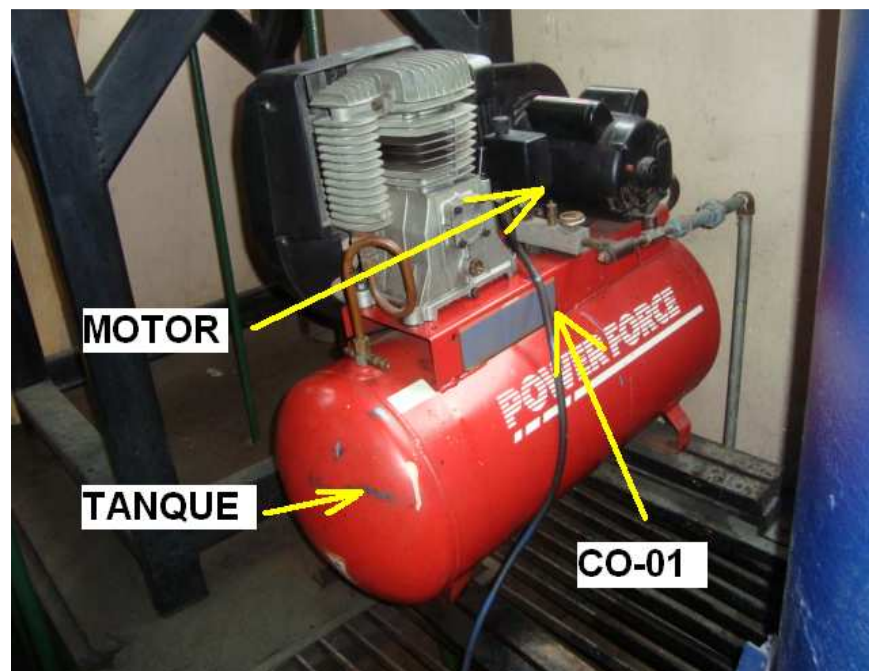
La función de este compresor es proporcionar la presión necesaria al sistema de bombeo de agua fría, el aire comprimido es introducido dentro de los

tanques del hidroneumático y con esta misma presión el agua fría es bombeada a todo el hospital.

Tabla 3.4 Características del compresor del sistema hidroneumático.

SISTEMA	EQUIPO	CARACTERÍSTICAS	
Compresor	Tanque	Marca	Power Force
		Modelo	4B20E20A/1068
		Serial	C51402269
		Presión	150 psi
		Presión de trabajo	60 psi
		Temperatura	-29 a 450 F
	Motor	Marca	Century
		Serie	BC3
		Part	8-16-4851-20
		Potencia	2 hp
		rpm	3450
		Voltaje	115/230 V
		Frecuencia	60 Hz
		Temperatura ambiente	40 °C
SF	1		

Figura 3.3 Compresor del sistema hidroneumático



3.2.2.3. Tanque del Sistema Hidroneumático

Estos tanques almacenan agua fría que es bombeada por los equipos BH-01, BH-02 y BH-03 pero también contienen aire comprimido el cual ayuda al bombeo del agua fría para todo el hospital. Su capacidad es de 2500 Litros por cada tanque, en total sería una capacidad de 5000 Litros.

Figura 3.4 Tanque del sistema hidroneumático



3.2.3. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE AGUA PARA LOS CALDEROS

3.2.3.1. Bombeo de Agua Tratada al Caldero

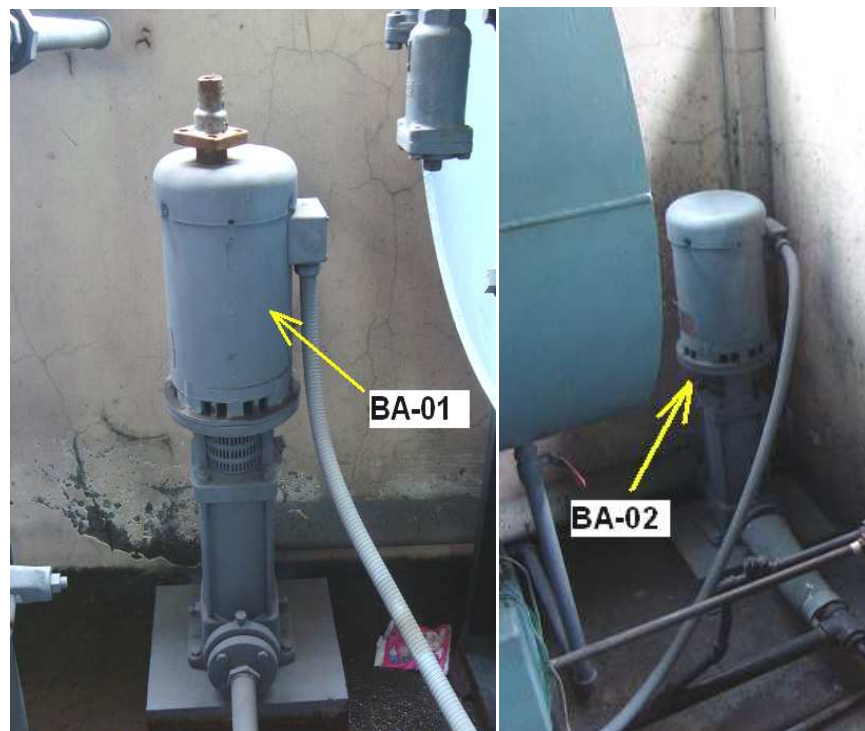
Cada caldero del hospital está provisto de una bomba centrífuga después del ablandador de agua, la cual suministra agua condensada y tratada, hacia la caldera para suplir las pérdidas y alimentar de agua para la generación de

vapor, su codificación se encuentra en la tabla 3.1, cabe indicar que las bombas tiene series diferentes como ya se indico, y sus características son:

Tabla 3.5 Características de las bombas de alimentación de condensado al caldero.

EQUIPO	CARACTERÍSTICAS	
Bombeo de agua tratada al caldero	Marca	Grundfos
	Spec.	36E 831-106
	Rpm	3450
	Potencia	5 hp
	Voltaje	208 - 230 V
	Intensidad	13.1 - 11.5 A
	Frecuencia	60 Hz

Figura 3.5 Bombas del sistema de alimentación de condensado al caldero



3.2.3.2. Ablandador de Agua

Los ablandadores tiene por objeto quitar la dureza del agua eliminando la sílice y otros sólidos presentes, este paso ayuda a evitar la incrustación de estos materiales en los tubos del caldero y posteriormente producir fallos, el hospital posee un solo ablandador, el cual se encuentra en buen estado.

Tabla 3.6 Ablandador de agua

EQUIPO	CARACTERÍSTICAS	
Ablandador de agua	Marca	KISCO
	Modelo	IGT A30
	Serial	001-1
	Capacidad	1 ft ³
	Flujo del servicio	10 GPM

Figura 3.6 Ablandador de agua

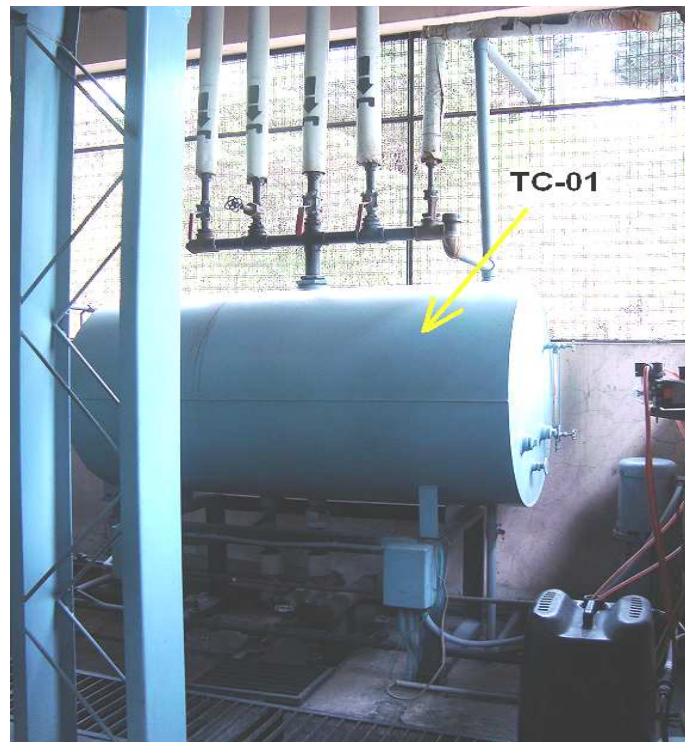


3.2.3.3. Tanque de Condensado

Este tanque recoge todo el vapor condensado de las líneas de tubería en las instalaciones del hospital y de la casa de máquinas, además este tanque proporciona agua a los calderos para suplir las pérdidas que se generan dentro de este, evitando en general la pérdida de presión dentro del caldero.

Este tanque ha sido construido artesanalmente con especificaciones y normas, por lo que no tiene una placa de características técnicas, pero posee los elementos necesarios como: una válvula de purga, una válvula flotador; encontrándose en un buen estado para su funcionamiento. Trabaja de 60 a 68 °C con una presión de 50 Psi.

Figura 3.7 Tanque del condensado



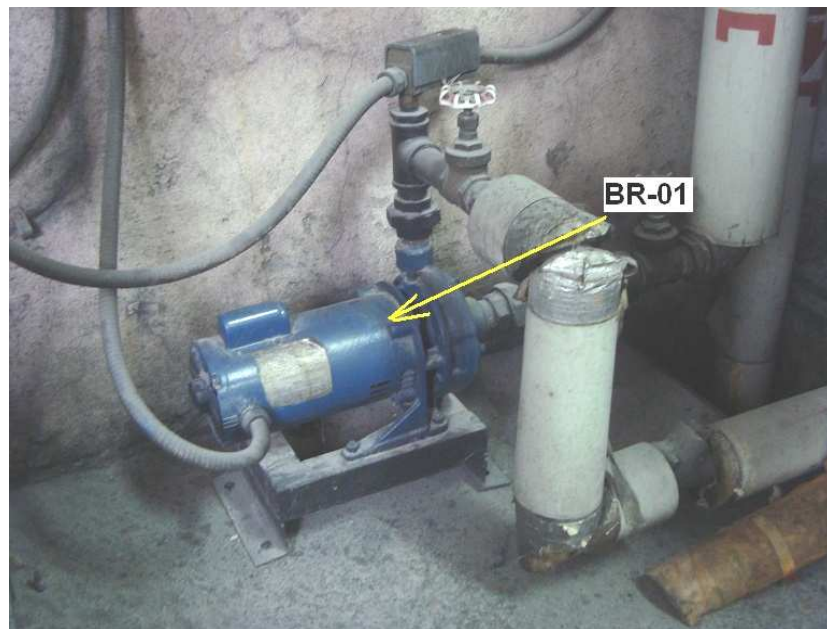
3.2.4. SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AGUA CALIENTE Y AIRE ACONDICIONADO

Consta de dos bombas centrifugas en buen estado y excelente funcionamiento. La función de estas bombas es hacer re circular el agua por un intercambiador de calor (serpentín), la cual calienta el agua del tanque y se distribuye a través de la tubería para tener una calefacción hacia las aéreas requeridas. Este sistema recoge el agua que se va enfriando en la tubería y es dirigida al intercambiador para continuar el proceso descrito.

Tabla 3.7 Características de las bombas de recirculación de agua caliente y aire acondicionado.

EQUIPO	CARACTERÍSTICAS	
Bomba de de recirculación de agua caliente y aire acondicionado	Marca	Franklin Electric
	Modelo	4103032413
	rpm	3450
	Potencia	1 hp
	Presión	60 psi
	Voltaje	115/230
	Frecuencia	60 Hz
	T de trabajo	40 °C
	SF	1.4

Figura 3.8 Bomba (BR-01) de recirculación de agua caliente y aire acondicionado



Nota: Estas bombas trabajan con sensores de temperatura (presostatos), las cuales detectan y controlan la temperatura del agua caliente para que las bombas entren en funcionamiento.

Tabla 3.8 Características de los sensores de temperatura

EQUIPO	CARACTERÍSTICAS	
Sensores de temperatura	Voltaje	120 VAC – 240
	Full load	2.6 - 1.3
	Locked rotor	15.6 – 7.8

3.2.4.1. Tanque de Almacenamiento de Agua Caliente

Este tanque almacena agua que es calentada por el paso continuo de vapor para su posterior bombeo a toda la instalación del hospital, el agua se encuentra a unos 40-50 °C, y la capacidad es de 5000 galones de agua.

Figura 3.9 Tanque de almacenamiento de agua caliente



3.2.4.2. Intercambiador de Calor

Es la unidad donde se realiza un intercambio de calor entre el vapor y agua fría siendo esta calentada, y posteriormente suministrada hacia el sistema de aire acondicionado, dirigidas a las áreas de cirugía y otras, que necesiten de un ambiente cálido, el estado actual de este equipo es excelente y el flujo de agua es de 3.6 L.P.S.

Figura 3.10 Intercambiador de calor



3.2.5. SISTEMA DE BOMBEO DE COMBUSTIBLE PARA CALDERO

Este sistema consta de dos bombas de combustible (diesel), las cuales suministran dicho combustible desde los tanques de almacenamiento diario, hacia la caldera, cabe recalcar que la bomba con código BC-01 no es original por lo que tiene una falla al momento de producirse la pulverización, por lo que se genera una mala combustión.

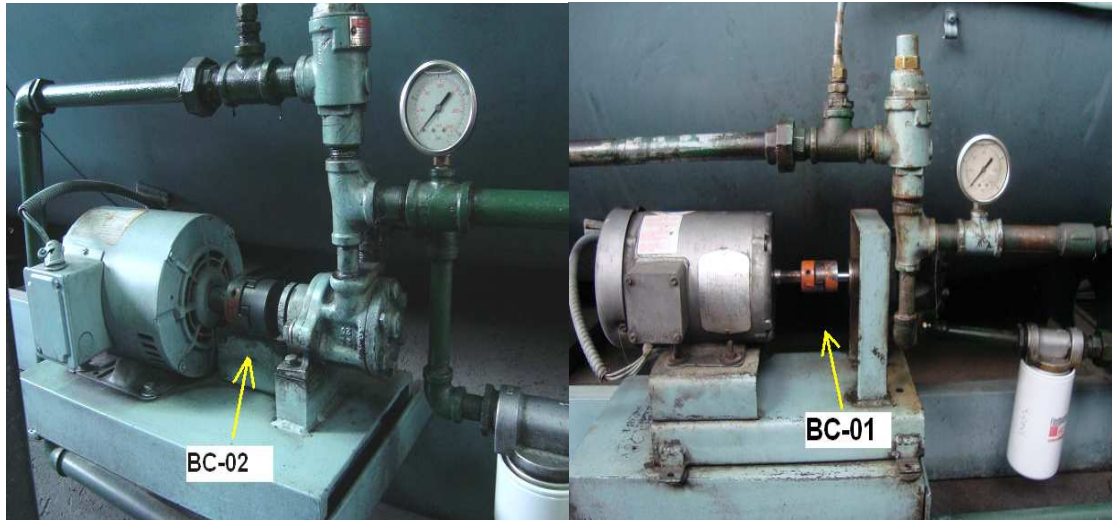
Tabla 3.9 Características del sistema de bombeo de combustible para calderos (Bomba BC-01)

SISTEMA	EQUIPO	CARACTERÍSTICAS	
BOMBEO DE COMBUSTIBLE	MOTOR	Marca	Baldor
		Tipo	W397
		Cat N°	M 3457
		rpm	3450
		Potencia	0.33 hp
		Intensidad	1.5 – 1.4 A
		Voltaje	208-230/460 V
	BOMBA	Modelo	H
		Presión	40 psi
		Tipo	2°

Tabla 3.10 Características del sistema de bombeo de combustible para calderos (Bomba BC-02)

SISTEMA	EQUIPO	CARACTERÍSTICAS	
BOMBEO DE COMBUSTIBLE	MOTOR	Marca	Marathon Electric
		Tipo	VVA145TTDR5326
		Cat N	H121
		rpm	1735
		Potencia	1.5hp
		Voltaje	208-230/460 V
		Intensidad	1.5 – 1.4 A
	BOMBA	Modelo	B89C
		Tipo	2LA
		Presión	40 psi

**Figura 3.11 Sistemas de bombeo de combustible hacia los calderos (Bomba BC-01 del Caldero 01 y BC-02 del Caldero 02)
(Ver Tabla 3.1)**



3.2.6. SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR (CALDEROS)

Consta de dos calderos los cuales entregan vapor para todo el hospital, por lo que estas máquinas son de vital importancia para el trabajo de algunas áreas tales como: cocina, lavandería, esterilización, etc., porque sin esta generación no se podrían trabajar con normalidad.

Debida a esta razón se convierte en un factor muy primordial el realizar un programa de mantenimiento para efectivizar y garantizar el desempeño del caldero, a pesar de que cada caldero puede tener diferentes fallos, con este proyecto se los puede detectar a tiempo y corregirlos evitando grandes daños dentro de la casa de máquinas.

Tabla 3.11 Sistema de generación de vapor (Calderos)

EQUIPO	CARACTERÍSTICAS	
Caldero	Marca	York-Shipley
	Tipo	Weldeh
	Serial	89-17812 H95
	Potencia	125 hp
	Presión	60 psi
	Flujo de combustible	37.0 GPH
	Capacidad	150000 lb/h
	RATED ST'M	4184000 Btu/h
	Model	SPHV-125-2
	Boiler	994-572
	Heating Surface	625
	Estado	Bueno

Tabla 3.12 Caldero 01 (Placa localizada en el interior del caldero en el tablero de control)

EQUIPO	CARACTERÍSTICAS	
Caldero 01	Marca	York-Shipley
	Boiler	25 psi
	Fuel Pump Pressure 120	120 – 120 psi
	Fuel rate	37.0 – 11.3 GPH
	Nozzle oil pressure	120 – 120 psi
	Return nozzle pressure	90 – 40 psi
	Stact temperature	400 ƒ
	Pilot gas pressure	1.7 ”
	Winbox pressure	13.0” – 1.7”
	CO ₂	9.34% - 7%

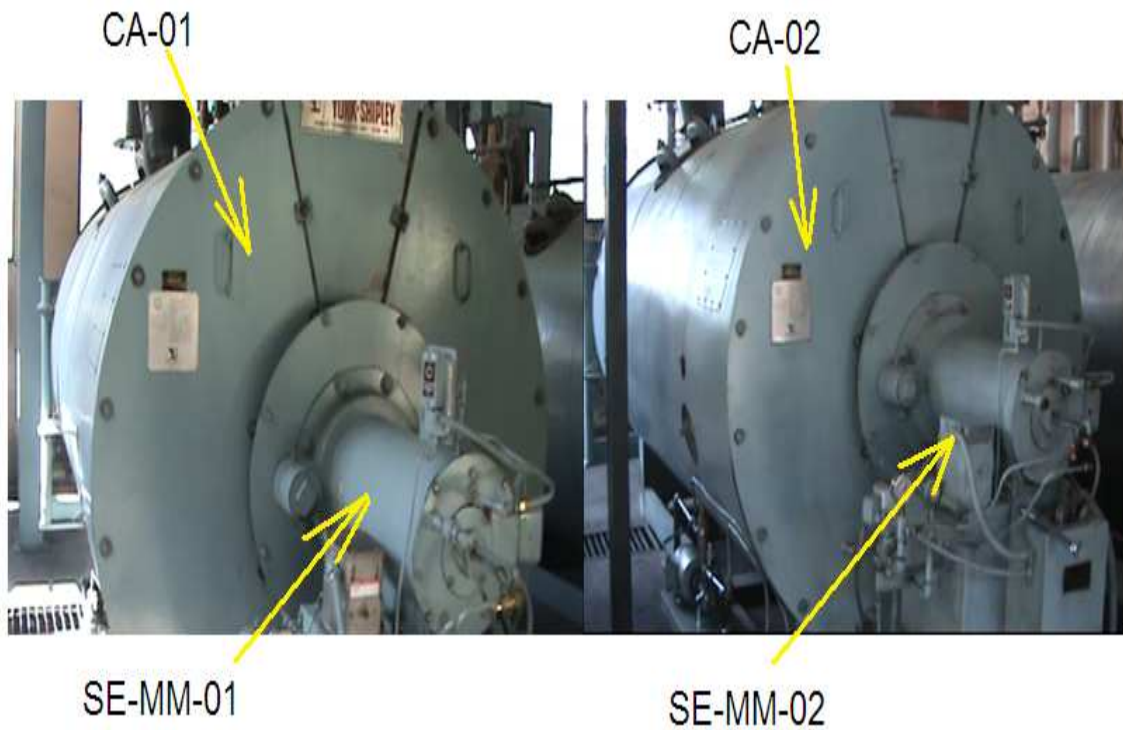
Tabla 3.13 Caldero 02 (Placa localizada en el interior del caldero en el tablero de control)

EQUIPO	CARACTERÍSTICAS	
Caldero 02	Marca	York-Shipley
	Boiler	50 psi
	Fuel Pump Pressure 120	114 – 112 psi
	Fuel rate	37.0 – 11.9 GPH
	Nozzle oil pressure	112 – 112 psi
	Return nozzle pressure	85 - 35 psi
	Stact temperature	420 °F
	Pilot gas pressure	2.1 "
	Winbox pressure	13"
	CO ₂	10% - 7.5%

Tabla 3.14 Características del Motor del Caldero

EQUIPO	CARACTERÍSTICAS	
Motor caldero	Marca	Marathon Electric
	Intensidad	25/12.5 A
	Fuel Pump Pressure 120	114 – 112 psi
	Fuel rate	37.0 – 11.9 GPH
	Nozzle oil pressure	112 – 112 psi
	Return nozzle pressure	85 - 35 psi
	Stact temperature	420 °F
	Pilot gas pressure	2.1 "
	Winbox pressure	13"
	CO ₂	10% - 7.5%

Figura 3.12 Sistemas de generación de vapor (Calderos y motores moduladores)



Nota: Son dos motores para cada caldero pero tienen las mismas características técnicas, su codificación respectiva es: Motor modulador 1: SE-MM-01, Motor modulador 2: SE-MM-02.

3.2.7. SISTEMA DOSIFICADOR DE QUÍMICOS AL CALDERO

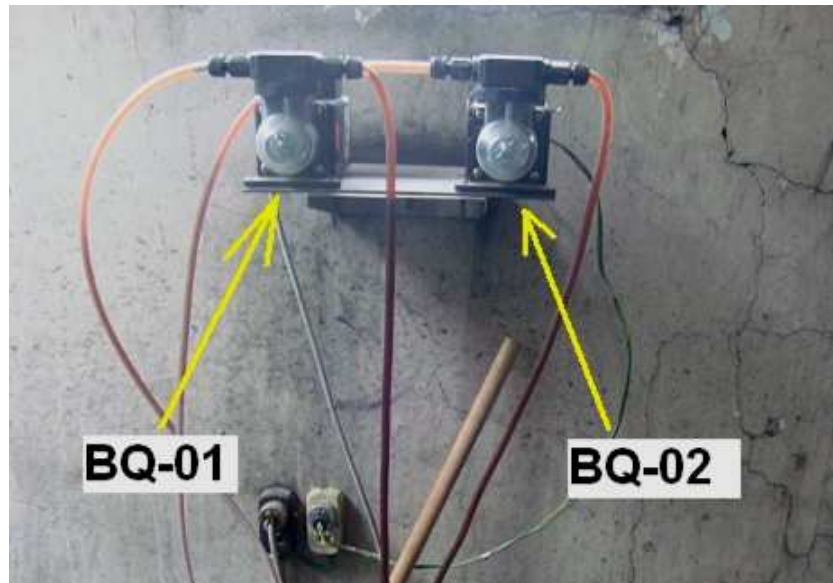
3.2.7.1. Bomba Dosificadora de Químico

La dosificación de químicos a los calderos está presente para evitar el deterioro de los tubos de fuego, espejos, carcasa y demás elementos que estén en contacto con el agua dentro del caldero, se lo realiza con un sistema de dosificación el cual posee dos bombas tipo diafragma para el suministro del químico, con ello se determina la funcionalidad de este equipo la cual es de vital importancia para el buen desempeño del caldero evitando así las paradas no deseadas.

Tabla 3.15 Características técnicas de la bomba dosificadora de químicos

EQUIPO	CARACTERÍSTICAS	
Bomba dosificadora	Marca	Chem Feed
	Modelo	C-630P
	Serie	ET269
	Max Feed	2.4 GPH
	Voltaje	115 V
	Presión de flujo	125 psi
	Frecuencia	60 Hz
	Potencia	45 W

Figura 3.13 Bombas dosificadoras de químico

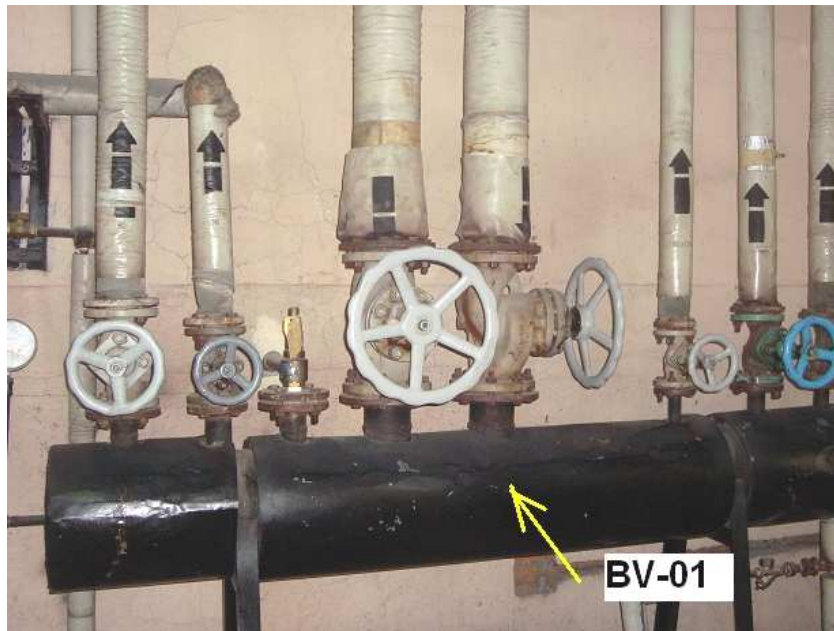


3.2.8. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR (SIDV-01)

3.2.8.1. Banco distribuidor de vapor

Es un sistema de distribución de vapor controlado que trabaja eficientemente, permitiendo el paso de vapor que es generado dentro de las calderas, este fluido es distribuido por diferentes líneas o tuberías las cuales van dirigidas hacia las áreas de cocina, lavandería, centro de esterilización, etc., además este sistema dispone de una válvula de alivio de presión por la cantidad de vapor que circula a través de esta unidad.

Figura 3.14 Banco Distribuidor de Vapor



3.3. METODOS ACTUALES DE MANTENIMIENTO

El Hospital Provincial Docente “Alfredo Noboa Montenegro”, no posee un programa de mantenimiento dirigido hacia la casa de máquinas, el único mantenimiento que se lo hace es por simple inspección, por paralización o presencia de algún fallo en los equipos y por conocimiento general de los encargados de este departamento.

El trabajo de mantenimiento se realiza bajo la responsabilidad de una sola persona, que en este caso es el jefe encargado de este departamento, el cual conoce el estado y funcionamiento de todos los equipos ya mencionados anteriormente, pero se necesita que todo el personal conozca a fondo los problemas suscitados.

Por esta razón se tiene la necesidad de desarrollar este programa de mantenimiento dirigido a los equipos de la casa de máquinas de dicho hospital,

ya que si la persona encargada, se ausentare de su puesto, el hospital y las personas de este departamento con la ayuda de este programa tendrían los conocimientos necesarios y facilidades para seguir teniendo un funcionamiento normal como hasta ahora ha venido desarrollándose, pero con fallos mínimos que pueden ser corregidos para una mayor eficiencia.

3.3.1. DAÑOS GENERALES QUE TIENE LA CASA DE MÁQUINAS DESDE SU PUNTO DE FUNCIONAMIENTO.

Dentro de estos daños que se tienen, es la no puesta en funcionamiento del sistema contra incendios, ya que las personas encargadas en la construcción y puesta a punto del hospital fue el personal de I.E.O.S, una empresa estatal que dejo de existir, y no dejo funcionando el motor de este equipo por algún fallo que se había presentado sin haberle corregido a pesar de que este equipo es de vital importancia para la seguridad del hospital.

3.3.2. FALTA DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA EL CONTROL

Por la falta de un programa de mantenimiento dentro de la casa de máquinas del Hospital Provincial Docente “Alfredo Noboa Montenegro” no se pueden programar bien los controles de inspección, limpieza y mantenimiento de los equipos que se encuentran en dicho lugar, ya que, el personal solo realiza trabajos de acuerdo a como se encuentren los equipos, o si presentan alguna falla, o al tiempo que ellos creen conveniente se haga el mantenimiento, en raras ocasiones coincidiendo con el tiempo exacto o también saliéndose del cronograma de mantenimiento y en casos mayores olvidándose completamente del mantenimiento que se le debió dar a un equipo en el transcurso de la semana.

CAPÍTULO 4

REQUERIMIENTOS DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO.

4.1. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

Es necesario plantear una serie de definiciones que se seguirán utilizando en el desarrollo de este trabajo.

- a) **Casa de Máquinas.** Conjunto de maquinaria, equipos e instalaciones donde se generan diferentes procesos termodinámicos, eléctricos, de transferencia de calor y mecánicos, que suministran los tipos de energía para los diferentes servicios del hospital.
- b) **Equipo.** Componente de la casa de máquinas que realiza una función determinada en el proceso.
- c) **Parte.** Componente simple de cada unidad. Es la parte de la unidad que puede cambiarse directamente en el sitio.
- d) **Componente.** Repuestos de una parte.
- e) **Estrategia.** Metodología empleada para llevar a cabo una acción.
- f) **Plan o programa.** Conjunto de estrategias para llevar a cabo una acción.
- g) **Modo de falla.** Falla o avería típica de una unidad. Se tipifica como la parte que falla.

h) **Monitoreo de condiciones.** Conjunto de técnicas de inspección que se utilizan para conocer las condiciones de operación de equipos.

4.2. REQUERIMIENTOS DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

4.2.1. DETERMINACIÓN DE LAS UNIDADES CRÍTICAS EN EL PROCESO.

Cabe resaltar que para obtener un análisis efectivo de criticidad se debe tener en cuenta la frecuencia, la detectabilidad y la gravedad con que falla el proceso o producto; sin embargo luego del estudio en conjunto con el departamento de mantenimiento del hospital se determinó que el principal índice de análisis para el desarrollo del diagrama de PARETO es a través de la frecuencia de fallo de cada sistema, que con la ayuda del porcentaje acumulado se puede ver de una forma fácil, sencilla y rápida a aquellos sistemas que serán de mayor criticidad, los cuales serán analizados dentro de los cuadros AMFE.

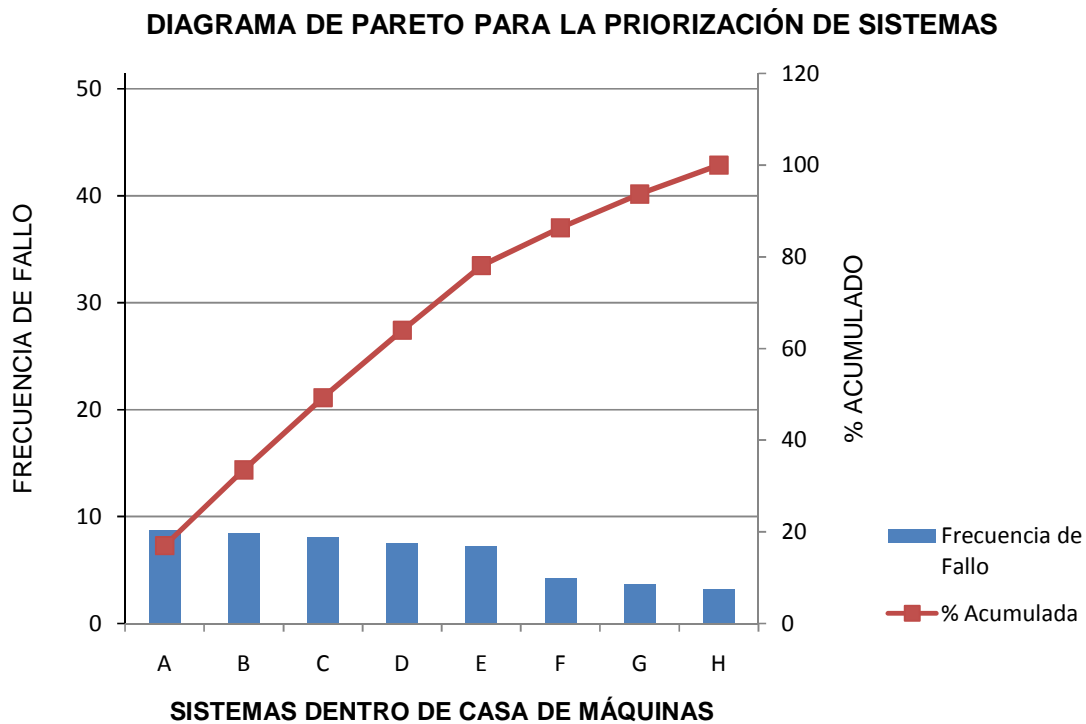
Tabla 4.1 Datos obtenidos: Frecuencia de fallo de sistemas dentro de la casa de máquinas para análisis de criticidad.

Designación	Sistema	Frecuencia de fallo	% del total	% Acumulado
A	Sistema de generación de vapor (calderos) (SGVC-01)	8,75	17,0	17
B	Sistema de alimentación de agua para los calderos (SAPC-01)	8,5	16,5	33,5
C	Sistema de alimentación de combustible al caldero (SACC-01)	8,12	15,8	49,3
D	Sistema de bombeo de agua fría (SBAF-01)	7,56	14,7	64,0
E	Sistema dosificador de químicos al caldero (SDQC-01)	7,25	14,1	78,1
F	Sistema de recirculación de agua caliente y aire acondicionado (SRAC-01)	4,25	8,3	86,4
G	Sistema de distribución de vapor (SIDV-01)	3,76	7,3	93,7
H	Sistema electrógeno (SIEL-01)	3,25	6,3	100,0
TOTAL		51,44	100,0	

[Fuente: Departamento de Mantenimiento]

Nota: La frecuencia de fallo se encuentra dentro de una escala de 1 a 10, y evaluados de acuerdo a los datos de frecuencia de fallo tomados en los apuntes del personal de mantenimiento.

Figura 4.1 Diagrama de PARETO



De la figura se concluye que al tomar el porcentaje de 80 a 20 como lo indica en el análisis de PARETO en los pocos vitales se encuentran los sistemas:

- A: Sistema de generación de vapor (calderos) (SGVC-01)
- B: Sistema de alimentación de agua para los calderos (SAPC-01)
- C: Sistema de alimentación de combustible al caldero (SACC-01)
- D: Sistema de bombeo de agua fría (SBAF-01)
- E: Sistema dosificador de químicos al caldero (SDQC-01)

Los cuales formaran parte y serán analizados en los cuadros AMFE, así como en el desarrollo del programa de mantenimiento.

4.2.2. DETERMINACIÓN DE LA CONFIABILIDAD DE LOS EQUIPOS

Haciendo uso del conocimiento de los operadores y del libro de bitácoras de mantenimiento de los equipos existentes dentro de la casa de máquinas, se lleva a cabo un análisis de la confiabilidad.

4.2.3. DETERMINACIÓN DE LAS PARTES CRÍTICAS Y SU MODO DE FALLA

Luego del estudio realizado en el punto (4.2.2) es posible determinar cuáles son los modos de falla de cada una de las partes del equipo en estudio.

Esto facilita el desarrollo de los cuadros de mantenimiento AMFE.

4.2.4. SELECCIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE ACUERDO CON EL MODO DE FALLA

Una vez conocido el modo de falla o mediante el uso de técnicas de monitoreo de las condiciones de operación, se procede a seleccionar la estrategia apropiada.

4.2.4.1. ¿Por qué Analizar el Modo de Fallo?

Una máquina puede fallar por diversos motivos, un grupo de máquinas o un sistema como una línea de producción puede fallar por muchas razones. Para una planta entera las fallas ascienden en proporciones geométricas.

Las ordenes de trabajo o pedidos de trabajo surgen para cubrir modos de falla específicos.

El planeamiento del mantenimiento diario se realiza para tratar modos de falla específicos. En la mayoría de las empresas industriales, el personal de mantenimiento y operaciones tiene reuniones cada día. Las reuniones casi siempre consisten en discusiones acerca de lo que ha fallado, que las ocasionó, que se está haciendo para reparar el problema, y a veces, que puede hacerse para prevenir que vuelva a suceder.

4.2.4.2. Sistemas de Órdenes de Trabajo

El documento es uno de los principales útiles de trabajo de todo jefe de departamento, ya que se puede utilizar de muchas maneras. En el desarrollo de un sistema administrativo se deben considerar todas las formas en que se puede aprovechar este.

Por ejemplo, una forma de documento para órdenes de trabajo puede servir para muchas cosas, además de la mera asignación de una tarea. Así, se puede emplear para transmitir información, hacer estimaciones, dar autorizaciones elaborar programas mantener registros, asignar recursos, o bien, como hoja de control de materiales o mano de obra.

En el departamento de mantenimiento, el documento también se usa para informes escritos y gráficos para la administración, presupuestos, evaluación de labores, planeación y programación de mantenimiento preventivo.

El sistema de órdenes de trabajo es lo más importante para las labores y la administración del departamento. Muchos hospitales, aun los más grandes, no cuentan con un sistema eficiente en lo referente a las órdenes de trabajo.

Sin embargo, a menos que haya un control adecuado de las órdenes de trabajo no se podrá controlar el mantenimiento.

Los sistemas de órdenes de trabajo deben servir para:

- Clasificar el trabajo
- Describir el trabajo por escrito
- Obtener las autorizaciones necesarias
- Registrar, planificar y programar los trabajos
- Asignar tareas
- Llevar la contabilidad de tiempos
- etc.

Figura 4.2 Ejemplo de orden de trabajo¹⁶

HOSPITAL PROVINCIAL DOCENTE “ALFREDO NOBOA MONTENEGRO”		No.
ORDEN DE TRABAJO		
DEPARTAMENTO: MANTENIMIENTO	EQUIPO:	
FECHA:		
<input type="checkbox"/> Mantenimiento Programado		<input type="checkbox"/> Reparación
<input type="checkbox"/> Mantenimiento Externo		
REPORTE DEL DAÑO:		
TRABAJO A REALIZAR:	MATERIALES Y REPUESTOS:	
TÉCNICO RESPONSABLE:		
FECHA DE RECEPCIÓN:	FECHA DE ENTREGA:	
TIEMPO DE TRABAJO:		
Observaciones:		
_____	_____	
Firma del Jefe de Mantenimiento	Firma del Responsable	

4.2.4.3. Clasificación de los Requerimientos de Trabajo

Los diferentes tipos de trabajo deben estar debidamente clasificados y cada uno de ellos se llevara a cabo siguiendo los procedimientos más adecuados. De esta manera se elimina el papeleo innecesario sin la pérdida del control deseado. La clasificación contribuye a planear mejor las actividades a cargo del

¹⁶ AMERICAN HOSPITAL ASSOCIATION, Manual de Ingeniería de Hospitales, México, Editorial Limusa, 1976.

personal, a hacer una evaluación correcta de cada tipo de trabajo y a facilitar la aprobación de tareas asignadas.

Aunque la magnitud y el número de trabajos puedan tener diferentes categorías de los distintos hospitales, las más comunes son las siguientes:

- Reparaciones rutinarias
- Reparaciones de emergencia
- Mantenimiento preventivo programado
- Ordenes permanentes para pequeñas tareas rutinarias
- Reparaciones mayores en trabajos de mantenimiento

4.2.5. ELABORACIÓN DEL PLAN PARA CADA EQUIPO

En los cuadros AMFE se procede a determinar el modo, causa y efecto de fallas que se producen en los equipos que serán analizados; que pueden, perfectamente constar de una combinación de todos los modos de fallo y acciones correctivas a tomarse. Debe procurarse que se tienda al mantenimiento preventivo.

4.3. OTROS REQUERIMIENTOS

Un programa de mantenimiento también exige el cumplimiento de ciertos requerimientos especiales para obtener los beneficios esperados. Estos son: factor humano, constancia y flexibilidad.

4.3.1. FACTOR HUMANO

Todo el personal que labora en el área de mantenimiento debe ser capaz de captar los fundamentos del programa, y ser motivado para llevar adelante su proceso; de estos elementos depende el éxito del desarrollo del programa de mantenimiento.

4.3.2. CONSTANCIA

La constancia en su aplicación; permite verificar la calidad y realización oportuna de los diferentes trabajos programados, manteniendo especialmente el flujo establecido de la documentación a manejarse. Por lo que el personal debe instruirse en general sobre sus responsabilidades con objeto de que se cumpla lo que el programa establece.

4.3.3. FLEXIBILIDAD

El programa, debe ser lo necesariamente asequible; capaz de absorber cambios de diversa índole, y rechazar acciones que se consideren perjudiciales a los principios planteados en el desarrollo de su estructura y de los fines que persigue, como resultado de una determinada concepción del mantenimiento. De igual forma, debe poder incorporar las actividades aceptables de otros programas, o mejorar las propias, que sean susceptibles de cambio y realimentación.

4.4. BENEFICIOS DE LA PROGRAMACIÓN

Al momento de realizar el programa de mantenimiento se pueden alcanzar grandes resultados beneficiosos para un buen estado en la vida útil y desempeño de los equipos de la casa de máquinas. Estos resultados se dividen en resultados directos e indirectos.

4.4.1. RESULTADOS DIRECTOS

a. Trabajos conocidos de ante mano

Dentro de los resultados directos que se pueden obtener, es la programación de los trabajos de mantenimiento, obteniendo una ventaja sobre el mantenimiento correctivo y la consiguiente reparación de los equipos antes de la fecha límite de trabajo eficiente, con lo que existe tiempo para comenzar y programar todos sus detalles.

b. Reducción del Tiempo de Reparación¹⁷

En la práctica, el comportamiento de los equipos llega a conocerse, y los trabajos menores como consecuencia de las inspecciones, las mismas que se llevan a cabo antes de lo que podría llegar a ser una reparación costosa. Se evita hacer paradas largas e innecesarias, ya que las composuras serán programadas con bastante tiempo.

c. Operación de los Equipos.

Por consecuencia de las horas de trabajo que tienen todos los equipos en la casa de máquinas, algunas partes se vuelven defectuosas y van perdiendo eficiencia; debido al desgaste, incrustaciones, oxidación, y también al cambio de componentes que no son los originales.

Al programar las fechas de mantenimiento se logran condiciones más adecuadas y seguras al momento de tomar las acciones correctivas, de esta manera, se logra reducir costos y aumentar la productividad del equipo, al disminuir sus paradas imprevistas.

d. Rendimiento y actividad de los equipos

Luego de programar los trabajos de mantenimiento y listos para su ejecución diaria, semanal, mensual y anual; se espera aumente el rendimiento dentro de la casa de máquinas así como las horas-hombre disponibles.

e. Costo del mantenimiento

Con los controles del programa se llega a establecer con bastante exactitud el costo de mantenimiento por equipo o por sistema, a partir del cual se puede tomar decisiones del tipo gerencial, basadas en datos reales.

¹⁷ Programación de Mantenimiento del Hospital de SOLCA Quito; Cristóbal Antonio Jijón E.P.N., Director Ing. Ms. IVAN ZAMBRANO; Quito, Diciembre 2001

Con estos datos se pueden dar cuenta de cuan beneficioso es el programa, lográndonos reducir los costos de mantenimiento por paros improvisados de los equipos de la casa de máquinas, generando un ahorro a todo el hospital, por lo tanto, un trabajo eficiente de todos los equipos.

4.4.2. RESULTADOS INDIRECTOS

a. Disminución de Fallas Repetitivas

Para desarrollar el programa de mantenimiento se tiene que realizar un estudio de todas las reparaciones y mantenimientos realizados en los equipos de la casa de máquinas, para determinar la frecuencia, los modos y los fallos que se pueden presentar causando daños periódicos, y a veces más complicados, todos estos fallos se deben investigar en esta etapa para una vez conocidos poder eliminarlos.

b. Seguridad en la Operación de un Equipo

La seguridad es muy importante; el trabajador mantiene el mejor nivel de eficiencia, si sabe que una máquina bien mantenida, le representa seguridad en su operación, y en la calidad del servicio que esta entrega.

c. Almacenamiento de los Registros de Mantenimiento Realizados.

Los programas de mantenimiento que se elaboran permiten organizar toda la información, además de opiniones de personal de los trabajos realizados; estos resultan de mucha ayuda para el mejoramiento continuo del programa de mantenimiento obteniéndose una rebaja del costo para cada nuevo trabajo. Los datos deben ser ciertos y precisos para reducir las frecuencias de mantenimiento, sin correr el riesgo de averías imprevistas.

d. Importancia de Bodega

Dada la importancia que tiene la bodega y el inventario de refacciones y su relación con el programa de mantenimiento preventivo, se necesita también información al respecto.

En la medida que se incrementa el mantenimiento preventivo se aumentará el número de refacciones que debe almacenarse, por lo cual debe asegurarse que sea de acuerdo a la confiabilidad del equipo y sus refacciones críticas.

Se necesita también de información acerca de proveedores, tiempos de entrega, costos, tiempos de tránsito, etc. Con esto se tendrá una bodega con un adecuado stock en: lubricantes, filtros, sellos, refacciones especiales, refacciones comunes, y otros artículos de almacén normalmente usados durante el mantenimiento preventivo.

También constará el número de herramientas especiales que se han de utilizar en la ejecución de trabajos de mantenimiento; se ha tomado en cuenta los casos que se han presentado en el área de mantenimiento de otros hospitales, que por no considerar las herramientas existentes muchos programas de mantenimiento preventivo se ven afectados.

En el caso de trabajos especiales como el análisis químico del agua, que circula a través del ablandador, el tanque de condensado y el caldero; necesitará instrumentos especiales y provisiones especiales para su mantenimiento predictivo que será incluido en el mantenimiento preventivo, se contrata una firma especializada en el análisis de está de acuerdo a la programación con respecto al cambio del agua, midiendo el grado de acidez (PH) máximo al que el agua pueda llegar para que ya no pueda ser reutilizada y causar daños futuros, al sistema de generación y distribución de vapor.

De esta manera la inversión para el Hospital en el programa de mantenimiento, en inventarios de repuestos será baja y en tiempo justo a la

necesidad únicamente para el personal encargada dentro de la casa de máquinas.

El impacto negativo que causa un mal manejo de inventario en el programa de mantenimiento preventivo afecta la efectividad, y promueven las desviaciones de desempeño de equipos y la no calidad.

e. Entrenamiento.

Se debe determinar si se requiere algún tipo de entrenamiento y planear el mismo en base a una evaluación del personal técnico, para familiarizarse con el plan de mantenimiento a desarrollarse.

Es importante sociabilizar directamente el programa de mantenimiento, considerando su cumplimiento y eficiencia de la marcha del mismo.

4.5. RECOLECCIÓN DE DATOS-RECOMENDACIONES

Antes de definir cual información debe ser reunida, se ha de tomar algunas recomendaciones, obtenidas a través de la experiencia y práctica de la persona encargada, en este caso, de la casa de máquinas del Hospital Provincial Docente “Alfredo Noboa Montenegro”, que se consideran fundamentales para que se pueda desarrollar el programa de mantenimiento:

- a. Aclaración al personal de mantenimiento, respecto a la finalidad de la recolección de los datos.

Al presentar esta recomendación se sugiere que el desarrollo de las estrategias de recolección de datos, sea hecho con la participación directa del personal de mantenimiento en todos los niveles. Existe mayor probabilidad de éxito, cuando los que vayan a suministrar la información, hayan participado en el desarrollo del programa de mantenimiento.

- b. Evitar que la recolección de datos implique la interrupción de los servicios, o trabajo adicional excesivo para el personal de ejecución del mantenimiento.
- c. Los registros de historial de los equipos de la casa de máquinas principales, serán elaborados por el encargado del mantenimiento, sin embargo, otros registros secundarios pero no de menos importancia, deben ser elaborados por cada responsable de la recolección de datos, o sea, los operarios de mantenimiento deben hacer los registros de sus tiempos ocupados así como la pérdida de producción, y su aprobación.
- d. Estructurar convenientemente la recolección de la información, con el fin de poder analizar los datos reunidos y sacar acciones correctivas dentro de los cuadros AMFE.

Es fundamental procesar correctamente la información dada por el personal de mantenimiento para el éxito de la recolección de datos, para que traigan beneficios a los mismos responsables del mantenimiento dentro de la casa de máquinas, y no existan trabajos adicionales de análisis, especialmente en el caso que sean equipos similares que ya se han realizado antes el análisis, para evitar su multiplicidad en el desarrollo del programa, debido a que cumplen la misma función.

- e. Alternativas.

En cualquier implementación de un programa específico deben mencionarse alternativas, aquí se presentan algunas.

1. No hacer nada.

Puede decidir que es demasiado difícil, o muy consumista de tiempo y que no vale la pena cambiar después de todo, ninguna elección es digna de hacerse.

2. Solo reparar fallas.

Puede darle cualquier forma a su programa de mantenimiento y arreglar solamente los equipos cuando fallan o le afectan a su trabajo o la calidad.

3. *Contratación de empresas externas*

Se puede establecer el tiempo, esfuerzos e inversión económica para establecer una contratación de empresas externas de mantenimiento o reparación para justificar los gastos de contratación para el equipo crítico.

Si se opta por esta alternativa, debe planearse un contrato de corto tiempo y si es posible incluir en el contrato requerimientos para elaborar un registro del mantenimiento preventivo realizado de; equipos / frecuencia / y procedimientos, así como establecer un programa de entrenamiento para su personal.

4.6. Como Determinar el Mejor Procedimiento de Análisis para un Plan de Mantenimiento

Un plan de mantenimiento se basa principalmente en la estrategia denominada, “operar hasta la falla”, sin embargo el programa a ser desarrollado en este proyecto requiere también de otras estrategias, ya que si llegara a fallar el equipo tardaría y detendría el trabajo diario de la casa de máquinas, que es de vital importancia dentro del hospital; debido a esto a más de la estrategia mencionada se requiere que el mantenimiento sea preventivo y en ocasiones de carácter predictivo, con el objetivo de evitar la parada de las máquinas y equipos. Se concentra en la habilidad para reparar rápidamente, en la disponibilidad de personal entrenado y el contar con los repuestos necesarios y las herramientas adecuadas en el momento de la falla.

En el proceso de desarrollar el plan de mantenimiento (cuadros AMFE), se debe determinar el mejor procedimiento para cada parte. Los procedimientos de las partes se juntan para producir el plan de mantenimiento de la unidad. El desempeño de la planta y la efectividad de los procedimientos de mantenimiento normalmente se obtienen al nivel de las “unidades”, ya que la

disponibilidad de la unidad afecta directamente la ejecución de una determinada función.

Para desarrollar racionalmente un plan o programa de mantenimiento, aplicando las estrategias enunciadas según el caso, se deben examinar las diferentes unidades, su importancia crítica en el proceso y la probabilidad de que se produzca determinado tipo de falla en cada una de las partes constituyentes.

CAPÍTULO 5

DISEÑO Y ELABORACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO.

5.1. EL PLAN O PROGRAMA

5.1.1. ¿QUE ES UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO?

Por Programa de Mantenimiento podemos entender 2 cosas:

Programa o Plan de Mantenimiento Preventivo: Se trata de la descripción detallada de las tareas de Mantenimiento Preventivo asociadas a un equipo o máquina, explicando las acciones, plazos y recambios a utilizar; en general, hablamos de tareas de limpieza, comprobación, ajuste, lubricación y sustitución de piezas.

Software de Mantenimiento: Aplicación Informática comercial o no, que facilita ejecutar el Plan de Mantenimiento de un equipo, máquina o conjuntos de activos de una empresa, mediante la creación, control y seguimiento de las distintas tareas técnicas previstas con el uso de un ordenador - computador.

Este tipo de programas suele conocerse también como GMAO (Gestión de Mantenimiento Asistida por Ordenador) y GMAC en Latinoamérica (Gestión de Mantenimiento asistida por Computadora).

5.1.2. COMO CREAR UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

Crear un Programa de Mantenimiento para un equipo o máquina determinada a veces tiene un cierto grado de dificultad, pero hacerlo bien es muy difícil. A continuación se presentan algunas ideas básicas:

- Si no disponen de un Software de Mantenimiento con un mínimo conocimiento de ordenadores pueden crearse aplicaciones simples pero efectivas con programas como Access (bases de datos) y Excel (Hoja de Cálculo), que permita al personal de mantenimiento tener una ficha del equipo, con sus incidencias, paradas, averías, soluciones, repuestos usados, cuadros AMFE, etc. Cuanto más dato se recojan y guarden, más exacto podrá ser el programa de mantenimiento.
- Quien mejor conoce una máquina es su fabricante, por lo que es altamente aconsejable comenzar por localizar el manual de uso y mantenimiento original, y si no fuera posible, contactar con el fabricante por si dispone de alguno similar, aunque no sea del modelo exacto.
- Establecer algunas tareas básicas y de fácil entendimiento para el uso de los operarios de la máquina o equipo, que incluya la limpieza del equipo y el espacio cercano.
- Comenzar de inmediato la creación de un historial de averías e incidencias posibles.
- Establecer una lista de medidas máximas aceptables, como niveles de lubricante, presión, temperatura, voltaje, peso, etc. así como sus valores, tolerancias y la periodicidad de comprobación, en horas, días, semanas, etc.
- Establecer un Plan-Programa de Lubricación de la misma forma, comenzando con plazos cortos, analizando resultados hasta alcanzar los plazos óptimos.
- Actuar de la misma forma con todos los sistemas de filtración y filtros del equipo, sean de aire, agua, lubricantes, combustibles, etc. Para establecer los plazos exactos de limpieza y/o sustitución de los filtros, esto ayuda a revisar y comprobar su estado de forma periódica. Los filtros de cartucho

pueden abrirse para analizar su estado, y comprobar si se sustituyeron en el momento justo, pronto o tarde.

- En cuanto a transmisiones, cadenas, rodamientos, correas de transmisión, etc. los fabricantes suelen facilitar un N° de horas aproximado o máximo de funcionamiento, pero que dependerá mucho de las condiciones de trabajo: temperatura, carga, velocidad, vibraciones, etc. Por lo tanto, no tomar esos plazos máximos como los normales para su sustitución, sino calcular esa sustitución en función del comentario de los operarios, la experiencia de los técnicos de mantenimiento, incidencias anteriores, etc.
- Siempre que sea posible, agrupar en el Plan o Programa de Mantenimiento las distintas acciones de mantenimiento preventivo que requieran la parada del equipo o máquina, aunque los plazos no sean exactos, adelantando un poco los más alejados (por ejemplo, si establece el fabricante la comprobación de presión de un elemento cada 30 días, se puede establecer esta cada 28, para coincidir con otras tareas preventivas del plazo semanal (7 x 4 semanas = 28 días).

5.2. PASOS PARA EL DESARROLLO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO.

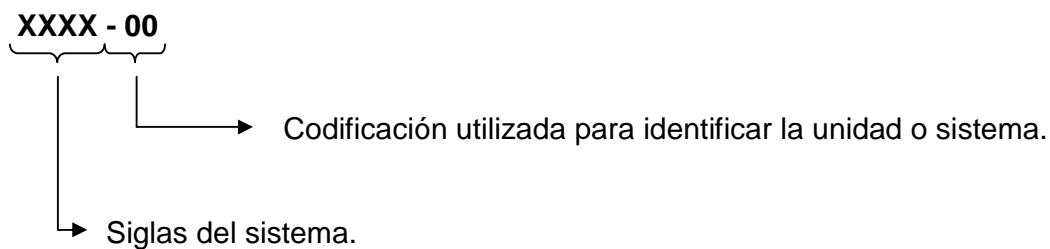
Como se expone en el capítulo 2 de este proyecto se tiene los pasos para el desarrollo del método AMFE, que a continuación se muestran detalladamente.

5.2.1. PASO 1: NOMBRE DEL PRODUCTO Y COMPONENTE

Tabla 5.1 Sistemas a ser analizados dentro de los cuadros AMFE (Seleccionados en el diagrama de PARETO).

Programa de mantenimiento de los equipos de la casa de máquinas del Hospital Provincial Docente “Alfredo Noboa Montenegro”		
Sistemas dentro del análisis (Prevalecidos en el diagrama de PARETO)	Nombre	Código
	A: Sistema de alimentación de agua para los calderos	SAPC-01
	B: Sistema dosificador de químicos al caldero	SDQC-01
	C: Sistema de alimentación de combustible al caldero	SACC-01
	D: Sistemas de generación de vapor (calderos)	SGVC-01
	E: Sistema de bombeo de agua fría (hidroneumático)	SBAF-01

- Codificación Utilizada:



Ejemplo:

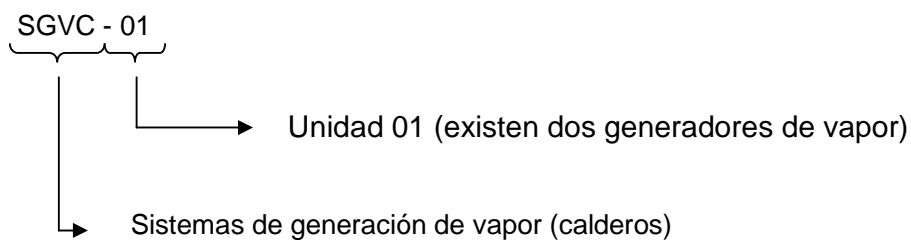
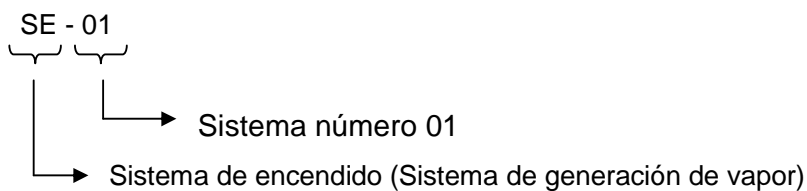
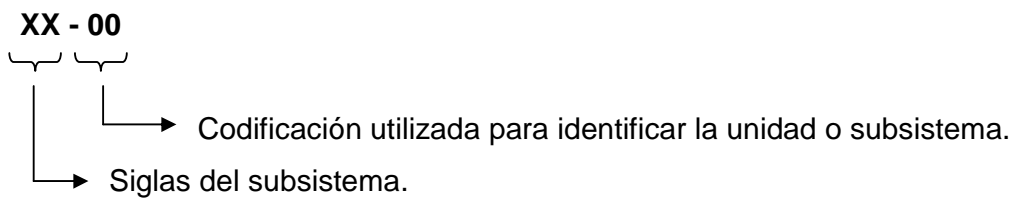


Tabla 5.2 Subsistemas a ser analizados dentro de los cuadros AMFE

Programa de mantenimiento de los equipos de la casa de máquinas del Hospital Provincial Docente “Alfredo Noboa Montenegro”		
Subsistemas dentro de los cuadros AMFE		
Sistema	Subsistemas	Código
A	Ablandador de agua	AA-01
	Tanque de condensado	TC-01
	Bombeo de agua tratada al caldero	BA-01
B	Bomba dosificadora	BQ-01
C	Tanque de diesel diario	TD-01
	Bombeo de alimentación de combustible	BC-01
D	Eliminación de gases	EG-01
	Sistema de encendido	SE-01
	Sistema de seguridad	SG-01
	Carcasa	CA-01
E	Compresor del sistema hidroneumático	CO-01
	Bombas del sistema hidroneumático	BH-01

- Codificación Utilizada:



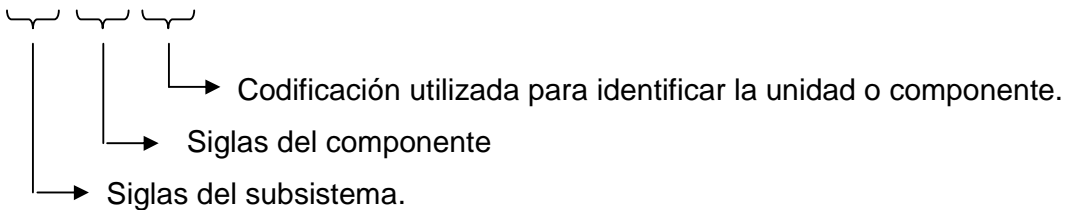
Nota: En la tabla 5.2 se han colocado solo algunos de los subsistemas totales que cada sistema posee, esta aclaración se la hace debido que algunos sistemas poseen más de uno y se lo puede ver por completo en el capítulo 3, tabla 3.1.

Tabla 5.3 Ejemplo de Componentes dentro de los subsistemas a ser analizados dentro de los cuadros AMFE

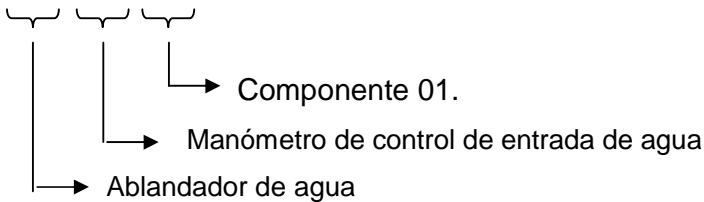
Programa de mantenimiento de los equipos de la casa de máquinas del Hospital Provincial Docente “Alfredo Noboa Montenegro”			
Sistema	Subsistema	Componente	Código del componente
A	Ablandador de agua	Tanque con resina	AA-TRes-01
		Deposito de sal	AA-DS-01
		Válvula múltiple	AA-VM-01
		Manómetro de control de entrada de agua	AA-MC-01
		Válvula entrada de agua	AA-VA-01

- Codificación Utilizada:

XX – YY - 00



AA – MC - 01



5.2.2. PASO 2: OPERACIÓN O FUNCIÓN (PARTE DEL COMPONENTE)

En el desarrollo de este paso se recoge información acerca de todos los sistemas, subsistemas y componentes que existen y actualmente están trabajando dentro de la casa de máquinas en el hospital.

**Tabla 5.4 Extracto de tablas de Función y funcionamiento de subsistemas y componentes a ser analizados
(VER ANEXO I)**

Sistema	Subsistema	Función	Componente	Código	Funciones específicas
Alimentación de agua para los calderos	Ablandador de agua	Permiten reducir la dureza del agua mediante resinas de intercambio iónico de alta eficiencia, la que es regenerada con una solución de cloruro de sodio, este proceso utiliza resinas que tienen la propiedad de intercambiar el calcio y el magnesio presentes en el agua por el sodio	Tanque con resina	AA-Tres-01	Eliminar los iones de calcio (Ca ²⁺), magnesio (Mg ²⁺), de hierro (Fe ²⁺) . Que producen la dureza del agua.
			Deposito de sal	AA-DS-01	Mantener la sal para utilizarla en el retro lavado de la resina del tanque
			Válvula múltiple	AA-VM-01	Regular el paso de sal para el retro lavado de la resina
			Manómetro de control de entrada de agua	AA-MC-01	Controlar presión de entrada del agua al depósito de condensado
			Válvula de entrada de agua (McDonell)	AA-VA-01	Dar paso al agua para el ingreso al tanque de condensado
	Tanque de condensado	Almacenar el agua condensada de todas las líneas del hospital, y el agua tratada en el ablandador	Tanque	TC-T-01	Almacenar agua para el caldero
			Visor de nivel con válvula de purga	TC-VP-01	Medir continuamente el nivel de agua presente en el tanque y es un medio de drenaje
	Bombeo de agua tratada al caldero	Alimentar al caldero con agua tratada para su utilización	Motor eléctrico trifásico de 220V	BA-ME-01	Inducir a la bomba para la alimentación de agua
			Bomba vertical (centrifuga)	BA-BV-02	Mandar el agua tratada a los calderos con la presión y cantidad necesaria

5.2.3. PASO 3: MODO DE FALLO

El hospital y específicamente en el departamento de mantenimiento, no posee informes en los que se pueda observar los diferentes modos de fallo existentes para los diferentes componentes dentro de los sistemas y subsistemas en la casa de máquinas; debido a esto, y a que, uno de los objetivos del proyecto es realizar una programación del mantenimiento para dicho lugar y obtener una mejor eficiencia tanto del personal como de los equipos, se han determinado los siguientes modos de fallo y su respectiva codificación la cual ayudara dentro del programa.

Tabla 5.5 Identificación y codificación de los modos de fallo

CÓDIGO	DENOMINACIÓN
F01	Baja eficiencia del sistema
F02	Trabajo ineficiente
F03	Parada del sistema
F04	Mal funcionamiento
F05	Inversión de flujo en la tubería
F06	No existe la relación eficaz agua-químico
F07	Lectura incorrecta
F08	Falta de combustible
F09	No existe salida de gases de combustión
F10	Fisuras
F11	Fugas
F12	Humo
F13	Caldero sobrecalentado
F14	Fallo intermitente
F15	Alimentación de gas inadecuado
F16	Fallas en el arranque
F17	Fallas de encendido
F18	Baja eficiencia de transferencia de calor

5.2.4. DESARROLLO DE LOS PASOS: 4, 5, 6, 7, 8 Y 9 (CAPÍTULO 2, DESARROLLO DE LOS CUADROS AMFE)

En este punto se ha desarrollado de forma conjunta los pasos mencionados incluyendo los modos de fallo, debido a que estos están estrictamente relacionados en el desarrollo de los cuadros AMFE, a continuación se expone un extracto de dichos cuadros.

Tabla 5.6 Extracto de cuadros AMFE (Sistema de Alimentación de Agua al Caldero) (VER ANEXO II)

Subsistema	Componente	Código Componente	Código de Fallo	Modo	Efectos	Causas	D	F	G	IPR	Estado
Ablandador de agua	Tanque con resina	AA-TRes-01	AA-TRes-F01	Baja eficiencia del sistema	No trabaja en perfectas condiciones	Falta de sal para mantener activa la resina	3	3	7	63	Normal
						Fugas de agua (corrosión)	2	2	8	32	Normal
						Falta de resina	4	3	8	96	Normal
	Deposito de sal	AA-DS-01	AA-DS-F01	Baja eficiencia del sistema	No se activa la resina	Falta de disolución de la sal	3	2	7	42	Normal
						Taponamiento de conductos de salida de sal	7	2	8	112	Fallo potencial
	Válvula múltiple	AA-VM-01	AA-VM-F02	Trabajo ineficiente	Perdida de presión	Fugas de agua-sal	4	5	6	120	Fallo potencial
	Manómetro de control de entrada de agua	AA-MC-01	AA-MC-F01	Baja eficiencia del sistema	Lecturas incorrectas en el manómetro	Exceso de dilatación	4	3	7	84	Normal
						Mala calibración	5	2	7	70	Normal
	Válvula entrada de agua	AA-VA-01	AA-VA-F01	Baja eficiencia del sistema	Llenado excesivo del tanque	Incrustaciones en la válvula	2	3	8	48	Normal
						Mal sellado hermético	2	2	8	32	Normal
						Desgaste de sellos	2	2	7	28	Normal

Subsistema	Componente	Código Componente	Código de Fallo	Modo	Efectos	Causas	D	F	G	IPR	Estado
Tanque de condensado	Tanque	TC-T-01	TC-T-F03	Parada del sistema	Fugas de condensado	Tanque fisurado (por corrosión, picaduras, fatiga térmica)	2	3	7	42	Normal
					Incremento de presión	Taponamiento en la tubería de alimentación del caldero	5	2	7	70	Normal
						Falla del sistema de seguridad	2	3	7	42	Normal
	Visor de nivel con válvula de purga	TC-VP-01	TC-VP-F04	Mal funcionamiento de la válvula	Falso nivel de agua de condensado	Incrustaciones en la válvula	3	3	6	54	Normal
						Presencia de sedimentos	3	3	6	54	Normal
Bombeo de agua tratada al caldero	Motor eléctrico	BA-ME-01	BA-ME-F01	Baja eficiencia del sistema	Motor remordido	Mal estado de rodamientos	3	2	8	48	Normal
						Incrustaciones de polvo en las bobinas	4	4	7	112	Fallo potencial
			BA-ME-F03	Parada del sistema	Calentamiento de cojinetes	Ejes desalineados	4	4	8	128	Fallo potencial
						Falta de lubricación	3	4	8	96	Normal
					Sobrecarga del motor	Entrada de dos fases	4	2	6	48	Normal

Subsistema	Componente	Código Componente	Código de Fallo	Modo	Efectos	Causas	D	F	G	IPR	Estado
Bombeo de agua tratada al caldero	Motor eléctrico	BA-ME-01	BA-ME-F03	Parada del sistema	Sobrecarga del motor	Tensiones anormales en las bridas	3	3	8	72	Normal
	Bomba Vertical	BA-BV-01	BA-ME-F01	Baja eficiencia del sistema	Perdida de presión del agua	Filtros tapados	3	2	7	42	Normal
						Desgaste o deterioro de sellos	4	2	7	56	Normal
						Bolsas de aire en la bomba	4	2	8	64	Normal
						Impulsor dañado por incrustaciones de sólidos	5	3	8	120	Fallo potencial
						Impulsor roto	4	3	8	96	Normal
						Fuga de agua por la empaquetadura	2	3	8	48	Normal
					Caudal bajo	Cuerpo de la bomba insuficientemente lleno	4	3	7	84	Normal
						Mal sentido de rotación del motor	5	3	8	120	Fallo potencial
						Cavitación	4	2	8	64	Normal

Subsistema	Componente	Código Componente	Código de Fallo	Modo	Efectos	Causas	D	F	G	IPR	Estado
Bombeo de agua tratada al caldero	Bomba Vertical	BA-BV-01	BA-ME-F01	Baja eficiencia del sistema	Caudal bajo	Vibraciones	3	4	8	96	Normal
						Desgaste de las uniones hidráulicas	4	2	8	64	Normal
					Temperatura del cuerpo de la bomba alta	Densidad o viscosidad del fluido elevados	3	3	8	72	Normal
	Filtros de agua	BA-FA-01	BA-FA-F04	Mal funcionamiento de la bomba	Apagado del caldero por falta de agua	Alimentación de agua inadecuada	3	2	7	42	Normal
						Trabajo en vacío	4	2	7	56	Normal
						Filtros tapados	4	4	8	128	Fallo potencial
	Válvulas check	BA-VC-01	BA-VC-F05	Inversión de flujo en la tubería	Bajo nivel de agua en el caldero	Falla en el pasador oscilante	4	2	8	64	Normal
						Asiento del disco desgastado	5	3	8	120	Fallo potencial
						Desgaste del resorte por fatiga	3	3	8	72	Normal
	Cajas de contactores y protectores del motor	BA-CCP-01	BA-CCP-F03	Parada del sistema	Bobina quemada	Mala atracción de contactos	3	3	7	63	Normal
					No permite el paso de corriente	Contactos desgastados	3	4	7	84	Normal

5.2.5. DESARROLLO PASOS 10 Y 11: ACCIÓN CORRECTORA Y DEFINIR RESPONSABLES

Para la implementación de la acción correctora se aplica el incremento del control o de la inspección a los diferentes componentes, y de esta manera disminuir su índice de prioridad de riesgo (IPR) correlativamente en su índice de frecuencia e índice de detectabilidad. Esta aclaración se la hace ya que como en el capítulo 2 se detallan dos puntos adicionales que no fueron aplicados debido a que se necesita realizar un rediseño o cambio en el proceso de producto (proceso de trabajo dentro de la casa de máquinas), ya que el proceso trabaja satisfactoriamente en la actualidad y realizar un rediseño conllevaría a un gasto innecesario para la institución.

El personal responsable de realizar las acciones correctoras son el mismo personal de mantenimiento dentro de la casa de máquinas, adicionalmente se ha tenido la necesidad de contratar una entidad especializada en lo que se refiere a tratamiento de aguas y alineamiento y balanceo de ejes, ya que el personal de mantenimiento no está lo suficientemente capacitado para este trabajo y la falta de equipo para el mismo.

Tabla 5.7 Cuadros AMFE, acciones correctivas (Sistema de Alimentación de Agua al Caldero) (ANEXO IV)

Subsistema	Componente	Código de Fallo	Causas	Acción correctiva	Responsables	D	F	G	IPR	Estado
Ablandador de agua	Deposito de sal	AA-DS-F01	Taponamiento de conductos de salida de sal	Realizar intervención limpiar constantemente el filtro de entrada desarmando la válvula de control de agua	Departamento de mantenimiento	5	2	8	80	Normal
	Válvula múltiple	AA-VM-F02	Fugas de agua-sal	Verificar el estado de elemento desarmando o limpiando los asientos de las válvulas o caso contrario cambio total del componente	Departamento de mantenimiento	3	3	6	54	Normal
Bombeo de agua tratada al caldero	Motor eléctrico	BA-ME-F01	Incrustaciones de polvo en las bobinas	Aumentar inspecciones y limpiar el polvo con una brocha o aire a presión	Departamento de mantenimiento	4	3	7	84	Normal
		BA-ME-F03	Ejes desalineados	Realizar un análisis de vibraciones periódicamente, o de ser necesario cambiar el acople para evitar re mordeduras y recalentamiento de bobinas	Departamento de mantenimiento	4	3	8	96	Normal
	Bomba Vertical	BA-ME-F01	Impulsor dañado por incrustaciones de sólidos	Verificar el estado del elemento, detener la bomba y revisar, si es necesario cambiar impulsor	Departamento de mantenimiento	4	2	8	64	Normal

Subsistema	Componente	Código de Fallo	Causas	Acción correctiva	Responsables	D	F	G	IPR	Estado
Bombeo de agua tratada al caldero	Bomba Vertical	BA-ME-F01	Mal sentido de rotación del motor	Revisar entrada normal de tres fases, utilizar multímetro	Departamento de mantenimiento	4	2	8	64	Normal
	Filtros de agua	BA-FA-F04	Filtros tapados	Verificar el estado del elemento, limpiar filtro con agua a presión o reemplazar	Departamento de mantenimiento	3	3	8	72	Normal
	Válvulas check	BA-VC-F05	Asiento del disco desgastado	Aumentar inspecciones, revisar que no se produzca el retorno del agua, de lo contrario reemplazar	Departamento de mantenimiento	4	2	8	64	Normal

5.3. DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA EL HOSPITAL DOCENTE “ALFREDO NOBOA MONTENEGRO”.

5.3.1. DISEÑO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

Para el diseño de este programa se toma en cuenta el análisis de las fallas presentes o que se pudieren dar en cada uno de los dispositivos y sistemas presentes en la casa de máquinas, para lo cual se ayudó en el conocimiento empírico del personal de mantenimiento y de algunas bitácoras improvisadas a manera de reconocer los tipos de fallos presentes y poder corregirlos.

5.3.2. DESARROLLO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

Una vez obtenidos y desarrollados los cuadros AMFE el proyecto como uno de sus objetivos es el de llevar a cabo el desarrollo de un programa por medio de un ordenador- computadora, y se lo ha hecho por medio de bases de datos (Access), para de esta manera facilitar el uso y manejo de las tareas de mantenimiento a ser desarrolladas, además de reconocer de forma rápida la ubicación y el nombre del equipo o sistema presente dentro de la casa de máquinas.

5.3.2.1. Formulario de Pantalla de Inicio

Figura 5.1 Pantalla inicial del programa.



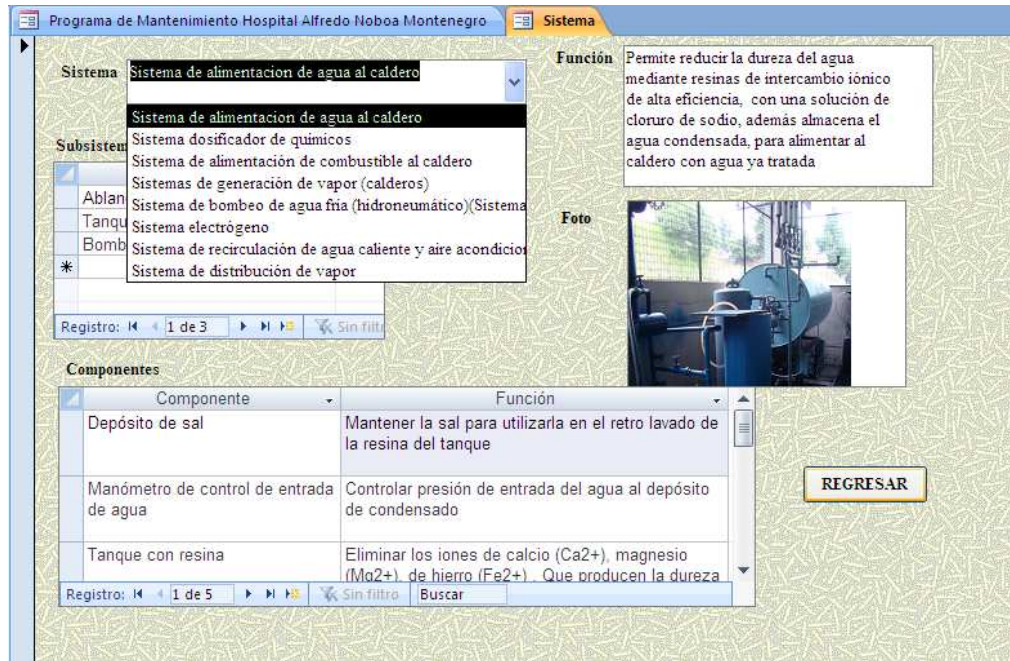
En esta pantalla algunos de los comandos nos ayudan a ingresar a diferentes formularios como son:

- Sistemas incluidos en la Casa de Máquinas
- Cuadros AMFE de los equipos de la casa de Máquinas
- Actividades de mantenimiento
- Bitácoras
- Ordenes de trabajo

Dentro de estos formularios se pueden realizar pequeñas consultas para obtener información de los sistemas dentro de la casa de máquinas, en los cuales se elige un equipo o un sistema y se puede encontrar toda una información detallada del sistema o equipo seleccionado.

5.3.2.2. Formulario Sistemas Incluidos en la Casa de Máquinas.

Figura 5.2 Formulario de los Sistemas Incluidos en la Casa de Máquinas.



En este formulario se describe los sistemas con su función principal, al elegir un sistema se muestran los subsistemas y componentes con sus respectivas funciones presentes dentro del mismo; además de una ilustración que muestra el sistema completo.

Esta información es necesaria para todo el personal que necesita saber o informarse de los diferentes sistemas y componentes que posee ésta Casa de Máquinas.

5.3.2.3. Formulario Cuadros AMFE de los equipos de la Casa de Máquinas

Figura 5.3 Formulario Cuadros AMFE de los equipos de la Casa de Máquinas.

Programa de Mantenimiento Hospital Alfredo Noboa Montenegro | Actividades de Mantenimiento | Sistema1

Sistema: Sistema de alimentación de agua al caldero

Subsistema:

- Subsistema
- Ablandador de agua
- Tanque de condensado
- Bombeo de agua tratada al caldero

Registro: 1 de 3 | Sin filtro | Buscar

REGRESAR

Tablas AMFE

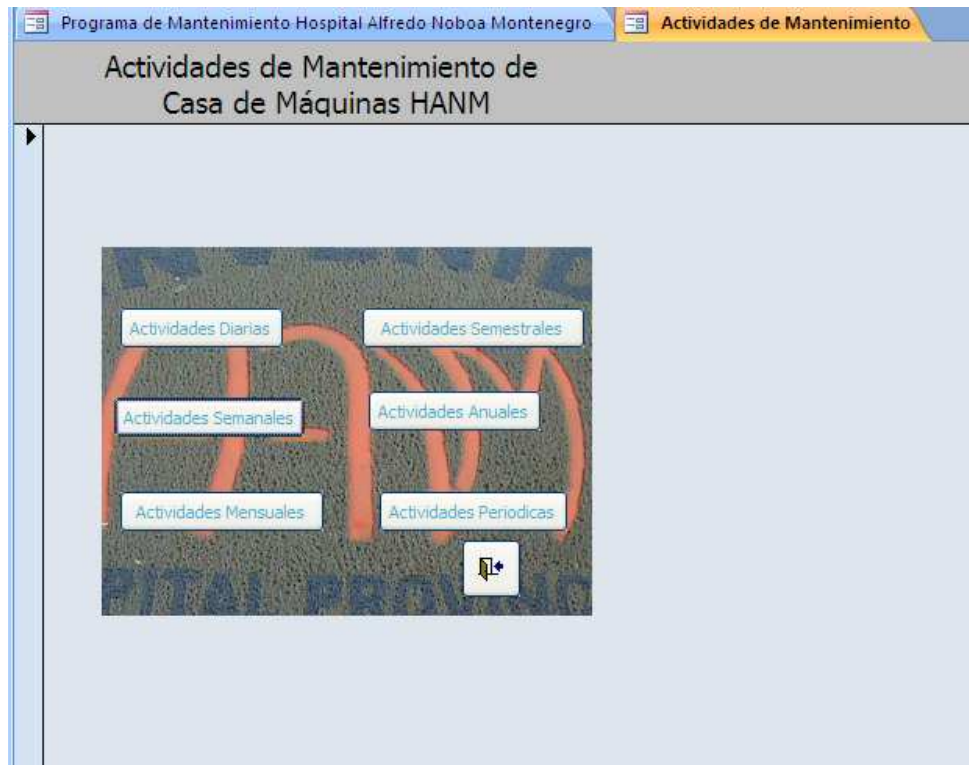
Componente	Código Cor	Código de Fallo	Modo	Efectos	Causas	D
Deposito de sal	AA-DS-01	AA-DS-F01	Baja eficiencia del sistema	No se activa la resina	Falta de disolución de la sal	2
Deposito de sal	AA-DS-01	AA-DS-F01	Baja eficiencia del sistema	No se activa la resina	Taponamiento de conductos de salida de sal	7
Manómetro de control de entrada de agua	AA-MC-01	AA-MC-F01	Baja eficiencia del sistema	Lecturas incorrectas en el manómetro	Exceso de dilatación	4
Manómetro de control de entrada de agua	AA-MC-01	AA-MC-F01	Baja eficiencia del sistema	Lecturas incorrectas en el manómetro	Mala calibración	5

Registro: 1 de 11 | Sin filtro | Buscar

En este formulario ya se puede encontrar en forma detallada el sistema, subsistema y componente con su respectiva codificación tanto en el componente como del modo de fallo; además como la teoría lo explica se encuentra el modo, el efecto y las causas, por la que se llevará a cabo una evaluación del tipo de fallo por medio de los índices de: detectabilidad, frecuencia y gravedad.

5.3.2.4. Formulario Actividades de Mantenimiento.

Figura 5.4 Formulario Actividades de Mantenimiento.



En este apartado se puede encontrar las actividades que el personal de mantenimiento debe realizar para cada sistema, en forma:

- Diaria
- Semanal
- Mensual
- Semestral
- Anual; y
- Periódica.

5.3.2.5. Formulario Bitácora.

Figura 5.5 Formulario Bitácora.

Programa de Mantenimiento Hospital Alfredo Noboa Montenegro Sistema8

Bitacora de Mantenimiento de Casa de Máquinas

Sistema Código Sistema

Bitacora

Sistema Código Sistema

Actividad Trabajo realizado

Fecha de mantenimiento

Daño encontrado Proximo mantenimiento

Persona responsable

Tiempo estimado

Cambios realizados

Esta opción nos permite llevar un control de las actividades realizadas por el personal de mantenimiento en la casa de máquinas, ya que el encargado de operar este programa está en la obligación de llenar los campos de la bitácora según las actividades realizadas en los diferentes sistemas.

En esta se pueden guardar los registros anteriores y los actuales para facilitar el mejoramiento continuo del plan de mantenimiento, además se puede imprimir el formulario de la bitácora actual, ver un informe sobre el sistema-bitácora e imprimirlo, ver figura 5.6.

Figura 5.6 Registro de Bitácoras.

Código Sistema	Sistema	Daño encontrado	Trabajo realizado	Actividad de mantenimiento	Fecha de inicio	Próximo mantenimiento	Tiempo estimado	Persona responsable	Cambios realizados
SACC-01	Sistema de alimentación de combustible al caldero	Taporamiento de los shigores	Limpieza de shigores con gasolina y aire a presión	Cada 3 meses	12/03/2009	12/06/2009	3 horas	Tec. Javier Villacrés	Ninguno
SAPC-01	Sistema de alimentación de agua al caldero	Presencia de sedimentos en el tanque	Drenaje del tanque de condensado, abrir válvula de purga cada día	Semanal	01/06/2009	08/06/2009	25 min	Heman Rodríguez	Ninguno

5.3.2.6. Formulario Órdenes de Trabajo.

Figura 5.7 Formulario Órdenes de trabajo.

Programa de Mantenimiento Hospital Alfredo Noboa Montenegro		Operadores	
Técnico Responsable	<input type="text" value="Francisco Cuzco"/>	CI	<input type="text"/>
Orden de Trabajo Subformulario			
Orden de Trabajo	<input type="text" value="0001-SAPC"/>	Departamento	<input type="text" value="Mantenimiento"/>
Equipo	<input type="text" value="AA-Tres-01"/>	Reporte del Daño	<input type="text" value="No trabaja en perfectas condiciones"/>
Trabajo a realizar	<input type="text" value="Mantenimiento del tanque de resina, cerrar la válvula y desmontar el tanque"/>	Materiales y Repuesto	<input type="text" value="Llaves de tubo, resina y sal industrial"/>
Fecha de Entrega	<input type="text" value="16/06/2009"/>	Fecha Recepción	<input type="text" value="16/06/2009"/>
		Tiempo de Trabajo	<input type="text" value="3 horas"/>
<input type="button" value="Agregar nuevo registro"/> <input type="button" value="Deshacer registro"/> <input type="button" value="Guardar registro"/> <input type="button" value="◀"/> <input type="button" value="▶"/> <input type="button" value="Eliminar registro"/>			
Firma de Autorización	Firma Responsable	<input type="button" value="Imprimir formulario actual"/>	
		<input type="button" value="Cerrar formulario"/>	
		<input type="button" value="Informe Ordenes"/>	
		<input type="button" value="Imprimir informe"/>	

En este formulario el jefe de mantenimiento tendrá la posibilidad de crear órdenes de trabajo llenando todos los campos de esta base de datos, así como la posibilidad de asignar a una persona al trabajo, mediante la identificación de su número de cédula; además controlando las fechas de entrega y recepción del trabajo del operador y al final poder imprimir dicha orden.

Estas órdenes de trabajo se pueden almacenar en el mismo programa con la opción guardar registro para futuras consultas, y estas se las puede visualizar con la opción informes de órdenes, ver figura 5.8.

Figura 5.8 Registro de Órdenes de Trabajo Guardadas.

Técnico Responsable	CI	Orden de Trabajo	Departamento	Equipo	Reporte del Daño	Trabajo a realizar	Materiales y Repuesto Utilizados	Fecha Recepción	Fecha de Entrega	Tiempo de Trabajo
Francisco Cuzco	0201458484	0001-SAPC	Mantenimiento	AA-Tres-01	No trabaja en perfectas condiciones	Mantenimiento del tanque de resina, cerrar la válvula y desmontar el tanque	Llaves de tubo, resina y sal industrial	18/08/2009	18/08/2009	3 horas

5.4. PERIODOS DE MANTENIMIENTO

Los periodos de mantenimiento se obtienen de acuerdo a las condiciones normales de funcionamiento, cualquiera que sea el uso de los equipos; estos periodos de mantenimiento se calculan por el transcurso del tiempo que el equipo ha estado en funcionamiento (horas de trabajo).

Se realiza un listado de intervalos de lubricación y mantenimiento de cada equipo, en los que se debe inspeccionar, mantener o cambiar regularmente, para maximizar la disponibilidad de cada uno de los equipos o sistemas y minimizar las fallas inesperadas.

Para cada sistema aparece el periodo recomendado por los fabricantes, documentos técnicos y por las habilidades desarrolladas por el personal de mantenimiento.

5.4.1. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PARA EL SISTEMA ELECTRÓGENO

1. Semanal

- Pre encendido automático todos los viernes 1 hora de 17:00 a 18:00 horas, para mantener en movimiento las piezas y el control de arranque, y mantener cargada la batería.

2. Periódico

- Cambio de aceite (SAEW 40) y filtros cada 2 meses
- Cambio de filtros de combustible cada 4 meses

3. Semestral

- Cambio de filtros y pre filtros de aire 6 meses

5.4.2. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PARA EL SISTEMA DE BOMBEO HIDRONEUMÁTICO O DE PRESIÓN CONSTANTE.

5.4.2.1. Compresor del Sistema Hidroneumático

1. Diariamente

- Verifique que no haya escapes de aceite
- Revise el nivel del lubricante. Rellene según sea necesario
- Drene el condensado del interior del tanque a través del drenaje.
- Verifique si hay vibraciones y ruidos inusuales
- Asegúrese de que las guarda bandas y las cubiertas estén bien sujetas en su lugar

2. Semanalmente

- Observe la operación de las válvulas de seguridad/desahogo mientras el compresor está funcionando.
- Inspeccione el o los elementos de filtro de aire, limpie si es necesario con una presión de 2 Barg (30 Psig).
- Verifique el funcionamiento del control de presión y válvulas piloto/descarga.

3. Mensualmente

- Verifique si hay fugas de aire. Ponga agua jabonosa alrededor de las juntas mientras el compresor está funcionando y obsérvese si se produce burbujas.
- Realice el cambio de aceite (SAEW 10)
- Revise las correas o bandas de transmisión. Ajuste si es necesario.
- Realice la limpieza de los filtros.
- Revise el apriete de los tornillos y pernos de sujeción.

4. Trimestralmente

- Cambie el filtro de aire
- Re-apriete los tornillos del bloque del compresor utilizando un medidor de torsión, la tensión en el punto medio cede de 3/8" a 1/2".

5. Periódica (cada 4 meses)

- Realice la lubricación de los rodamientos del motor y limpieza interna entre el rotor y estator.
- Limpiar y revisar los contactos del automático

6. Anualmente

- Realice la calibración del control de presión, manómetro y válvulas (de seguridad, piloto y descarga)

5.4.2.2. Bombas del Sistema Hidroneumático

1. Diariamente

- Controlar el comportamiento de la bomba en funcionamiento: nivel de ruido, caudal y presión.
- Compruebe que no haya fugas anormales de fluido o lubricante (retenes estáticos y dinámicos) en el sistema de bombeo.
- Revise que este en perfecto funcionamiento el tablero eléctrico dentro del cual está el motor programador para el encendido y apagado de las bombas.
- Revise que los sensores funcionen correctamente para la automatización.

2. Semanal

- Compruebe nivel y estado del aceite lubricante. En las bombas con lubricación por grasa, compruebe las horas de funcionamiento desde la última recarga de grasa o el último cambio completo de grasa

3. Trimestral

- Revise los controles y limpie los contactores de presión

4. Semestralmente

- Revise y lubrique los rodamientos y cojinetes de los motores (Rodamientos 3011)
- Revise el estado de las aletas del ventilador del motor.
- Revise el estado de los sellos mecánicos
- Limpie las incrustaciones en las bombas
- Compruebe si los tornillos de anclaje están firmemente sujetos y si presentan corrosión.

- Compruebe los registros de funcionamiento de la bomba para conocer sus horas de funcionamiento y determinar si es necesario cambiar el lubricante de los cojinetes.

5.4.3. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE AGUA AL CALDERO

1. Diario

- Realice el retro lavado de la resina que se encuentra dentro del tanque para mantenerla activa.
- Realice la purga del tanque de condensado para eliminar los sedimentos depositados en el fondo del tanque.
- Revise la temperatura del agua de condensado no menos de 160°F ni más de 200°F

2. Mensualmente

- Limpie los filtros del ablandador de agua.

3. Semestralmente

- Limpie el McDonnell-Válvula de control de agua para evitar la presencia de sedimentos

4. Anualmente

- Realice la limpieza y revisión de los sellos mecánicos de las bombas.
- Lubrique y limpie los rodamientos y cojinetes de las bombas.
- Revise la válvula check

5.4.4. SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR (CALDEROS)

1. Diario

- Limpie las mirillas de la acumulación de hollín para observar la presencia de llama o poder detectar alguna falla en la llama
- Revise color de llama del caldero “anaranjado”
- Purgue la columna de agua, al punto de corte por bajo nivel (McDonnell)
- Purgue el caldero (purga lateral, purga trasera) cuando esté funcionando (el quemador se apagara por bajo nivel de agua).
- Revise que estén trabajando perfectamente los bulbos de mercurio
- Revise la temperatura de la chimenea (180°C) si pasa limpie

2. Semanal

- Revise el control de combustible
- Revise la presión de entrada de agua al caldero
- Revise el programador, revise cerrando la válvula
- Limpie la unidad completa de aceite y polvo
- Limpie el aislante de porcelana para evitar el contacto con las partes internas del caldero

3. Mensual

- Limpie el filtro de agua entre la bomba de condensado y el caldero
- Hale la palanca de las válvulas de seguridad para ver su correcto funcionamiento
- Revise la tapa trasera del caldero y reajuste los pernos de manera uniforme para evitar fugas, utilice un spray para calor
- Revise la abertura correcta de los electrodos

4. Bimestral

- Verifique el estado del McDonell o control de nivel de agua y realice la limpieza para evitar que se acumule lodos.
- Controle el cierre hermético de las solenoides de combustible y gas.

5. Trimestral

- Reajuste las tapas de tiro de fuego
- Realice la limpieza del difusor para eliminar la presencia de hollín
- Limpie los contactos para la encendido del caldero
- Revise que se abran y cierren bien las válvulas para purgar.

6. Semestral

- Para su lavado enfríe el caldero lentamente hasta la temperatura de ambiente (si no se enfría lentamente puede afectar la vida de la caldera y posiblemente causar fugas en los tubos)
- Realice la limpieza y lubricación del motor modulador para la alimentación de aire
- Revise el buen funcionamiento de los manómetros y termómetros en el caldero
- Mientras la caldera este parada, revise todas las válvulas y accesorios y reemplace si es necesario
- Quite gradualmente las tapas delanteras o traseras
- Limpie los tubos de fuego utilizando cepillos y una aspiradora de acuerdo al diámetro
- Revise el refractario trasero y rellene cualquier con cemento refractario
- Reemplace el empaque del caldero

7. Anual (siga los pasos anotados en el programa semestral)

- Enjuague el caldero con una manguera a presión (para desplazar todo el lodo acumulado)
- Cambie los empaques del Man Hole y Hand Hole para evitar fugas de vapor y agua.
- Revise las válvulas de seguridad o alivio de presión manualmente.
- Cambie los empaques de las tapas de los tubos de fuego cuando exista fugas de vapor.
- Limpie las electroválvulas o solenoides
- Purgue el caldero cuando este frío
- Inspeccione la carcasa y la superficie de los tubos para detectar signos de corrosión o incrustaciones
- Llene la caldera con la bomba de alimentación y reinicie hasta el punto de corte de bajo nivel

8. Periódica (cada 2 años)

- Cambie las válvulas de seguridad

9. Recomendación

- Nunca introduzca el tratamiento del agua por el tanque del condensado.

5.4.5. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE AL CALDEROS

1. Diario

- Verifique el nivel de combustible en el tanque diario
- Revise la presión del combustible en la bomba (No debe exceder 40 psi)

2. Periódica (Bimestral)

- Limpie los pre-filtros con aire a presión y gasolina para eliminar impurezas.
- Cambie los filtros (FF185)

3. Periódica (Trimestral)

- Limpie los shiglores con gasolina y aire a presión

4. Semestral

- Lubrique los rodamientos y cojinetes de la bomba de combustible
- Limpie y revise la bomba
- Revise el estado de los manómetros

5. Anual

- Revise las válvulas de presión de combustible
- Revise el apriete de los tornillos y pernos. Vuelva apretar si es necesario.

5.4.6. SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AGUA CALIENTE Y AIRE ACONDICIONADO.

1. Semanal

- Limpie las trampas de vapor para evitar las incrustaciones.
- Realice la limpieza de los contactores de los motores.

2. Semestral

- Revise el estado del bulbo de temperatura en el aire acondicionado y agua caliente
- Lubrique y limpie las bombas de recirculación
- Revise y limpie el motor de las bombas
- Ajuste los pernos de sujeción

3. Anual

- Limpiar las incrustaciones en el intercambiador de calor.

5.4.7. SISTEMA DOSIFICADOR DE QUÍMICOS**1. Diario**

- Revise el funcionamiento de las bombas
- Verifique que no exista bolsas de aire en las mangueras

2. Semanal

- Verifique el estado de las bombas que no este dañado su diafragma

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- Al inicio del proyecto se constató que dentro de las actividades de mantenimiento realizadas por el personal, este no tenía un orden específico, ya que el trabajo era planificado mentalmente sin determinar periodos para ellos, trabajando con la ideología del mantenimiento correctivo que es “trabajar hasta la falla”.
- De la teoría y conceptos técnicos, la mejor vía en cuanto al análisis de la priorización de los equipos para el proyecto desarrollado es por medio de la técnica del diagrama de PARETO.
- Por medio del análisis de los sistemas en los libros de información diaria (Bitácora) se ha detectado que existe aproximadamente un 40% del estado actual de los fallos presentes en la casa de máquinas.
- Con el desarrollo y la utilización del programa de mantenimiento para los equipos dentro de la casa de máquinas se mejorará las actividades de mantenimiento del personal y la eficacia del trabajo de los sistemas evitando una parada de alguno de estos.
- Al desarrollar una base de datos y fusionando este con la teoría del análisis modal de falla y efecto AMFE se mejorará las actividades que se realizan o que se realizaron a los diferentes sistemas.
- El AMFE luego de realizar un análisis de fallos presentes, permite realizar e implantar acciones correctivas hacia los sistemas que lo requieran, para de esta manera mejorar su desempeño y así alargar su periodo de vida y bajar el porcentaje de fallos de un 40% hasta un 20%; esto también ayuda a reducir el costo de mantenimiento.
- En los programas generales de mantenimiento, se trabaja con los diferentes tipos de mantenimiento como correctivo, preventivo, predictivo y proactivo; en el

proyecto se llega a la conclusión de que los equipos de la casa de máquinas tiene una mayor necesidad de trabajar con mantenimientos del carácter preventivo y proactivo, pero sin dejar de lado a los otros tipos de mantenimiento como se puede ver en los anexos tanto de cuadros AMFE y de Acciones Correctivas.

- Al elaborar el plano de distribución de los equipos dentro de la casa de máquinas y su codificación ayuda al manejo tanto del programa asistido por computadora como de todos los cuadros en los anexos ya que se puede ver fácilmente la ubicación de cada sistema.
- Al momento de desarrollar el programa de mantenimiento se analizó todos los sistemas pertenecientes a la casa de máquinas, pero ya que existen algunos sistemas iguales como en el caso del sistema de generación de vapor (dos calderos) se consideró uno solo para evitar la repetición y redundancia en cuanto al análisis de los diferentes componentes, sin olvidar la especificación del sistema en el que se realiza el trabajo de mantenimiento al momento de trabajar en la base de datos.

6.2. RECOMENDACIONES

- Tener muy clara la materia acerca de los índices de gravedad, frecuencia y detectabilidad; ya que estos pueden generar confusión al momento de evaluar los modos de fallo.
- Al momento del desmontaje los equipos, mecanismos, elementos, etc., se debe utilizar las herramientas adecuadas para evitar daños durante el trabajo.
- Realizar todas las actividades y periodos de mantenimiento mencionadas en las páginas 106 a 115 para los diferentes sistemas, con el fin de prolongar su vida útil y capacitar al resto del personal para garantizar la eficiencia de las máquinas.
- En cuanto al trabajo de las acciones correctivas, utilizar personal capacitado para garantizar el trabajo de las mismas.
- Tener muy en cuenta los datos retenidos por el personal de mantenimiento ya que es de gran ayuda al momento de analizar los diferentes modos de fallo y proponer los periodos de mantenimiento para cada sistema.
- Es de vital importancia para el cumplimiento de un plan o programa de mantenimiento la socialización del personal, para llevar un mejor trabajo.
- Uno de los objetivos específicos es el análisis de fallo de los sistemas más sobresalientes en cuanto a trabajos de mantenimiento, los mismos que formaran parte del desarrollo del programa asistido por computadora, sin embargo se recomienda a las autoridades del hospital la adaptación de una nueva motobomba contra incendios y de la bomba de vacío, la cual es fundamental en casos de realizar cirugías dentro del hospital, para esto se recomienda a proveedores de servicios con experiencia y garantía comprobada.

BIBLIOGRAFÍA

1. AGUINAGA, A.; Ingeniería del Mantenimiento, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador, 2005.
2. TAVARES, A.; Administración Moderna de Mantenimiento, Editorial Novo Polo Publicacoes, Brasil, 1992.
3. JÁCOME Fernando, Ingeniería de Mantenimiento, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador, 2007
4. DIPUTACIÓN FORAL DE BIZKAIA; Análisis Modal de Fallos y Efectos; Librería Hor Dago; España; 2002
5. BESTRATÉN, M., NTP 679; Análisis Modal de Fallos y Efectos AMFE, Centro Nacional de Condiciones de Trabajo, España; 2001
6. LA LLAVE S.A, Curso de “Ahorro de Energía en Instalaciones de Vapor”; 2008
7. SUAREZ D, DÁVILA F; Tesis “Programa de Mantenimiento de Equipos y Sistemas Mecánicos del Hospital de la Policía Nacional de Quito”; E.P.N. Diciembre 1988
8. JIJÓN CRISTOBAL A; Tesis “ Programación de Mantenimiento del Hospital de SOLCA Quito”; E.P.N., Director Ing. Ms. IVAN ZAMBRANO; Quito, Diciembre 2001
9. AMERICAN HOSPITAL ASSOCIATION, Manual de Ingeniería de Hospitales, México, Editorial Limusa, 1976.
10. MOUBRAY JOHN, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad , Asheville, North Carolina, mayo 2000
11. LING FEDERICO; Equipos Industriales “Guía Práctica para Reparación y Mantenimiento” Tomo 1 y 2; Editorial McGraw-Hill; México; 1987
12. TORRES D.; Mantenimiento y su Implementación y Gestión; 2da. Edición; Ed. Impreso en Argentina; Argentina 2005.
13. NAVARTE T.; Gestión y Calidad del Mantenimiento; Cuba 1995
14. CIMEPI; Organización y Administración del Mantenimiento Industrial
15. <http://www.mailxmail.com/curso/vida/mantenimientohospitalario/toc.htm>
16. <http://www.gerenciasalud.com/art198.htm>
17. <http://www.monografías.com/trabajos15/sistemas-control/shtml>

18. http://www.Operaciones de mantenimiento- Monografias_com.mht
19. <http://www.monografias.com/trabajos10/tequip.shtml>
20. www.fundibeq.org.
21. <http://www.scribd.com/doc/2941048/AMFE-Analisis-Modal-de-Fallos-yEfectos>

ANEXOS

ANEXO I
FUNCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE SUBSISTEMAS Y COMPONENTES A SER
ANALIZADOS

SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE AGUA PARA LOS CALDEROS

Sistema	Subsistema	Función	Componente	Código	Funciones específicas
Alimentación de agua para los calderos	Ablandador de agua	Permiten reducir la dureza del agua mediante resinas de intercambio iónico de alta eficiencia, la que es regenerada con una solución de cloruro de sodio, este proceso utiliza resinas que tienen la propiedad de intercambiar el calcio y el magnesio presentes en el agua por el sodio	Tanque con resina	AA-Tres-01	Eliminar los iones de calcio (Ca ²⁺), magnesio (Mg ²⁺), de hierro (Fe ²⁺) . Que producen la dureza del agua.
			Deposito de sal	AA-DS-01	Mantener la sal para utilizarla en el retro lavado de la resina del tanque
			Válvula múltiple	AA-VM-01	Regular el paso de sal para el retro lavado de la resina
			Manómetro de control de entrada de agua	AA-MC-01	Controlar presión de entrada del agua al depósito de condensado
			Válvula de entrada de agua (McDonell)	AA-VA-01	Dar paso al agua para el ingreso al tanque de condensado
	Tanque de condensado	Almacenar el agua condensada de todas las líneas del hospital, y el agua tratada en el ablandador	Tanque	TC-T-01	Almacenar agua para el caldero
			Visor de nivel con válvula de purga	TC-VP-01	Medir continuamente el nivel de agua presente en el tanque y es un medio de drenaje
	Bombeo de agua tratada al caldero	Alimentar al caldero con agua tratada para su utilización	Motor eléctrico trifásico de 220V	BA-ME-01	Inducir a la bomba para la alimentación de agua
			Bomba vertical (centrifuga)	BA-BV-02	Mandar el agua tratada a los calderos con la presión y cantidad necesaria

Sistema	Subsistema	Función	Componente	Código	Funciones específicas
Alimentación de agua para los calderos	Bombeo de agua tratada al caldero	Alimentar al caldero con agua tratada para su utilización	Filtros de agua	BA-FA-01	Retener impurezas presentes en el agua para evitar el daño al impulsor
			Válvulas Check	BA-VC-01	Evitan la inversión del flujo en una tubería.
			Cajas de contactores y protectores del motor	BA-CC-01	Accionar a los motores de las bombas

SISTEMA DOSIFICADOR DE QUÍMICOS AL CALDERO

Sistema	Subsistema	Función	Componente	Código	Funciones específicas
Alimentación de químicos	Bomba dosificadora	Alimentar de químico al caldero	Bomba de inyección de químicos	BQ-BI-01	Mandar el químico al caldero con la presión y cantidad necesaria
			Válvulas de entrada y salida de químicos	BQ-VES-01	Controlar el flujo del químico
			Minicomputer (Programador)	BQ-MI-01	Controlar el funcionamiento de la bomba en un determinado período

SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE AL CALDERO

Sistema	Subsistema	Función	Componente	Código	Funciones específicas
Alimentación de combustible al caldero	Tanque de diesel diario	Almacenar combustible que baja por gravedad del tanque principal	Válvula (flotador)	TD-Vflo-01	Regular la entrada de combustible al tanque (con flotador)
			Medidor de combustible	TD-MD-01	Medir continuamente el flujo de combustible
			Distribuidor de diesel	TD-DD-01	Distribuir diesel para los dos calderos y el generador
			Tubería de retorno	TD-TuR-01	Reunir el combustible no consumido y almacenarlo en el tanque de reserva diario
	Bombeo de alimentación de combustible	Alimentar combustible necesario para el proceso de combustión interna en el caldero	Prefiltro y filtro	BC-PFC-01	Retener partículas Purificar el diesel
			Bomba de inyección de combustible	BC-BIC-01	Suministrar el diesel del tanque con la presión, cantidad necesaria y en el momento justo
			Motor de bomba de combustible	BC-MBC-01	Inducir a la bomba para darle la presión necesaria al diesel
			Calibración de bomba	BC-CB-01	Calibrar la presión necesaria para el buen funcionamiento de los quemadores
			Manómetro de control de presión	BC-MCP-01	Medir continuamente la presión del diesel para el ingreso al caldero
			Válvula control de presión	BC-VCP-01	Regular la presión para el ingreso del diesel en el caldero
			Shiglores	BC-SH-01	Pulverizar el combustible a una determinada presión

SISTEMAS DE GENERACIÓN DE VAPOR (calderos)

Sistema	Subsistema	Función	Componente	Código	Funciones específicas
Generación de vapor (caldera)	Eliminación de gases	Desalojar los gases de la combustión producidos dentro del caldero	Chimenea	EG-CH-01	Eliminar los gases quemados al ambiente
			Termómetro de chimenea	EG-TG-01	Medir continuamente la temperatura de los gases producto de la combustión interna del caldero
	Sistema de encendido	Controlar el encendido y apagado del caldero mediante la utilización de diferentes sensores y componentes y verificando su correcto funcionamiento	Interruptor OFF/ON	SE-IOF-01	Usado para comenzar y parar la operación del quemador manualmente
			Motor modulador	SE-MM-01	Regular el tiro forzado y las válvulas para la entrada de aire para la combustión
			Solenoides de gas	SE-SG-01	Regular el paso de gas natural al quemador, está regulada por el motor modulador
			Regulador de presión de gas	SE-RPG-01	Regular la presión de gas para el nivel óptimo de operación
			Válvula de corte de gas	SE-VCG-01	Es operada manualmente para abrir y cerrar la línea de gas principal
			Damper	SE-DR-01	Permitir la entrada del flujo de aire al interior del caldero
			Fotocelda	SE-FA-01	Detectar la presencia de llama (ignición) y permitir la apertura de la solenoide de combustible

Sistema	Subsistema	Función	Componente	Código	Funciones específicas
Generación de vapor (caldera)	Sistema de encendido	Controlar el encendido y apagado del caldero mediante la utilización de diferentes sensores y componentes y	Transformador del sistema de ignición	SE-TSI-01	Aumentar el voltaje necesario para la chispa de ignición
			Electrodos	SE-ES-01	Proporcionar la chispa necesaria para el proceso de ignición
			Difusor	SE-DI-01	Mantener circulando el aire en forma helicoidal
			Aislante de porcelana	SE-AP-01	Asegurar y proteger el alto voltaje usado en los electrodos
			Cañería de combustible	SE-CC-01	Conducir el combustible hacia las boquillas
			Tubería de gas	SE-TG-01	Conducir el gas para el proceso de ignición
			Ventilador de aire de tiro forzado	SE-VTF-01	Proporcionar el aire para la combustión para el quemador
			Espejos	SE-E-01	Cerrar el lado del agua para que se caliente y forme vapor
			Cajas de giro	SE-CG-01	Dirigir los gases calientes que salen del hogar, hacia los tubos de fuego
			Válvula principal de combustible (solenoides)	SE-SC-01	Proveer un corte positivo del combustible hacia los quemadores
			Válvula solenoide piloto	SE-VSP-01	Permitir el paso del combustible al piloto únicamente durante el período de ignición

Sistema	Subsistema	Función	Componente	Código	Funciones específicas
Generación de vapor (caldera)	Sistema de encendido	Controlar el encendido y apagado del caldero mediante la utilización de diferentes sensores y componentes y verificando su correcto funcionamiento	Presuretroles (90 a 100 Psi)(bulbos de mercurio)	SE-PR-01	Censar la presión interna para el encendido y apagado de la caldera
			Control de nivel por flotador y bulbos de mercurio (McDonell)	SE-CNF-01	Controlar el nivel de agua, para el encendido de la bomba de alimentación de y de los quemadores; compuesto por una boya y dos bulbos de mercurio
			Tubos de fuego (3 pasos)	SE-TF-01	Contener y dirigir los gases de combustión dentro de la caldera
			Manómetros de presión de vapor, temperatura y altitud	SE-MPA-01	Medir continuamente la presión interna del caldera
	Sistema de seguridad	Mantener un buen funcionamiento de la caldera con la seguridad debida para todos los operarios	Man Hole	SS-MH-01	Permite revisar los tubos mediante la entrada de una persona
			Hand hole	SS-HH-01	Permite revisar los tubos con la mano
			Válvula de seguridad de alivio de presión	SS-VAP-01	Proteger las paredes de la caldera, están preprogramadas, y sirven para descargar continuamente los excesos de presión

Sistema	Subsistema	Función	Componente	Código	Funciones específicas
Generación de vapor (caldera)	Sistema de seguridad	Mantener un buen funcionamiento de la caldera con la seguridad debida para todos los operarios	T de prueba	SS-TP-01	Para realizar inspecciones de rutina de calibración, y también para aliviar vacío creado por la condensación de vapor
			Válvulas de purga	SS-VP-01	Realizar descarga de los sedimentos acumulados en la caldera
	Carcasa	Cuerpo exterior de la caldero	Carcasa	Cs-C-01	Es el cuerpo de la caldera

SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA FRÍA (Hidroneumático o de Presión Constante)

Sistema	Subsistema	Función	Componente	Código	Funciones específicas
Sistema de bombeo hidroneumático	Compresor	Comprimir el aire necesario para el funcionamiento del hidroneumático	Motor compresor	C-MC-01	Transmitir el movimiento a las bandas y estas al pistón
			Pistón	C-P-01	Comprimir el aire exterior hacia el interior del tanque para dar una presión en los tanques de abastecimiento de agua
			Tanque de reserva	C-TR-01	Almacenar el aire comprimido
			Bandas	C-B-01	Transmitir movimiento al pistón para el proceso de compresión
			Automático	C-AT-01	Controlar la presión para el encendido y apagado del compresor
	Bombas hidroneumático	Bombear agua a los tanques de reserva del hidroneumático para con la ayuda del aire comprimido sea suministrado a todo el hospital	Motor de bomba hidroneumático	B-MBH-01	Generar movimiento a la bomba para darle presión necesaria y suficiente al agua
			Bombas hidroneumática	B-BH-01	Impulsar el agua dentro de los tanques del hidroneumático
			Válvulas check	B-VC-01	Evitar el retorno de agua a las bombas
			Tanques del hidroneumático	B-TH-01	Almacenar agua y aire a presión para alimentar a todas las áreas del hospital

Sistema	Subsistema	Función	Componente	Código	Funciones específicas
Sistema de bombeo hidroneumático	Bombas hidroneumático	Bombear agua a los tanques de reserva del hidroneumático para con la ayuda del aire comprimido sea suministrado a todo el hospital	Sensores de nivel de agua	B-CNA-01	Controlar el nivel de agua en los tanques y enviar ordenes de encendido y apagado a las bombas alternadamente dependiendo del nivel de agua
	Control de encendido	Programar el funcionamiento de las bombas con los contactores	Tablero de control	B-TC-01	Conectarse para el encendido del motor de la bomba

ANEXO II
DESARROLLO DE CUADROS AMFE DENTRO DE LA CASA DE MÁQUINAS

SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE AGUA PARA LOS CALDEROS

Subsistema	Componente	Código Componente	Código de Fallo	Modo	Efectos	Causas	D	F	G	IPR	Estado
Ablandador de agua	Tanque con resina	AA-TRes-01	AA-TRes-F01	Baja eficiencia del sistema	No trabaja en perfectas condiciones	Falta de sal para mantener activa la resina	3	3	7	63	Normal
						Fugas de agua (corrosión)	2	2	8	32	Normal
						Falta de resina	4	3	8	96	Normal
	Deposito de sal	AA-DS-01	AA-DS-F01	Baja eficiencia del sistema	No se activa la resina	Falta de disolución de la sal	3	2	7	42	Normal
						Taponamiento de conductos de salida de sal	7	2	8	112	Fallo potencial
	Válvula múltiple	AA-VM-01	AA-VM-F02	Trabajo ineficiente	Perdida de presión	Fugas de agua-sal	4	5	6	120	Fallo potencial
	Manómetro de control de entrada de agua	AA-MC-01	AA-MC-F01	Baja eficiencia del sistema	Lecturas incorrectas en el manómetro	Exceso de dilatación	4	3	7	84	Normal
						Mala calibración	5	2	7	70	Normal
	Válvula entrada de agua	AA-VA-01	AA-VA-F01	Baja eficiencia del sistema	Llenado excesivo del tanque	Incrustaciones en la válvula	2	3	8	48	Normal
						Mal sellado hermético	2	2	8	32	Normal
						Desgaste de sellos	2	2	7	28	Normal

Subsistema	Componente	Código Componente	Código de Fallo	Modo	Efectos	Causas	D	F	G	IPR	Estado
Tanque de condensado	Tanque	TC-T-01	TC-T-F03	Parada del sistema	Fugas de condensado	Tanque fisurado (por corrosión, picaduras, fatiga térmica)	2	3	7	42	Normal
					Incremento de presión	Taponamiento en la tubería de alimentación del caldero	5	2	7	70	Normal
						Falla del sistema de seguridad	2	3	7	42	Normal
	Visor de nivel con válvula de purga	TC-VP-01	TC-VP-F04	Mal funcionamiento de la válvula	Falso nivel de agua de condensado	Incrustaciones en la válvula	3	3	6	54	Normal
						Presencia de sedimentos	3	3	6	54	Normal
Bombeo de agua tratada al caldero	Motor eléctrico	BA-ME-01	BA-ME-F01	Baja eficiencia del sistema	Motor remordido	Mal estado de rodamientos	3	2	8	48	Normal
						Incrustaciones de polvo en las bobinas	4	4	7	112	Fallo potencial
			BA-ME-F03	Parada del sistema	Calentamiento de cojinetes	Ejes desalineados	4	4	8	128	Fallo potencial
						Falta de lubricación	3	4	8	96	Normal
					Sobrecarga del motor	Entrada de dos fases	4	2	6	48	Normal

Subsistema	Componente	Código Componente	Código de Fallo	Modo	Efectos	Causas	D	F	G	IPR	Estado
Bombeo de agua tratada al caldero	Motor eléctrico	BA-ME-01	BA-ME-F03	Parada del sistema	Sobrecarga del motor	Tensiones anormales en las bridas	3	3	8	72	Normal
	Bomba Vertical	BA-BV-01	BA-ME-F01	Baja eficiencia del sistema	Perdida de presión del agua	Filtros tapados	3	2	7	42	Normal
						Desgaste o deterioro de sellos	4	2	7	56	Normal
						Bolsas de aire en la bomba	4	2	8	64	Normal
						Impulsor dañado por incrustaciones de sólidos	5	3	8	120	Fallo potencial
						Impulsor roto	4	3	8	96	Normal
						Fuga de agua por la empaquetadura	2	3	8	48	Normal
					Caudal bajo	Cuerpo de la bomba insuficientemente lleno	4	3	7	84	Normal
						Mal sentido de rotación del motor	5	3	8	120	Fallo potencial
						Cavitación	4	2	8	64	Normal

Subsistema	Componente	Código Componente	Código de Fallo	Modo	Efectos	Causas	D	F	G	IPR	Estado
Bombeo de agua tratada al caldero	Bomba Vertical	BA-BV-01	BA-ME-F01	Baja eficiencia del sistema	Caudal bajo	Vibraciones	3	4	8	96	Normal
						Desgaste de las uniones hidráulicas	4	2	8	64	Normal
						Temperatura del cuerpo de la bomba alta	3	3	8	72	Normal
	Filtros de agua	BA-FA-01	BA-FA-F04	Mal funcionamiento de la bomba	Apagado del caldero por falta de agua	Alimentación de agua inadecuada	3	2	7	42	Normal
						Trabajo en vacío	4	2	7	56	Normal
						Filtros tapados	4	4	8	128	Fallo potencial
	Válvulas check	BA-VC-01	BA-VC-F05	Inversión de flujo en la tubería	Bajo nivel de agua en el caldero	Falla en el pasador oscilante	4	2	8	64	Normal
						Asiento del disco desgastado	5	3	8	120	Fallo potencial
						Desgaste del resorte por fatiga	3	3	8	72	Normal
	Cajas de contactores y protectores del motor	BA-CCP-01	BA-CCP-F03	Parada del sistema	Bobina quemada	Mala atracción de contactos	3	3	7	63	Normal
					No permite el paso de corriente	Contactos desgastados	3	4	7	84	Normal

SISTEMA DOSIFICADOR DE QUÍMICOS AL CALDERO

Subsistema	Componente	Código Componente	Código de Fallo	Modo	Efectos	Causas	D	F	G	IPR	Estado
Bomba dosificadora	Bomba de inyección de químicos	BQ-BI-01	BQ-BI-F06	No existe la relación eficaz agua-químico	Flujo de químico bajo	Quema de bobina	3	3	7	63	Normal
						Desgaste y rotura del diafragma	4	2	8	64	Normal
						Taponamiento de bombas (filtro dañado)	5	4	7	140	Fallo potencial
						Bolsas de aire en la manguera	2	3	7	42	Normal
	Válvula de entrada y salida del químico	BQ-VES-01	BQ-VES-F02	Trabajo ineficiente	No cierra la válvula	Retorno del químico	2	3	7	42	Normal
						Trabajo en vacío de la bomba	2	3	7	42	Normal
						Desgaste del resorte por fatiga	4	3	7	84	Normal
	Minicomputer	BQ-MI-01	BQ-MI-F03	Parada del sistema	Quema elementos electrónicos	Subida de tensión	3	3	8	72	Normal
						No paso de la corriente	Quema de tarjeta electrónica	5	3	8	120
					Platinas desgastadas		4	3	7	84	Normal
Rotura de platinas por fatiga					4		2	8	64	Normal	

SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE AL CALDERO

Subsistema	Componente	Código Componente	Código de Fallo	Modo	Efectos	Causas	D	F	G	IPR	Estado
Tanque de diesel diario	Válvula (flotador)	TD-Vflo-01	TD-Vflo-F02	Trabajo ineficiente	Llenado excesivo de combustible en el tanque	Flotador roto (cavitación)	3	2	6	36	Normal
	Medidor de combustible	TD-MD-01	TD-MD-F07	Lectura incorrecta	Falsas lecturas en el medidor	Rotura interna del medidor en la entrada del difusor	4	3	6	72	Normal
	Distribuidor de diesel	TD-DD-01	TD-DD-F08	Falta de combustible (perdida de presión)	Taponamiento de las tuberías	Presencia de suciedades	3	3	8	72	Normal
	Tubería de retorno	TD-TuR-01	TD-TuR-F03	Parada del sistema	Acumulación de combustible	Presencia de sólidos	3	3	7	63	Normal
Bombeo de alimentación de combustible	Prefiltro y filtro de combustible	BC-PFC-01	BC-PFC-F08	Falta de combustible	El caldero no enciende	Daño del filtro (impurezas en el combustible)	3	3	7	63	Normal
						Taponamiento del filtro	3	4	7	84	Normal
	Bomba de inyección de combustible	BC-BIC-01	BC-BIC-F02	Trabajo ineficiente	Perdida de presión de combustible (caldero no arranca)	Filtros tapados	4	3	7	84	Normal
						Fuga de combustible	3	3	7	63	Normal
						Engranajes dañados por incrustaciones	5	3	8	120	Fallo potencial

Subsistema	Componente	Código Componente	Código de Fallo	Modo	Efectos	Causas	D	F	G	IPR	Estado
Bombeo de alimentación de combustible	Bomba de inyección de combustible	BC-BIC-01	BC-BIC-F02	Trabajo ineficiente	Pérdida de presión de combustible (caldero no arranca)	Mal montaje de la bomba	5	2	7	70	Normal
						Bolsas de aire en la bomba	4	3	7	84	Normal
	Motor de bomba de combustible	BC-MBC-01	BC-MBC-F02	Baja eficiencia del sistema	Motor remordido	Mal estado del rodamiento	4	2	8	64	Normal
						Incrustaciones de polvo en las bobinas	3	2	7	42	Normal
						Baja de tensión	3	2	7	42	Normal
						Desalineamiento de ejes	5	3	7	105	Fallo potencial
						Mal sentido de rotación del motor	4	3	7	84	Normal
						Calentamiento de cojinetes	4	3	7	84	Normal
			BA-ME-F03	Parada del sistema	Sobrecarga del motor	Entrada de dos fases	3	2	7	42	Normal
						Tensiones anormales en las bridas	5	3	8	120	Fallo potencial
Calibración de Bomba	BC-CB-01	BC-CB-F02	Trabajo ineficiente	Baja de presión o presión alta	Daño de resorte por fatiga	4	2	7	56	Normal	

Subsistema	Componente	Código Componente	Código de Fallo	Modo	Efectos	Causas	D	F	G	IPR	Estado
Bombeo de alimentación de combustible	Calibración de Bomba	BC-CB-01	BC-CB-F02	Trabajo ineficiente	Baja de presión o presión alta	Incrustaciones	3	2	7	42	Normal
						Impurezas en el combustible	3	3	7	63	Normal
	Manómetro de control de presión	BC-MCP-01	BC-MCP-F02	Trabajo ineficiente	Lecturas falsas	Daños internos (vibraciones)	3	2	7	42	Normal
						Acumulación de hollín	4	3	7	84	Normal
	Válvula de control de presión	BC-VCP-01	BC-VCP-F02	Trabajo ineficiente	Presencia de combustible en tubo central	Presión muy alta en la válvula	2	3	8	48	Normal
						Mal funcionamiento de quemadores	3	3	8	72	Normal
						Daño de resorte por fatiga	3	2	7	42	Normal
	Shiglores	BC-SH-01	BC-SH-F03	Parada del sistema	Pulverización ineficiente	Taponamiento por presencia de sólidos	5	3	8	120	Fallo potencial
						Filtros tapados	4	3	8	96	Normal
					Variación de presión	3	2	7	42	Normal	

Subsistema	Componente	Código Componente	Código de Fallo	Modo	Efectos	Causas	D	F	G	IPR	Estado
Bombeo de alimentación de combustible	Shiglores	BC-SH-01	BC-SH-F03	Parada del sistema	Variación de presión	Formación de carbono por solidificación de combustible	5	3	8	120	Fallo potencial
					Combustión ineficiente del combustible	Dosificación excesiva de combustible	3	3	8	72	Normal

SISTEMAS DE GENERACIÓN DE VAPOR (Calderos)

Subsistema	Componente	Código Componente	Código de Fallo	Modo	Efectos	Causas	D	F	G	IPR	Estado
Eliminación de gases	Chimenea	EG-CH-01	EG-CH-F09	No existe salida de gases de combustión	Ahogamiento del caldero	Salidad de gases obstruido o estropeado	2	3	7	42	Normal
			EG-CH-F10	Fisuras	Ruido excesivo	Corrosión	3	2	6	36	Normal
						Vibración excesiva	2	3	7	42	Normal
						Golpes externos	2	2	6	24	Normal
			EG-CH-F11	Fugas	Alta temperatura	Fugas en la chimenea	2	2	6	24	Normal
	EG-CH-F12	Humo	Humo negro	Escape semi obstruido	2	3	7	42	Normal		
	Termómetro de chimenea	EG-MTG-01	EG-MTG-F02	Trabajo ineficiente	Lecturas falsas	Daños internos por presencia de hollín	4	3	7	84	Normal
						Variaciones de temperaturas frecuentes	2	3	7	42	Normal
						Taponamiento de la cañería	2	4	7	56	Normal
			EG-MTG-F13	Caldero sobrecalentado	Lecturas falsas	Ajuste incorrecto de los controles de temperatura	3	3	7	63	Normal

Subsistema	Componente	Código Componente	Código de Fallo	Modo	Efectos	Causas	D	F	G	IPR	Estado
Sistema de encendido	Interruptor OFF-ON	SE-IOF-01	SE-IOF-F14	Falla intermitente	No enciende o apaga el caldero	Contactor quemado	4	2	8	64	Normal
						Incremento de presión en el caldero	2	3	8	48	Normal
	Motor modulador	SE-MM-01	SE-MM-F02	Trabajo ineficiente	Motor remordido	Incrustaciones de sólidos	4	3	7	84	Normal
						Quema del microswitch	3	3	7	63	Normal
						Levas descalibradas	5	3	7	105	Fallo potencial
					Falta de entrada de aire	Mal funcionamiento del damper (ángulo de entrada de aire descalibrado)	4	3	7	84	Normal
					Quema de tarjeta	Subida de tensión o entrada de agua	4	2	7	56	Normal
	Solenoides de gas	SE-SG-01	SE-SG-F02	Trabajo ineficiente	Presión de gas baja (no se abre)	Resorte desgastado por fatiga	4	3	7	84	Normal
						Bobinas quemadas	4	3	7	84	Normal

Subsistema	Componente	Código Componente	Código de Fallo	Modo	Efectos	Causas	D	F	G	IPR	Estado	
Sistema de encendido	Solenoides de gas	SE-SG-01	SE-SG-F02	Trabajo ineficiente	Presión de gas baja (no se abre)	Contactores desgastados	4	3	8	96	Normal	
					Solenoides no trabaja (siempre abierto)	Presencia de sedimentos y suciedades	5	3	8	120	Fallo potencial	
			SE-SG-F03	Parada del sistema	El caldero no se enciende	Solenoides averiados	4	4	7	112	Fallo potencial	
	Regulador de presión de gas	SE-RPG-01	SE-RPG-F01	Baja eficiencia del sistema	Baja presión de gas para la ignición	Daños de resortes por fatiga		4	3	8	96	Normal
						Desgaste y rotura de diafragma		4	2	8	64	Normal
	Válvula de corte de gas	SE-VCG-01	SE-VCG-F15	Alimentación de gas inadecuada	El caldero tiene un encendido irregular	Sistema de abertura o cierre obstruido	3	3	7	63	Normal	
	Damper	SE-DA-01	SE-DA-F02	Trabajo ineficiente	Flujo de aire irregular	Mala calibración del motor modulador		4	2	7	56	Normal
						Se remuerde el eje del modulador		4	3	7	84	Normal

Subsistema	Componente	Código Componente	Código de Fallo	Modo	Efectos	Causas	D	F	G	IPR	Estado
Sistema de encendido	Fotocelda	SE-FA-01	SE-FA-F16	Fallos en el arranque	No permite la apertura de las solenoides de combustible para que siga encendido el caldero	Golpes e incrustaciones que impiden la captación de llama de ignición	4	3	8	96	Normal
						Sensor dañado	5	3	8	120	Fallo potencial
						Humedad en la fotocelda	5	3	8	120	Fallo potencial
	Transformador del sistema de ignición	SE-TSI-O1	SE-TSI-F17	Fallas de encendido	No hay subida de tensión (tensión mínima)	Bobinas quemadas	5	3	8	120	Fallo potencial
						Sobrecarga de tensiones	4	2	8	64	Normal
	Electrodos	SE-ES-O1	SE-ES-F03	Parada del sistema	No produce la chispa de ignición para el encendido del gas	Separación excesiva de electrodos	4	3	7	84	Normal
						Presencia de sólidos en los electrodos	4	2	7	56	Normal
						Baja tensión	4	2	8	64	Normal
						Soldadura entre electrodos	4	2	8	64	Normal

Subsistema	Componente	Código Componente	Código de Fallo	Modo	Efectos	Causas	D	F	G	IPR	Estado	
Sistema de encendido	Difusor	SE-DI-01	SE-DI-01	Baja eficiencia del sistema	No se produce la rotación del aire hacia el tubo central	Presencia de hollín	3	3	8	72	Normal	
						Acumulación de suciedad	3	3	8	72	Normal	
						Rotura de alabes del difusor	5	2	8	80	Normal	
	Aislante de porcelana	SE-AP-01	SE-AP-F03	Parada del sistema	Aislante desgastado	Producir la chispa en un metal cercano	4	2	7	56	Normal	
					Aislante quemado	Alta tensión	4	2	7	56	Normal	
	Cañería de combustible	SE-CC-01	SE-CC-F01	Baja eficiencia del sistema	Fugas de combustible	Rotura por oxidación, cavitación y exceso de vibraciones	3	2	7	42	Normal	
						Bajo nivel de combustible hacia los shiglores	3	2	7	42	Normal	
						Perdida de presión	Fuga de combustible de	3	3	7	63	Normal
						Taponamiento	Suciedad en el combustible	4	4	7	112	Fallo potencial
	Tubería de gas	SE-TG-01	SE-TG-F03	Parada del sistema	Fuga de gas al interior del caldero	Rotura	5	3	8	120	Fallo potencial	
						Corrosión	5	2	8	80	Normal	

Subsistema	Componente	Código Componente	Código de Fallo	Modo	Efectos	Causas	D	F	G	IPR	Estado
Sistema de encendido	Ventiladores de aire de tiro forzado	SE-VTF-01	SE-VTF-F01	Baja eficiencia del sistema	Motor no gira a las mismas revoluciones	Falta de conexión trifásica (baja tensión)	4	2	8	64	Normal
					Desgaste y rotura de aletas	Mal periodo de mantenimiento	4	2	8	64	Normal
						Horas de trabajo (fricción)	5	3	8	120	Fallo potencial
					Diseño	Ángulo de ataque de aspas de ventilador insuficientes	4	2	8	64	Normal
	Espejos	SE-E-01	SE-E-F03	Parada del sistema	Mal montaje de espejos	Rotura en el acople con los tubos de fuego	4	2	8	64	Normal
					Rotura de espejo	Corrosión	4	3	8	96	Normal
						Fatiga térmica	4	3	7	84	Normal
						Picaduras	4	2	7	56	Normal
	Cajas de giro	SE-CG-01	SE-CG-F01	Baja eficiencia del sistema	Fuga de gases al exterior	Quema de empaques	3	3	6	54	Normal
			SE-CG-F02	Trabajo ineficiente	No existe la transferencia de los gases de combustión al siguiente paso	Mal montaje de cajas (Torsión de pernos)	4	2	6	48	Normal
Reducción de producción de vapor						4	3	7	84	Normal	

Subsistema	Componente	Código Componente	Código de Fallo	Modo	Efectos	Causas	D	F	G	IPR	Estado
Sistema de encendido	Cajas de giro	SE-CG-01	SE-CG-F02	Trabajo ineficiente	Ahogamiento del caldero	Acumulación de hollín	4	2	7	56	Normal
						Desgaste del material refractario	4	2	8	64	Normal
	Válvula principal de combustible (Solenoides)	SE-SC-01	SE-SC-F02	Trabajo ineficiente	Presión de combustible baja (no se abre)	Resorte desgastado por fatiga	4	3	7	84	Normal
						Bobinas quemadas	4	2	8	64	Normal
						Contactores desgastados	4	3	8	96	Normal
					Solenoides no trabaja (siempre abierto)	Presencia de y sedimentos suciedades	4	4	8	128	Fallo potencial
					SE-SC-F03	Parada del sistema	Falta de encendido continuo de la llama	Solenoides averiado	4	4	8
	Válvula solenoides piloto	SE-VSP-01	SE-VSP-F02	Trabajo ineficiente	No se abre durante el proceso de ignición	Resorte desgastado por fatiga	4	3	7	84	Normal
						Bobinas quemadas	4	2	8	64	Normal

Subsistema	Componente	Código Componente	Código de Fallo	Modo	Efectos	Causas	D	F	G	IPR	Estado
Sistema de encendido	Válvula solenoide piloto	SE-VSP-01	SE-VSP-F02	Trabajo ineficiente	No se abre durante el proceso de ignición	Contactores desgastados	4	3	8	96	Normal
						Solenoide averiado	4	4	8	128	Fallo potencial
	Presuretroles (90 a 100 Psi)(bulbos de mercurio)	SE-PR-01	SE-PR-F03	Parada del sistema	No sensar la presión para el encendido y apagado del caldero	Rotura de bulbos	3	3	8	72	Normal
						Rotura de resortes (mala calibración)	4	3	8	96	Normal
						Volatilidad del mercurio	2	2	7	28	Normal
			SE-PR-F01	Baja eficiencia del sistema	Consumo excesivo de combustible	No se apaga el caldero	3	2	8	48	Normal
	Control de nivel por flotador y bulbos de mercurio (McDonell)	SE-CNF-01	SE-CNF-F02	Trabajo ineficiente	No se apaga o enciende la bomba de alimentación de agua	Flotador remordido por sedimentos	5	2	8	80	Normal
						Mal estado de los bulbos de mercurio	2	2	7	28	Normal
					Sobrecalentamiento de los tubos de fuego	Falta de agua en el caldero	5	2	8	80	Normal

Subsistema	Componente	Código Componente	Código de Fallo	Modo	Efectos	Causas	D	F	G	IPR	Estado
Sistema de encendido	Control de nivel por flotador y bulbos de mercurio (McDonell)	SE-CNF-01	SE-CNF-F02	Trabajo ineficiente	Sobrecalentamiento de los tubos de fuego	Encendido continuo del caldero	2	2	8	32	Normal
						Mal estado de los bulbos de mercurio (no se apagan los quemadores)	4	2	8	64	Normal
	Tubos de fuego	SE-TF-01	SE-TF-F18	Baja eficiencia de transferencia de calor	Presencia de hollín	Mala combustión	4	3	7	84	Normal
						No pasan los gases de combustión	4	4	7	112	Fallo potencial
						Presencia de humo	2	3	7	42	Normal
						Atomización defectuosa de combustible	4	3	7	84	Normal
					Fuga de gases de combustión	Rotura (por corrosión, fatiga térmica)	5	2	8	80	Normal
						Incrustaciones en los tubos	6	3	8	144	Fallo potencial
						Incrustaciones en los tubos de fuego	5	3	8	120	Fallo potencial

Subsistema	Componente	Código Componente	Código de Fallo	Modo	Efectos	Causas	D	F	G	IPR	Estado
Sistema de encendido	Tubos de fuego	SE-TF-01	SE-TF-F18	Baja eficiencia de transferencia de calor	Incrustaciones en los tubos de fuego	Baja eficiencia de la caldera	2	3	8	48	Normal
	Manómetros de presión de vapor, temperatura y altitud	SE-MPA-01	SE-MPA-F02	Trabajo ineficiente	Lecturas falsas	Daños internos (vibraciones, presencia de vapor en los manómetros)	4	2	8	64	Normal
Sistema de seguridad	Man Hole	SS-MH-01	SS-MH-F11	Fuga de vapor	Falta de cierre hermético del caldero	Empaques quemados	2	2	7	28	Normal
						Tuercas flojas	2	3	7	42	Normal
	Hand Hole	SS-HH-01	SS-HH-F11	Fuga de agua	Falta de cierre hermético del caldero	Empaques quemados	2	2	7	28	Normal
						Tuercas flojas	2	3	7	42	Normal
	Válvula de seguridad de alivio de presión	SS-VAP-01	SS-VAP-F04	Mal funcionamiento de la válvula	Presión alta	Rotura de resortes por fatiga	4	3	7	84	Normal
						Remordida por presencia de sólidos o incrustaciones	2	4	7	56	Normal
No existe escape de presión del caldero						4	3	8	96	Normal	

Subsistema	Componente	Código Componente	Código de Fallo	Modo	Efectos	Causas	D	F	G	IPR	Estado
Sistema de seguridad	Válvula de seguridad de alivio de presión	SS-VAP-01	SS-VAP-F04	Mal funcionamiento de la válvula	Presión alta	Asientos de válvulas dañadas	4	4	8	128	Fallo potencial
	T de prueba	SS-TP-01	SS-TP-F04	Mal funcionamiento	Alivio de presión	Descalibración del manómetro	3	2	7	42	
	Válvulas de purga	SS-VP-01	SS-VP-F04	Mal funcionamiento	No hay descarga de sólidos en la caldera	Incrustaciones en la válvula	3	3	6	54	Normal
						Presencia de sedimentos	3	3	6	54	Normal
Carcasa	Carcasa	Cs-C-01	Cs-C-F11	Fugas	Baja generación de vapor	Fisuras (por corrosión, fatiga térmica, picadura)	3	2	7	42	Normal
						Fisuras en las soldaduras (fatiga térmica)	4	2	7	56	Normal

SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA FRÍA (Sistema Hidroneumático o de Presión Constante)

Subsistema	Componente	Código Componente	Código de Fallo	Modo	Efectos	Causas	D	F	G	IPR	Estado
Compresor	Motor (compresor)	C-MC-01	C-MC-F03	Parada del sistema de compresión	Falta presión de aire para el llenado de tanques	Quema de bobina	4	2	8	64	Normal
						Rodamientos agarrotados	5	3	8	120	Fallo potencial
						Mal periodo de mantenimiento	4	3	8	96	Normal
						Bandas flojas	3	3	8	72	Normal
						Velocidades bajas de trabajo	4	4	8	128	Fallo potencial
					Fugas	Escape de aire en el compresor	3	3	7	63	Normal
					Motor no enciende	Fusible de la instalación quemado	3	3	7	63	Normal
						Voltaje de línea incorrecta	3	3	7	63	Normal
					Sobre calentamiento del bloque	Sentido de rotación incorrecta	2	2	7	28	Normal
	Bajo nivel de aceite o aceite incorrecto	3	3	7		63	Normal				
Pistón	C-P-01	C-P-F02	Trabajo ineficiente	Baja eficiencia de compresión	Rotura del pistón	5	2	8	80	Normal	

Subsistema	Componente	Código Componente	Código de Fallo	Modo	Efectos	Causas	D	F	G	IPR	Estado
Compresor	Pistón	C-P-01	C-P-F02	Trabajo ineficiente	Baja eficiencia de compresión	Desgaste de rines	5	2	7	70	Normal
						Desgaste del cilindro	5	3	7	105	Fallo potencial
						Excentricidad de biela	4	2	7	56	Normal
						Desgaste de rodamientos	4	3	7	84	Normal
						Asiento de válvula dañada	4	2	7	56	Normal
						Desgaste por fatiga de resortes	4	3	7	84	Normal
						Desgaste	Lubricante inadecuado o insuficiente	4	2	7	56
	Tanque de reserva	C-TR-01	C-TR-F11	Fuga de aire	No llenado de aire	Fisura (por oxidación del tanque)	2	2	7	28	Normal
						Purga del tanque (existencia de agua)	3	2	7	42	Normal
						Rotura del tanque (existe perforaciones)	2	2	7	28	Normal
Accesorios flojos						4	2	6	48	Normal	

Subsistema	Componente	Código Componente	Código de Fallo	Modo	Efectos	Causas	D	F	G	IPR	Estado
Compresor	Bandas	C-B-01	C-B-F03	Parada del equipo	Desgaste excesivo de la correa	Bandas flojas	3	3	7	63	Normal
						Rotura de bandas	2	3	7	42	Normal
						Polea desalineada	4	3	7	84	Normal
						Número de banda incorrecta	3	2	7	42	Normal
	Automático	C-AT-01	C-AT-F	Parada del equipo	No se enciende o se apaga el compresor	Quema de bobinas y sensores de presión en el taque de reserva	4	2	7	56	Normal
Bombas del Hidroneumático	Motor de bomba hidroneumático	B-MBH-01	B-MBH-F02	Baja eficiencia del sistema	Motor remordido	Mal estado de rodamientos	4	3	8	96	Normal
						Incrustaciones de polvo en las bobinas	4	3	8	96	Normal
						Baja de tensión	3	2	7	42	Normal
						Desalineamiento de ejes	5	3	8	120	Fallo potencial
						Mal sentido de rotación del motor	4	3	8	96	Normal
		B-MBH-F03	Parada del sistema	Calentamiento de cojinetes	Ejes desalineados	5	3	8	120	Fallo potencial	

Subsistema	Componente	Código Componente	Código de Fallo	Modo	Efectos	Causas	D	F	G	IPR	Estado
Bombas del Hidroneumático	Motor de bomba hidroneumático	B-MBH-01	B-MBH-F03	Parada del sistema	Sobrecarga del motor	Entrada de dos fases	2	2	8	32	Normal
						Tensiones anormales en las bridas	4	3	8	96	Normal
	Bomba hidroneumático	B-BH-01	B-BH-F02	Baja eficiencia del sistema	Perdida de presión del agua	Desgaste o deterioro de sellos	4	2	7	56	Normal
						Bolsas de aire en la bomba	4	3	7	84	Normal
						Impulsor dañado por incrustaciones de sólidos	4	4	8	128	Fallo potencial
						Impulsor roto	4	3	7	84	Normal
						Fuga de agua por la empaquetadura	2	3	8	48	Normal
						Caudal bajo	Cuerpo de la bomba insuficientemente lleno	4	3	8	96
					Mal sentido de rotación del motor		4	3	8	96	Normal

Subsistema	Componente	Código Componente	Código de Fallo	Modo	Efectos	Causas	D	F	G	IPR	Estado
Bombas del Hidroneumático	Bomba hidroneumático	B-BH-01	B-BH-F02	Baja eficiencia del sistema	Caudal bajo	Cavitación	3	2	7	42	Normal
						Vibraciones (cimientos no rígidos)	3	3	7	63	Normal
						Desgaste de las uniones hidráulicas	3	2	7	42	Normal
						Falta de agua en la tubería de succión	3	3	7	63	Normal
						La bomba no alcanza la velocidad nominal	3	3	7	63	Normal
						Bolsas de vapor en la tubería	3	2	7	42	Normal
						Temperatura del cuerpo de la bomba alta	4	3	7	84	Normal
	Válvulas check	B-VC-01	B-VC-F05	Inversión de flujo en la tubería	Golpe de ariete (vibraciones de la tubería)	Falla en el pasador oscilante	4	2	8	64	Normal
						Asiento del disco desgastado	5	3	8	120	Fallo potencial
						Desgaste del resorte por fatiga	4	2	8	64	Normal

Subsistema	Componente	Código Componente	Código de Fallo	Modo	Efectos	Causas	D	F	G	IPR	Estado
Bombas del Hidroneumático	Válvulas check	B-VC-01	B-VC-F05	Inversión de flujo en la tubería	Golpe de ariete (vibraciones de la tubería)	Empaques desgastados	4	3	7	84	Normal
	Tanque del hidroneumático	B-TH-01	B-TH-F02	Trabajo ineficiente	Fugas de agua	Sedimentos (perforación)	4	2	7	56	Normal
						Corrosión (perforación)	4	2	7	56	Normal
						Cavitación	4	2	7	56	Normal
						Electrólisis	5	2	7	70	Normal
	Sensores de nivel de agua	B-CNA-01	B-CNA-F03	Parada del sistema (No enciende las bombas)	Fallo de los sensores	Tensión alta	4	2	7	56	Normal
						Deterioro de (horas de trabajo)	3	2	7	42	Normal
						Distancia entre sensor y el tubo de agua	3	3	7	63	Normal
	Tablero de control	B-TC-01	B-TC-F03	Parada del sistema	Falla del tablero (sensores)	Quema de fusibles	4	2	8	64	Normal
						Contactores no encienden el motor programador	3	2	8	48	Normal
Platinos quemados						3	3	7	63	Normal	

ANEXO III
DETERMINACIÓN DE TODOS LOS COMPONENTES CON FALLOS
POTENCIALES

SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE AGUA PARA LOS CALDEROS

Subsistema	Componente	Código Componente	Código de Fallo	Modo	Efectos	Causas	D	F	G	IPR	Estado
Ablandador de agua	Deposito de sal	AA-DS-01	AA-DS-F01	Baja eficiencia del sistema	No se activa la resina	Taponamiento de conductos de salida de sal	7	2	8	112	Fallo potencial
	Válvula múltiple	AA-VM-01	AA-VM-F02	Trabajo ineficiente	Perdida de presión	Fugas de agua-sal	4	5	6	120	Fallo potencial
Bombeo de agua tratada al caldero	Motor eléctrico	BA-ME-01	BA-ME-F01	Baja eficiencia del sistema	Motor remordido	Incrustaciones de polvo en las bobinas	4	4	7	112	Fallo potencial
			BA-ME-F03	Parada del sistema	Calentamiento de cojinetes	Ejes desalineados	4	4	8	128	Fallo potencial
	Bomba Vertical	BA-BV-01	BA-ME-F01	Baja eficiencia del sistema	Perdida de presión del agua	Impulsor dañado por incrustaciones de sólidos	5	3	8	120	Fallo potencial
					Caudal bajo	Mal sentido de rotación del motor	5	3	8	120	Fallo potencial
Bombeo de agua tratada al caldero	Filtros de agua	BA-FA-01	BA-FA-F04	Mal funcionamiento de la bomba	Apagado del caldero por falta de agua	Filtros tapados	4	4	8	128	Fallo potencial
	Válvulas check	BA-VC-01	BA-VC-F05	Inversión de flujo en la tubería	Bajo nivel de agua en el caldero	Asiento del disco desgastado	5	3	8	120	Fallo potencial

SISTEMA DOSIFICADOR DE QUÍMICOS AL CALDERO

Subsistema	Componente	Código Componente	Código de Fallo	Modo	Efectos	Causas	D	F	G	IPR	Estado
Bomba dosificadora	Bomba de inyección de químicos	BQ-BI-01	BQ-BI-F06	No existe la relación eficaz agua-químico	Flujo de químico bajo	Taponamiento de bombas (filtro dañado)	5	4	7	140	Fallo potencial
	Minicomputer	BQ-MI-01	BQ-MI-F03	Parada del sistema	No paso de la corriente	Quema de tarjeta electrónica	5	3	8	120	Fallo potencial

SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE AL CALDERO

Subsistema	Componente	Código Componente	Código de Fallo	Modo	Efectos	Causas	D	F	G	IPR	Estado
Bombeo de alimentación de combustible	Bomba de inyección de combustible	BC-BIC-01	BC-BIC-F02	Trabajo ineficiente	Perdida de presión de combustible (caldero no arranca)	Engranajes dañados por incrustaciones	5	3	8	120	Fallo potencial
	Motor de bomba de combustible	BC-MBC-01	BC-MBC-F02	Baja eficiencia del sistema	Motor remordido	Desalineamiento de ejes	5	3	7	105	Fallo potencial
			BA-ME-F03	Parada del sistema	Sobrecarga del motor	Tensiones anormales en las bridas	5	3	8	120	Fallo potencial
	Shiglores	BC-SH-01	BC-SH-F03	Parada del sistema	Pulverización ineficiente	Taponamiento por presencia de sólidos	5	3	8	120	Fallo potencial
					Variación de presión	Formación de carbono por solidificación de combustible	5	3	8	120	Fallo potencial

SISTEMAS DE GENERACIÓN DE VAPOR (Calderos)

Subsistema	Componente	Código Componente	Código de Fallo	Modo	Efectos	Causas	D	F	G	IPR	Estado
Sistema de encendido	Motor modulador	SE-MM-01	SE-MM-F02	Trabajo ineficiente	Motor remordido	Levas descalibradas	5	3	7	105	Fallo potencial
	Solenoides de gas	SE-SG-01	SE-SG-F02	Trabajo ineficiente	Solenoides no trabaja (siempre abierto)	Presencia de sedimentos y suciedades	5	3	8	120	Fallo potencial
			SE-SG-F03	Parada del sistema	El caldero no se enciende	Solenoides averiados	4	4	7	112	Fallo potencial
	Fotocelda	SE-FA-01	SE-FA-F16	Fallos en el arranque	No permite la apertura de los solenoides de combustible para que siga encendido el caldero	Sensor dañado	5	3	8	120	Fallo potencial
						Humedad en la fotocelda	5	3	8	120	Fallo potencial
	Transformador del sistema de ignición	SE-TSI-01	SE-TSI-F17	Fallas de encendido	No hay subida de tensión (tensión mínima)	Bobinas quemadas	5	3	8	120	Fallo potencial
	Cañería de combustible	SE-CC-01	SE-CC-F01	Baja eficiencia del sistema	Taponamiento	Suciedad en el combustible	4	4	7	112	Fallo potencial
	Tubería de gas	SE-TG-01	SE-TG-F03	Parada del sistema	Fuga de gas al interior del caldero	Rotura	5	3	8	120	Fallo potencial
Ventiladores de aire de tiro forzado	SE-VTF-01	SE-VTF-F01	Baja eficiencia del sistema	Desgaste y rotura de aletas	Horas de trabajo (fricción)	5	3	8	120	Fallo potencial	

Subsistema	Componente	Código Componente	Código de Fallo	Modo	Efectos	Causas	D	F	G	IPR	Estado
Sistema de encendido	Válvula principal de combustible (Solenoides)	SE-SC-01	SE-SC-F02	Trabajo ineficiente	Solenoides no trabaja (siempre abierto)	Presencia de sedimentos y suciedades	4	4	8	128	Fallo potencial
			SE-SC-F03	Parada del sistema	Falta de encendido continuo de la llama	Solenoides averiado	4	4	8	128	Fallo potencial
	Válvula solenoides piloto	SE-VSP-01	SE-VSP-F02	Trabajo ineficiente	No se abre durante el proceso de ignición	Solenoides averiado	4	4	8	128	Fallo potencial
	Tubos de fuego	SE-TF-01	SE-TF-F18	Baja eficiencia de transferencia de calor	Presencia de hollín	No pasan los gases de combustión	4	4	7	112	Fallo potencial
					Fuga de gases de combustión	Incrustaciones en los tubos	6	3	8	144	Fallo potencial
					Incrustaciones en los tubos de fuego	Tratamiento de aguas ineficiente	5	3	8	120	Fallo potencial
	Sistema de seguridad	Válvula de seguridad de alivio de presión	SS-VAP-01	SS-VAP-F04	Mal funcionamiento de la válvula	Presión alta	Asientos de válvulas dañadas	4	4	8	128

SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA FRÍA (Sistema Hidroneumático o de Presión Constante)

Subsistema	Componente	Código Componente	Código de Fallo	Modo	Efectos	Causas	D	F	G	IPR	Estado
Compresor	Motor (compresor)	C-MC-01	C-MC-F03	Parada del sistema de compresión	Falta presión de aire para el llenado de tanques	Rodamientos agarrotados	5	3	8	120	Fallo potencial
						Velocidades bajas de trabajo	4	4	8	128	Fallo potencial
	Pistón	C-P-01	C-P-F02	Trabajo ineficiente	Baja eficiencia de compresión	Desgaste del cilindro	5	3	7	105	Fallo potencial
Bombas del Hidroneumático	Motor de bomba hidroneumático	B-MBH-01	B-MBH-F02	Baja eficiencia del sistema	Motor remordido	Desalineamiento de ejes	5	3	8	120	Fallo potencial
			B-MBH-F03	Parada del sistema	Calentamiento de cojinetes	Ejes desalineados	5	3	8	120	Fallo potencial
	Bomba hidroneumático	B-BH-01	B-BH-F02	Baja eficiencia del sistema	Perdida de presión del agua	Impulsor dañado por incrustaciones de sólidos	4	4	8	128	Fallo potencial
	Válvulas check	B-VC-01	B-VC-F05	Inversión de flujo en la tubería	Golpe de ariete (vibraciones de la tubería)	Asiento del disco desgastado	5	3	8	120	Fallo potencial

ANEXO IV
ACCIONES CORRECTIVAS DENTRO DE LOS CUADROS AMFE PARA
DISMINUIR EL IPR EN LOS COMPONENTES

SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE AGUA PARA LOS CALDEROS

Subsistema	Componente	Código de Fallo	Causas	Acción correctiva	Responsables	D	F	G	IPR	Estado
Ablandador de agua	Deposito de sal	AA-DS-F01	Taponamiento de conductos de salida de sal	Realizar intervención limpiar constantemente el filtro de entrada desarmando la válvula de control de agua	Departamento de mantenimiento	5	2	8	80	Normal
	Válvula múltiple	AA-VM-F02	Fugas de agua-sal	Verificar el estado de elemento desarmando o limpiando los asientos de las válvulas o caso contrario cambio total del componente	Departamento de mantenimiento	3	3	6	54	Normal
Bombeo de agua tratada al caldero	Motor eléctrico	BA-ME-F01	Incrustaciones de polvo en las bobinas	Aumentar inspecciones y limpiar el polvo con una brocha o aire a presión	Departamento de mantenimiento	4	3	7	84	Normal
		BA-ME-F03	Ejes desalineados	Realizar un análisis de vibraciones periódicamente, o de ser necesario cambiar el acople para evitar remordeduras y recalentamiento de bobinas	Departamento de mantenimiento	4	3	8	96	Normal
	Bomba Vertical	BA-ME-F01	Impulsor dañado por incrustaciones de sólidos	Verificar el estado del elemento, detener la bomba y revisar, si es necesario cambiar impulsor	Departamento de mantenimiento	4	2	8	64	Normal

Subsistema	Componente	Código de Fallo	Causas	Acción correctiva	Responsables	D	F	G	IPR	Estado
Bombeo de agua tratada al caldero	Bomba Vertical	BA-ME-F01	Mal sentido de rotación del motor	Revisar entrada normal de tres fases, utilizar multímetro	Departamento de mantenimiento	4	2	8	64	Normal
	Filtros de agua	BA-FA-F04	Filtros tapados	Verificar el estado del elemento, limpiar filtro con agua a presión o reemplazar	Departamento de mantenimiento	3	3	8	72	Normal
	Válvulas check	BA-VC-F05	Asiento del disco desgastado	Aumentar inspecciones, revisar que no se produzca el retorno del agua, de lo contrario reemplazar	Departamento de mantenimiento	4	2	8	64	Normal

SISTEMA DOSIFICADOR DE QUÍMICOS AL CALDERO

Subsistema	Componente	Código de Fallo	Causas	Acción correctiva	Responsables	D	F	G	IPR	Estado
Bomba dosificadora	Bomba de inyección de químicos	BQ-BI-F06	Taponamiento de bombas (filtro dañado)	Cambio de filtros y partes, verificar que no este sucio al ingreso del líquido en la válvula y verificar el estado del diafragma	Departamento de mantenimiento	4	3	7	84	Normal
	Minicomputer	BQ-MI-F03	Quema de tarjeta electrónica	Realizar intervención reparándola o caso contrario reemplazarla	Empresa externa	4	2	8	64	Normal

SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE AL CALDERO

Subsistema	Componente	Código de Fallo	Causas	Acción correctiva	Responsables	D	F	G	IPR	Estado
Bombeo de alimentación de combustible	Bomba de inyección de combustible	BC-BIC-F02	Engranajes dañados por incrustaciones	Verificar el estado del elemento, limpiar el filtro interno de la bomba o reemplazar el engrane	Departamento de mantenimiento	4	2	8	64	Normal
	Motor de bomba de combustible	BC-MBC-F02	Desalineamiento de ejes	Realizar un análisis de vibraciones y un alineamiento con un reloj palpador, o realizar cambio de matrimonio o acople	Departamento de mantenimiento	5	2	7	70	Normal
		BA-ME-F03	Tensiones anormales en las bridas	Aumentar la inspección periódica, verificar acople entre bomba y motor con un reloj palpador	Departamento de mantenimiento	4	2	8	64	Normal
	Shiglores	BC-SH-F03	Taponamiento por presencia de sólidos	Verificar el estado del elemento, limpiar los filtros de los shiglores con Diesel y aire a presión	Departamento de mantenimiento	4	2	8	64	Normal
			Formación de carbono por solidificación de combustible	Aumentar la limpieza periódica, desarmar para quitar solidificaciones con diesel	Departamento de mantenimiento	5	2	8	80	Normal

SISTEMAS DE GENERACIÓN DE VAPOR (Calderos)

Subsistema	Componente	Código de Fallo	Causas	Acción correctiva	Responsables	D	F	G	IPR	Estado
Sistema de encendido	Motor modulador	SE-MM-F02	Levas descalibradas	Aumentar inspecciones y calibrar con galgas, las levas deben tener una abertura una respecto a la otra de aproximadamente 10°	Departamento de mantenimiento	5	2	7	70	Normal
	Solenoides de gas	SE-SG-F02	Presencia de sedimentos y suciedades	Realizar intervención, quitar sedimentos con brocha o desarmar y limpiar incrustaciones con lija	Departamento de mantenimiento	4	2	8	64	Normal
		SE-SG-F03	Solenoides averiados	Realizar intervención, reemplazarlos	Departamento de mantenimiento	3	3	7	63	Normal
	Fotoceldas	SE-FA-F16	Sensor dañado	Realizar intervención, reemplazarlo	Departamento de mantenimiento	5	2	8	80	Normal
			Humedad en la fotocelda	Verificar el estado del elemento y si la humedad le ha dañado reemplazarlo	Departamento de mantenimiento	4	2	8	64	Normal
	Transformador del sistema de ignición	SE-TSI-F17	Bobinas quemadas	Reemplazar todo el transformador para optimizar el trabajo	Departamento de mantenimiento	5	2	8	80	Normal
	Cañería de combustible	SE-CC-F01	Suciedad en el combustible	Verificar el estado de los filtros y desarmar las cañerías y limpiar con aire a presión	Departamento de mantenimiento	3	3	7	63	Normal

Subsistema	Componente	Código de Fallo	Causas	Acción correctiva	Responsables	D	F	G	IPR	Estado
Sistema de encendido	Tubería de gas	SE-TG-F03	Rotura	Desarmar la tubería y reemplazarla	Departamento de mantenimiento	5	2	8	80	Normal
	Ventiladores de aire de tiro forzado	SE-VTF-F01	Horas de trabajo (fricción)	Verificar el estado del rodamiento, si es necesario cambiarlo	Departamento de mantenimiento	4	2	8	64	Normal
	Válvula principal de combustible (Solenoides)	SE-SC-F02	Presencia de sedimentos y suciedades	Aumentar limpieza periódica, quitar sedimentos con aire o lija	Departamento de mantenimiento	4	2	8	64	Normal
		SE-SC-F03	Solenoides averiados	Reemplazar	Departamento de mantenimiento	4	3	8	96	Normal
	Válvula solenoide piloto	SE-VSP-F02	Solenoides averiados	Reemplazar	Departamento de mantenimiento	4	3	8	96	Normal
	Tubos de fuego	SE-TF-F18	No pasan los gases de combustión	Limpieza periódica de hollín con cepillo helicoidal de alambre y agua a presión	Departamento de mantenimiento	3	3	7	63	Normal
			Incrustaciones en los tubos	Limpieza periódica de hollín con cepillo helicoidal de alambre y agua a presión	Departamento de mantenimiento	4	2	8	64	Normal

Subsistema	Componente	Código de Fallo	Causas	Acción correctiva	Responsables	D	F	G	IPR	Estado
Sistema de encendido	Tubos de fuego	SE-TF-F18	Tratamiento de aguas ineficiente	Tomar muestra de agua y realizar análisis químico	Departamento de mantenimiento y empresa externa	4	2	8	64	Normal
Sistema de seguridad	Válvula de seguridad de alivio de presión	SS-VAP-F04	Asientos de válvulas dañadas	Cambiar la válvula al momento que se termine la garantía	Departamento de mantenimiento	3	3	8	72	Normal

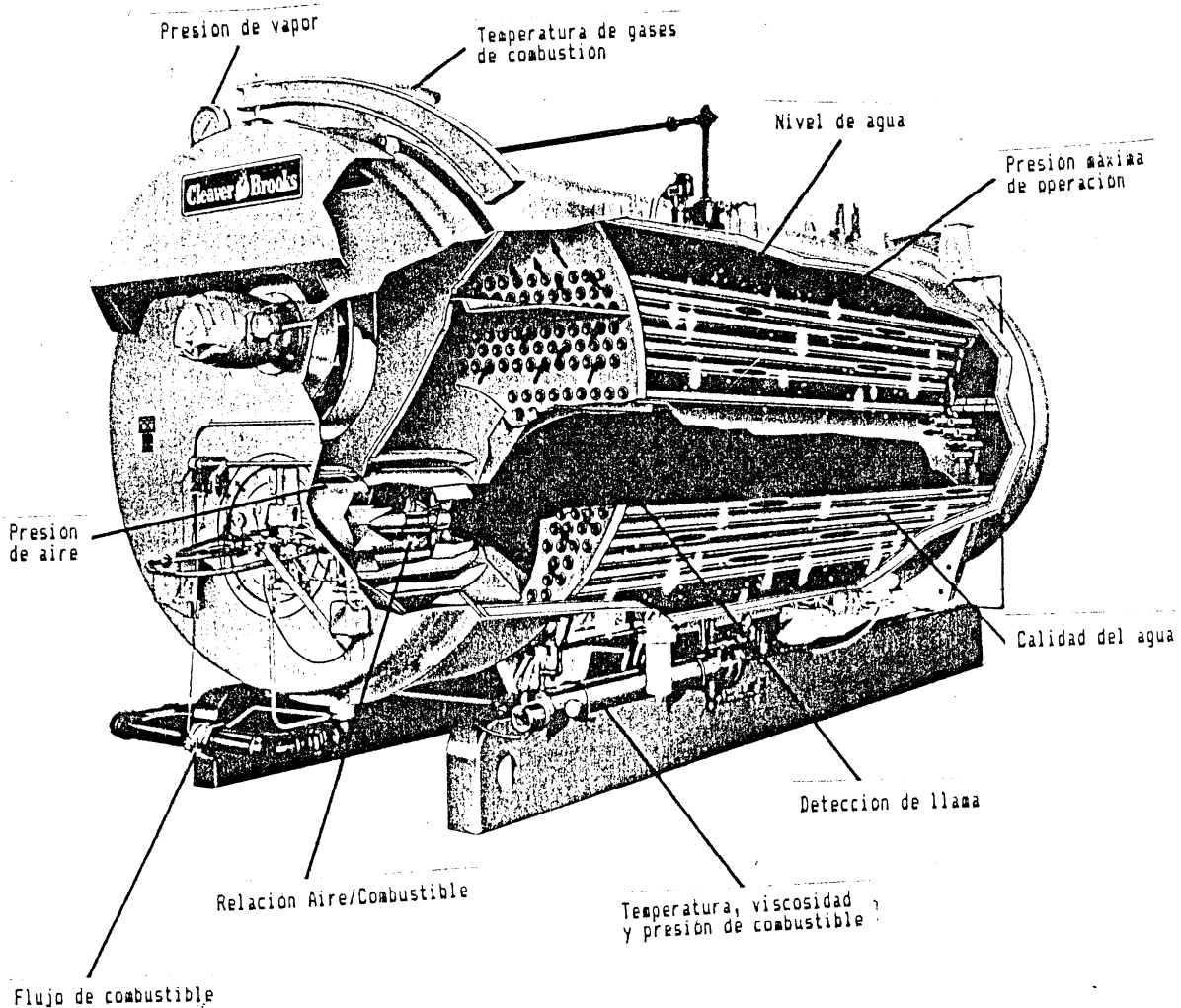
SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA FRÍA (Sistema Hidroneumático o de Presión Constante)

Subsistema	Componente	Código de Fallo	Causas	Acción correctiva	Responsables	D	F	G	IPR	Estado
Compresor	Motor (compresor)	C-MC-F03	Rodamientos remordidos	Aumentar inspección y lubricación periódica y si es necesario reemplazar el rodamiento	Departamento de mantenimiento	4	2	8	64	Normal
			Velocidades bajas de trabajo	Aumentar inspección al motor y verificar la entrada de tres fases con multímetro	Departamento de mantenimiento	4	3	8	96	Normal
	Pistón	C-P-F02	Desgaste del cilindro	Verificar el nivel del lubricante, si escasea aumentar además limpiar las válvulas de entrada y salida de aire en el cabezote	Departamento de mantenimiento	5	2	7	70	Normal
Bombas del Hidroneumático	Motor de bomba hidroneumático	B-MBH-F02	Desalineamiento de ejes	Realizar un análisis de vibraciones y un alineamiento con un reloj palpador	Departamento de mantenimiento	4	2	8	64	Normal
		B-MBH-F03	Ejes desalineados	Alinear los ejes con el método de los relojes inversos	Departamento de mantenimiento y empresa externa	4	2	8	64	Normal
	Bomba hidroneumático	B-BH-F02	Impulsor dañado por incrustaciones de sólidos	Realizar intervención limpiarlo o caso contrario cambiar	Departamento de mantenimiento	4	2	8	64	Normal
	Válvulas check	B-VC-F05	Asiento del disco desgastado	Reemplazar	Departamento de mantenimiento	4	2	8	64	Normal

ANEXO V
MANUALES Y CATÁLOGOS UTILIZADOS EN EL PROYECTO

INSTRUMENTACION DE CALDEROS

PUNTOS DE CONTROL



Sección 1 - Descripciones Generales

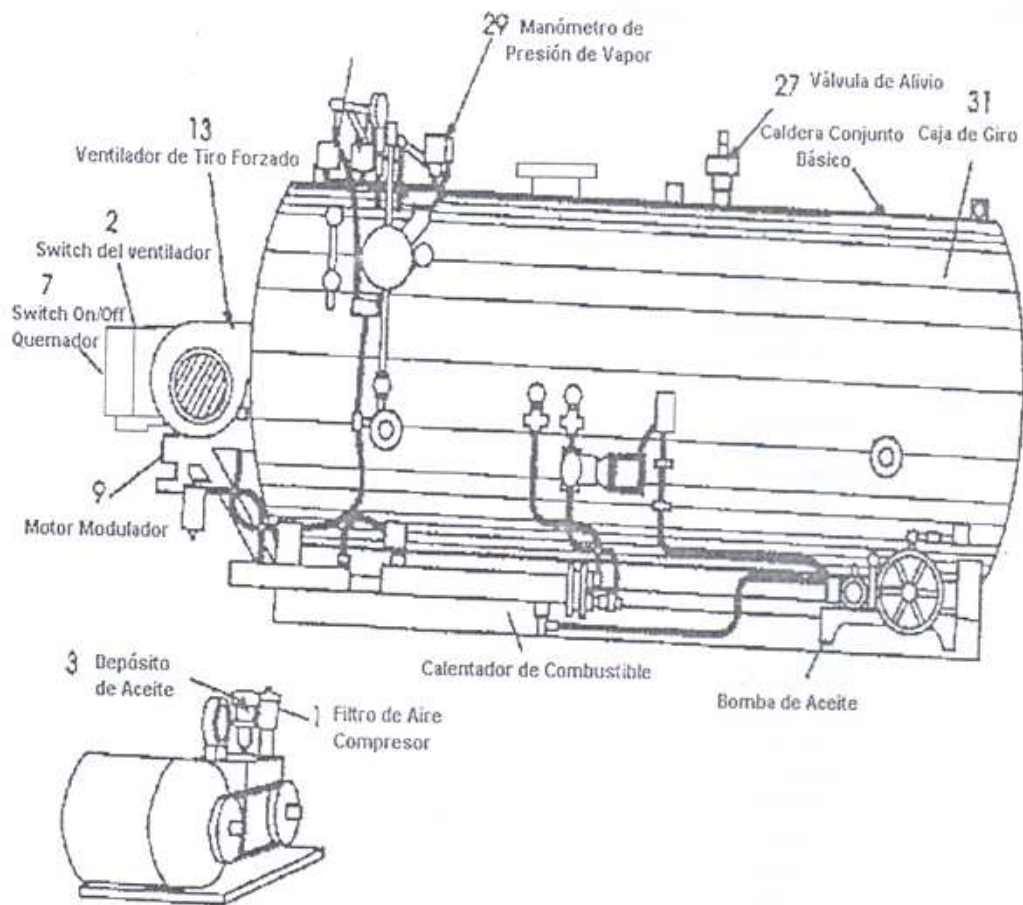


Figura 1 - 1a. Componentes Básicos, Caldera de Vapor de Tubos de Fuego, para dos Combustibles. Vista Lateral (Ver Tabla 1-1 y Tabla 1-2)

Sección I - Descripciones Generales:

1- 6. Identificación de las Calcomanías de Advertencias y Precaución

Lea y entienda cada calcomanía puesta en la caldera y el equipo del cuarto de máquinas.

1- 7. Definición de peligro, Advertencia y Cautela.

PELIGRO	Usado para indicar la presencia de un peligro que <u>causará graves heridas personales</u> , muerte, o daños substanciales a la propiedad si la advertencia es ignorada.
ADVERTENCIA	Usada para indicar la presencia de un peligro que puede <u>causar graves heridas personales</u> , muerte o daños substanciales a la propiedad si la advertencia es ignorada.
PRECAUCION	Usada para indicar la presencia de un peligro que <u>causará o puede causar</u> heridas personales menores o daño a la propiedad si la advertencia es ignorada.

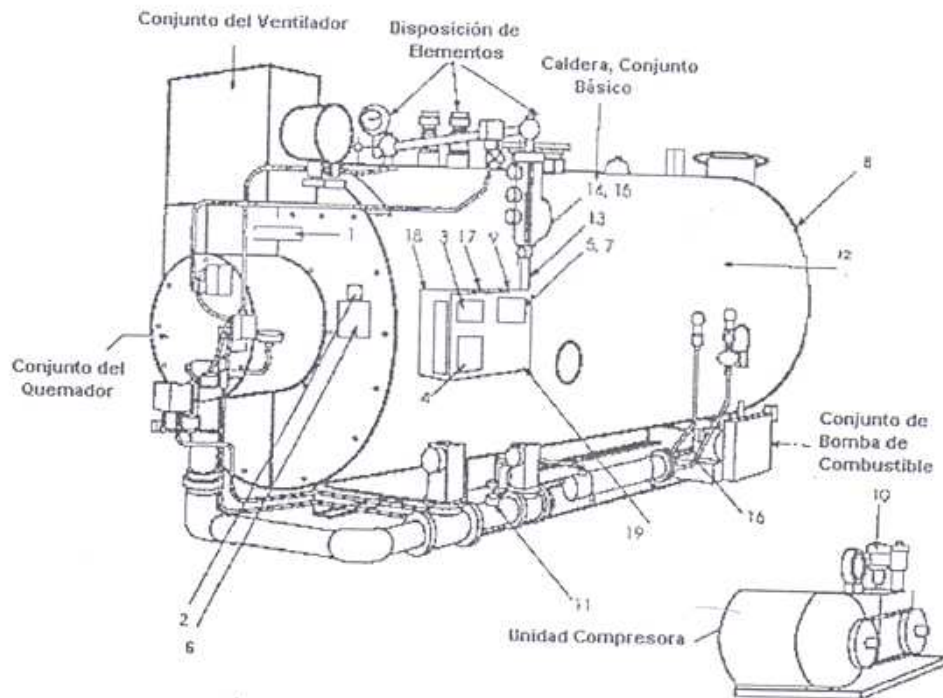


Figura 1-2. Ubicación de las Calcomanías de Advertencia y Precaución

Sección IV - Principios de Operación, Arranque y Seguridad

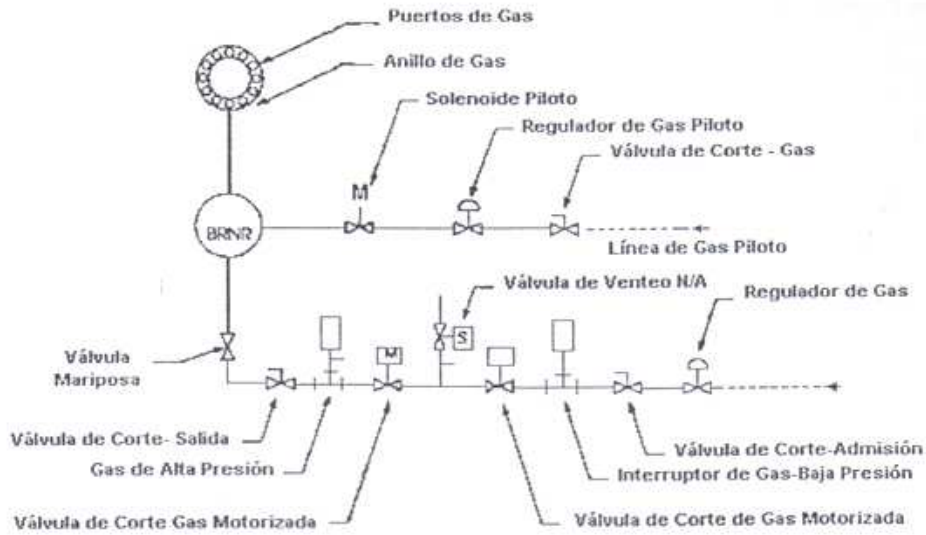


Figura 4-4 Recorrido del Gas Natural

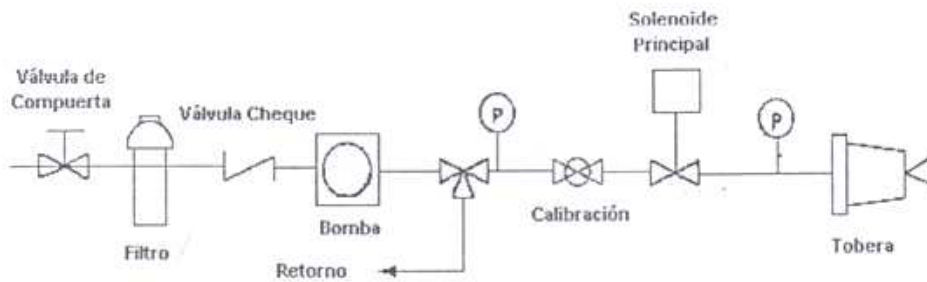


Figura 4-5 Recorrido Típico del Aceite Combustible



**RESULTADOS DEL SURVEY "EPRI" EN CALDERAS
DRUM-TYPE PRESIÓN ENTRE 35 – 80 Kg/cm² (500 – 1200psi)**

Unidades Evaluadas: 228

TIPO DE COMBUSTIBLE	Unidades	Años entre limpiezas químicas		
		BAJO	MEDIO	ALTO
CARBÓN	69	3	7,58	30
ACEITE Y GAS	132	3	11,20	30
NO DETERMINADO	27	-	-	-
MODO DE OPERACIÓN				
BASE	3	5	5,00	5
CICLICA	86	3	11,01	30
PICO	93	3	11,89	30
NO DETERMINADO	46	-	-	-
FUENTE DE AGUA DE CIRCULACIÓN				
DULCE (río, lago interno)	162	3	9,55	30
SALADA (Mar)	19	15	24,21	30
SALOBRE (lago, estuario)	14	5	12,21	28
NO DETERMINADA	33	-	-	-
MATERIALES DEL CICLO DE ALIMENTACIÓN				
PRESENCIA DE ALEACIONES DE Cu	228	3	10,18	30
TRATAMIENTOS QUÍMICOS				
FOSFATO, SULFITO, SODA	41	3	8,14	28
FOSFATO, SULFITO, AMINAS	24	3	11,33	20
FOSFATO, SODA, SULFITO, AMINAS	23	3	7,26	15
FOSFATO, HIDRACINA	11	4	5,82	10

**CRITERIOS USADOS PARA DECIDIR EL LAVADO
DE UNA CALDERA (de Survey "EPRI")**

CRITERIOS	UNIDADES
• Tiempo	147 = 42,6%
• Espesor del Depósito	29 = 8,4%
• Espesor del depósito	62 = 18,0%
• Fallas y Corrosión	107 = 31,0%
SOLVENTES	UNIDADES
• HCl	127
• E.D.T.A.	36
• Ácido Cítrico Amoniado	1
• No determinado	64

(*) Estadística de las calderas con P<80Kg/cm² (1200psi)



FRECUENCIA DE LAVADO EN CALDERAS INDUSTRIALES

PRESIÓN DE LA CALDERA Kg/cm ² (psi)	FRECUENCIA años
60-90 (900-1300)	8-12
90-125 (1300-1800)	6-9
125-155 (1800-2200)	4-7
155-190 (2200-2700)	2-5

RESULTADOS DEL SURVEY "EPRI" RELATIVO A LAS LIMPIEZAS QUÍMICAS

TIPO DE CALDERA	UNIDADES	INTERVALOS PROMEDIO ENTRE LAVADOS (años)		
		0,5	2,26	5
Paso forzado	150			
Circulación controlada				
> 125 Kg/cm ² (1800 psi)	467	1	3,95	10
85-125 Kg/cm ² (1200-1800 psi)	315	1	4,96	20
35-85 Kg/cm ² (500-1200 psi)	228	3	10,18	30

CRITERIOS DE LIMPIEZA DE LAS CALDERAS VALOR DE LA DENSIDAD DEL DEPÓSITO

PRESIÓN OPERATIVA DE LA CALDERA Kg/cm ² (psi)	COMBUSTION ENGINEERING (**)			PÁCTICA INDUSTIAL (***)
	Limpia	Medianamente Sucia	Muy Sucia	
80-120 (1250-1800)	-	-	-	10-20
120-180 (1800-2600) (*)	<15	15-40	>40	8-10
De paso forzado (subcrítica)	<15	15-40	>40	8-10
De paso forzado (supercrítica)	<15	15-25	>25	4-5

TODOS LOS VALORES ESTAN EXPRESADOS EN g/ft², QUE
CORRESPONDEN APROXIMADAMENTE A mg/cm²

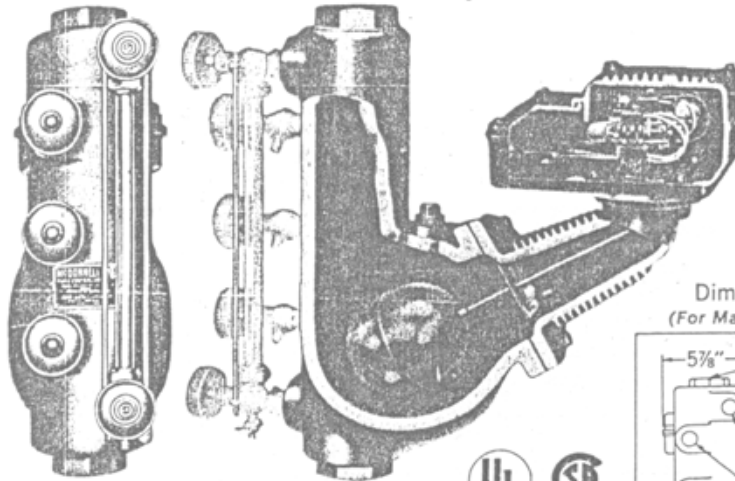
(*) Con domo

(**) De "A method for determinig need for chemical cleaning of hight pressure boiler" (Atwood) - Criterio basado en la remoción química de depósito

(***) De "Planning for chemical cleaning" (Sigmund/Poole) - criterio basado en la remoción mecánica del depósito

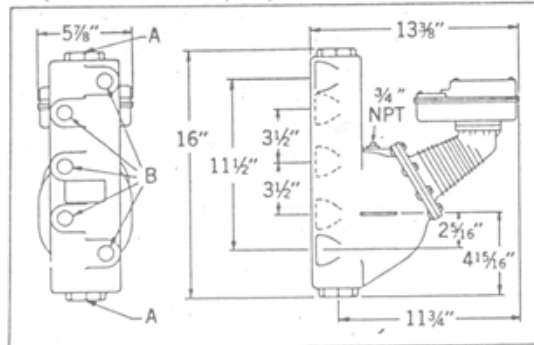
SOLVENTE	DEPOSITO	CONDICIONES DE APLICACIÓN						TEMPERATURA SOLVENTE [°C]	VELOCIDAD SOLVENTE [m/s]	
		CONCENTRACIÓN SOLVENTE [%]			Máxima	Mínima	Máxima		Típica	Mínima
		Máxima	Típica	Mínima						
Acido fórmico- hidroxiacético	Óxidos de Fe de tubos de calderas	4 Hidroxiacético 1 Fórmico	2 Hidroxiacético 1 Fórmico	2 Hidroxiacético 1 Fórmico	93	82	Hasta 0,6			
Acido fórmico- hidroxiacético	Magnetita de sobrecalentadores y recalentadores	6 Hidroxiacético 3 Fórmico	4 Hidroxiacético 2 Fórmico	2 Hidroxiacético 1 Fórmico	93	82	Hasta 0,6			
Acido cítrico	Óxidos de Fe + Cu y óxidos de Cu	5 Acido cítrico pH 3,4-4 para la fase de Fe, pH 9,5-10 para la fase del Cu	3 Acido cítrico pH 3,4-4 para la fase de Fe, pH 9,5-10 para la fase del Cu	3 Acido cítrico pH 3,4-4 para la fase de Fe, pH 9,5-10 para la fase del Cu	93 para la fase de Fe 6,55 para la fase de remoción de Cu	82 para la fase de Fe 40 para la fase de remoción de Cu	Es necesaria una circulación alterna. Es posible una circulación continua			
E.D.T.A	Óxidos de Fe + Cu y óxidos de Cu	10 EDTA activo a pH 9-10. Se añade agente oxidante para la remoción del Cu	4 EDTA activo a pH 9-10. Se añade agente oxidante para la remoción del Cu	2 EDTA activo a pH 9-10. Se añade agente oxidante para la remoción del Cu	135 para la fase de Fe 6,55 para la fase de remoción de Cu	93 para la fase de Fe 4 para la fase de remoción de Cu	Es necesaria una circulación alterna. Es posible una circulación continua			
iodio bromato amoníaco	Cu y óxidos de Cu	1	0,5	-	71	50	Se requiere una agitación alterna para cambiar localmente las áreas agotadas			
Amonio persulfato	Cu y óxidos de Cu	1	0,5	-	40	ambiente	Se requiere una agitación alterna (como arriba)			
ICL	Óxidos de Fe	10 %	5 %	3	75	ambiente	Variable			
E.D.T.A	Óxidos de Fe	10 EDTA activo a pH 7,5-8,1+1% agente pasivante			135	76	Circulación alterna			

For boilers of any size with pressures up to 250 psi



- Efficient method of controlling an electrical boiler feed pump
- Thoroughly proven low water cut-off and alarm
- Assures accurate equalization between gauge glass and float body
- Readily installed on either side of boiler

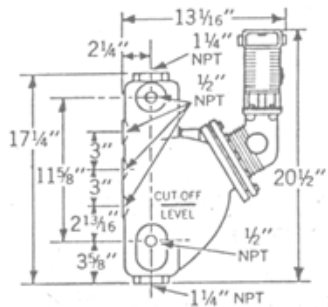
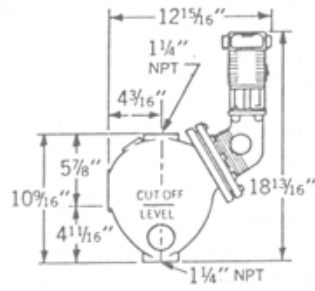
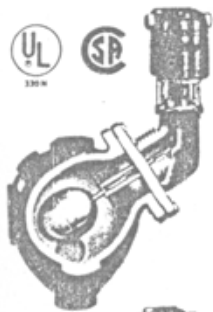
Dimension Details No. 157 and No. 157A
(For Manual Reset specify No. 157M or No. 157AM)



No. 157 Pump Control, Low Water Cut-off and Alarm. (Try-cocks and water glass not furnished.)



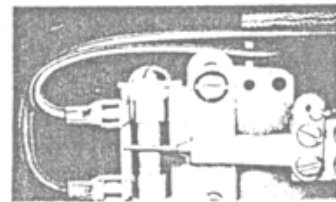
No. 94 and 194



Magnetic switching controls for high pressure boilers, up to 250 psi. Permit wide adjustment of operating levels. No. 94 is for boilers with separate water columns. No. 194 has water column type body with integral tappings for gauge glass and tricocks. For manual reset of cut-off switch order No. 94-M and No. 194-M. (Electrical ratings on page 10.)

Electric Proportioning Controls

These controls are used where it is desirable to modulate the supply of feed water into a boiler in proportion to the boiler load. Proportioning action is obtained by use of a potentiometer slide wire, which follows the water level through a float mechanism and controls a proportioning type electric valve in the feed water supply line. Valve operates so amount of make-up water flowing through the valve is in proportion to boiler demand at that particular time; valve automatically closes when no make-up water is needed. Controls also include a cut-off switch to stop burner if water supply fails.



Potentiometer Slide Wire 93-7B Series and 94-7B Series Controls

Potentiometer Slide Wire 135 ohms 24 VAC

No. 93-7B and No. 94-7B—For boilers with separate water columns. Basic construction and dimensions like No. 93 and No. 94.

No. 193A-7B and No. 194-7B—Has water column type body with all tappings for steam trim. Basic construction and dimensions like No. 193A and No. 194.

Maximum boiler pressure: No. 93-7B and No. 193A-7B, 150 psi
No. 94-7B and No. 194-7B, 250 psi.

MCDONNELL & MILLER **ITTT**
FLUID HANDLING DIVISION

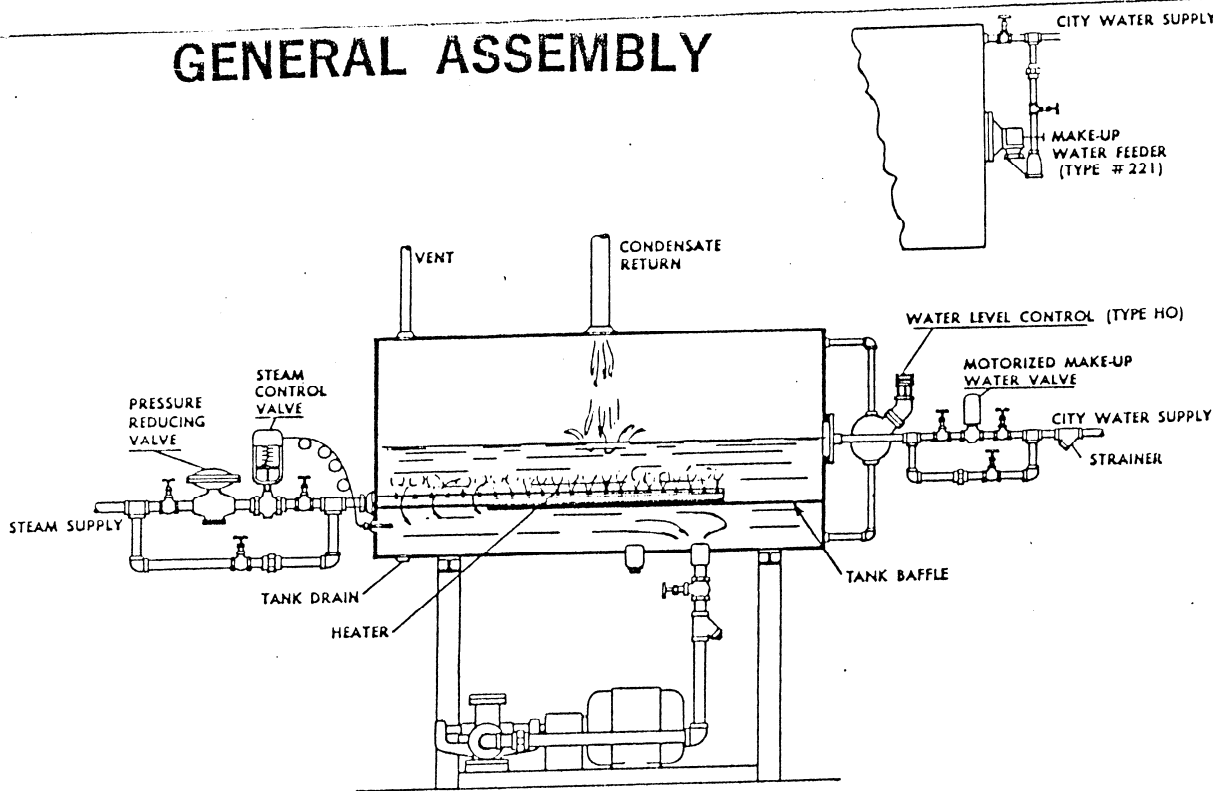


Figura 3.2 "TANQUE DE CONDENSADO"

PRECAUTIONS FOR OPERATION

Each Series 100/150 chemical feeder has been tested to meet prescribed specifications and certain safety standards. However, a few precautionary notes should be adhered to at all times. **THOROUGHLY READ ALL CAUTIONS PRIOR TO INSTALLING METERING PUMP.**



1. Protective fitting caps must be removed prior to installing tubing onto fitting assemblies.
2. Chemicals used may be dangerous and should be used carefully and according to warnings on the label. Follow the directions given with each type of chemical. Do not assume chemicals are the same because they look alike. Always store chemicals in a safe location away from children and others. We cannot be responsible for the misuse of chemicals being fed by the pump.
3. Always wear protective clothing (protective gloves and safety glasses) when working on or near chemical metering pumps.
4. Tampering with electrical devices can be potentially hazardous. Always place chemicals and feeder installation well out of the reach of children and others.
5. Be careful to check that the voltage of the installation matches the voltage indicated on the specification label. Each pump is equipped with a three prong plug. Whether plugging into a receptacle or wiring into a system, always be sure the feeder is grounded. If receptacle is utilized, to disconnect, do not pull wire but grip the plug with fingers and pull out.
6. Never repair or move the metering pump while operating. Always disconnect electrical current. Before handling the pump always allow sufficient time for the motor housing to cool off. Handling the pump too soon after shutdown may cause hand burns. For safety — use protective gloves.
7. All pumps are pretested with water before shipment. Remove head and dry thoroughly if you are pumping a material that will react with water, (i.e. sulfuric acid). Valve seats, ball checks, gaskets, and diaphragm should also be dried. Before placing feeder into service, extreme care should be taken to follow this procedure.
8. Arrows on the pump head and injection fitting indicate chemical flow. When properly installed, these arrows should be pointing upward.
9. When metering hazardous material DO NOT use plastic tubing. Strictly use proper rigid pipe. Consult supplier for special adaptors.
10. **Pump is NOT to be used to handle or meter flammable liquids or materials.**
11. Standard white polyethylene discharge tubing is not recommended for installations exposed to direct sunlight. Consult supplier for special black polyethylene tubing.
12. Manufacturer will not be held responsible for improper installation of pumps, or local plumbing conducted. All cautions are to be read thoroughly prior to hook-up and plumbing. For all installations a professional plumber should be consulted. Always adhere to local plumbing codes and requirements.
13. Note the maximum pressure rating of the metering pump. When used with pressurized systems, always be sure the pressure of the system does not exceed maximum pressure rating listed on the specification label.
14. Be sure to depressurize system prior to hook-up or disconnection of metering pump.

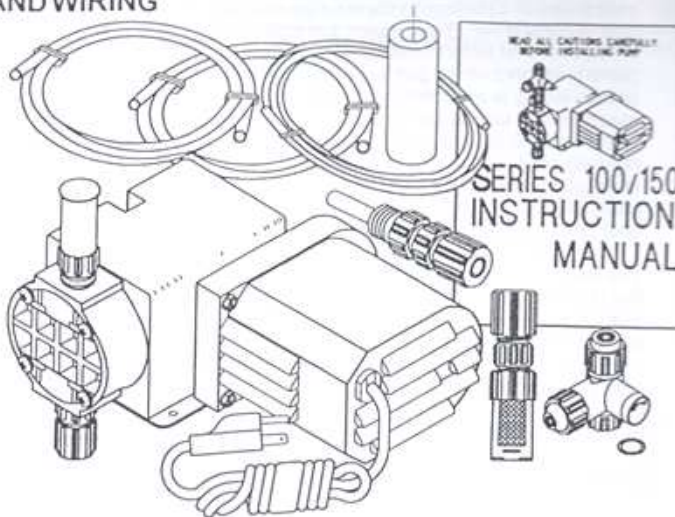
INSTALLATION, PIPING AND WIRING

UNPACKING, ASSEMBLING AND MOUNTING:

The carton should contain:

- Metering Pump
- 4' Clear Flexible Suction Tubing
- 4' Stiff White Return Tubing
- 8' Stiff White Discharge Tubing (Optional Tubing available from the factory)
- Back Check Valve Assembly
- Strainer Assembly w/Tube Weight
- Instructions
- Bleed Valve Assembly

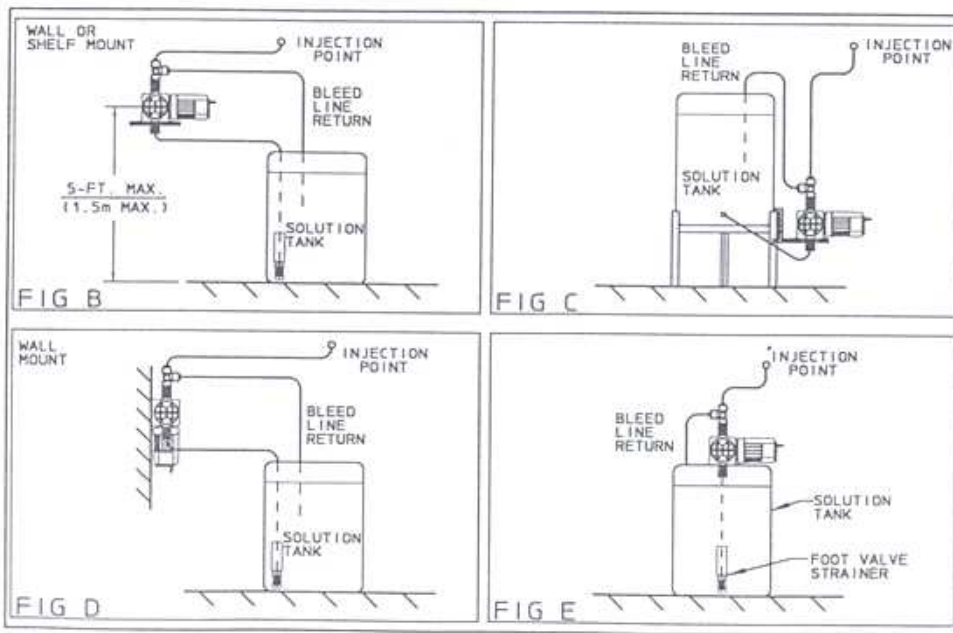
Feeder can be mounted on a wall shelf bracket (Figure B), tank stand platform (Figure C), directly on the wall (Figure D), or directly on the tank cover (Figure E).



IMPORTANT: Injection point must be higher than top of solution tank to prohibit gravity feeding. Maximum head in meters is 70mH₂O for Series 100 Model pumps and 42mH₂O for Series 150 Model pumps.

To mount the feeder directly on the wall, place the feeder base against the wall with the motor below the pumping head, remove four head mounting bolts, and turn head 1/4 turn so suction is in bottom position.

NOTE: Make sure the arrow on the outside of the pump head is pointing upward. The pump must be positioned so that the plug is accessible.



INSTALLATION INTO A WELL PUMPSYSTEM:

Make sure the voltage of the feeder matches the voltage of the well pump. Install the injection fitting into a tee which is installed into the water line going to the pressure tank. The end of the injection check valve should be in the main stream of the water line. A typical installation is shown in Figure H. For installation of pump for operating swimming pools, pump is to be supplied by an isolating transformer or thru an "RCD" (residual current device).

NOTE: It is recommended to install the injection assembly in a vertical position on the bottom side of the water line (Figure J). This will insure proper sealing of the injection assembly check valve and prevent a back flow into the feeder's discharge line. Be sure arrow on injection fitting is pointing upward.

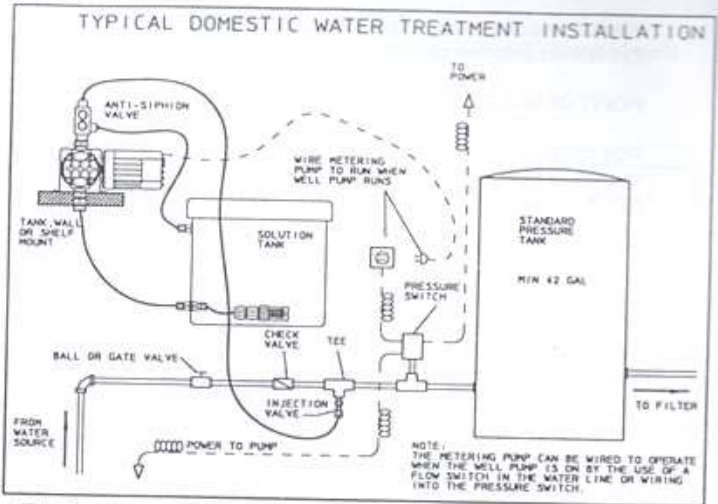


FIG. H

DOWN-THE-WELL INSTALLATION:

Often it is desirable to provide chemical feed near the intake of the well pump for additional retention time and mixing of the chemicals. An additional length of discharge tubing will be required for this installation. Secure the end of the discharge tubing to the pump cylinder, drop pipe, or foot valve and lower it into the well. An anti-siphon valve must be installed on systems such as this where the discharge is lower than the feeder and the chemical storage tank. Failure to install anti-siphon valve may allow siphoning to occur.

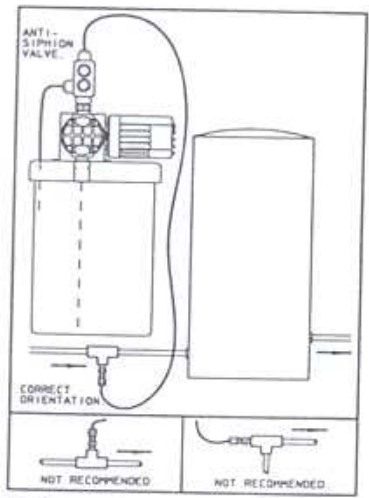


FIG. J

ANTI-SIPHON VALVE: (optional)

Under any installation condition where the possibility of siphoning or suction may occur on the discharge side of the pump, install an anti-siphon valve on the discharge side of the feeder. The anti-siphon valve is not part of the standard package. This item can be furnished by your dealer at extra cost.

PRESSURE RELIEF VALVE: (optional)

All Series 100/150 chemical pumps are rated to pump against a line pressure of 100 P.S.I. If the line pressure on an installation could fluctuate above 100 P.S.I., install a pressure relief valve on the discharge side of the pump head. Once the pressure reaches a certain level, the pre-set relief valve will return the solution being pumped back to the solution tank. This will prevent motor burnout or diaphragm rupture. The relief valve is not part of the standard package. This item can be furnished by your dealer at extra cost. Read relief valve instructions carefully before installing.

SERVICING AND REPAIRS

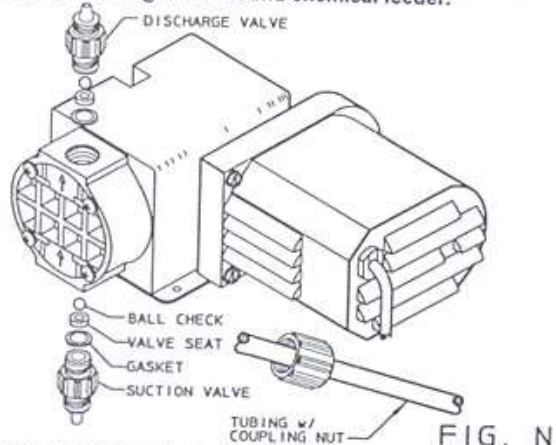
REPLACEMENT OF PUMP HEAD ASSEMBLY OR DIAPHRAGM:

CAUTION: Before performing any repairs on Series 100/150 chemical feeders, be sure to disconnect all electrical connections and relieve pressure from suction/discharge tubing.

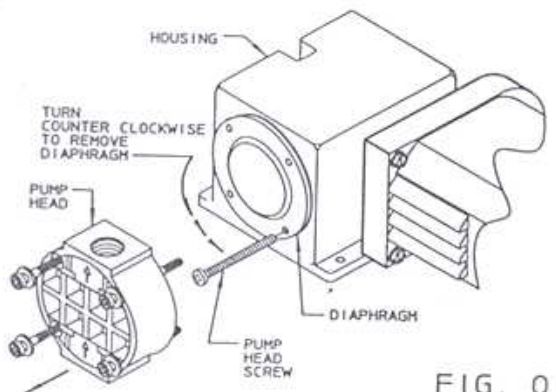
The Series 100/150 feeder was designed so that servicing can be quick and simple. Proper part replacement procedures are described below.

NOTE: Use protective gloves and safety glasses when working on or around chemical feeder.

1. Disconnect the tubing. Remove the suction valve and discharge valve being careful not to lose the ball checks and any other small parts. (Figure N)
2. Remove the four screws from the face of the head and remove the head.
3. Remove the diaphragm by inserting one or two of the head bolts into the holes of the diaphragm and turning counter-clockwise. (Figure O)
4. A new pump head or diaphragm should be installed if either is broken or cracked (see parts list at the end of this manual). The new pump head can be installed by going through the above steps in reverse.

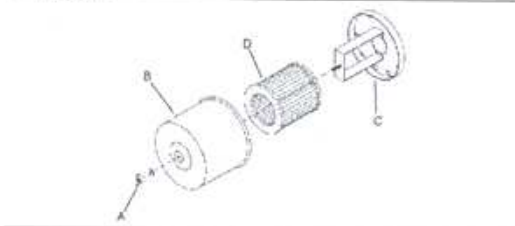


5. Be sure the drive bracket assembly is in the **fully retracted position** when installing the new diaphragm. Install the new diaphragm by screwing it in hand tight, then, back off one-fourth turn or until screw holes are lined up.
6. Replace the head and the head screws, being certain the discharge fitting is up. **NOTE:** Arrow on outside of pump head should be in vertical position pointing upward. Tighten the head screws evenly and carefully to prevent cracking the head.
7. Replace the suction and discharge fittings making sure all gaskets and valves are fitted properly. Do not use teflon tape or other sealants. **HAND TIGHTEN ONLY.** Restart the system as in the start up procedures (INSTALLATION).



INSPECCIÓN Y LIMPIEZA DEL FILTRO

1. Destornille y saque la tuerca mariposa (A) que fija la caja del filtro (B) a su base (C).
2. Saque la caja del filtro y retire el elemento de filtro antiguo (D). Limpie el elemento con un chorro de aire o un aspirador.
3. Reinstale el elemento de filtro y la caja apretando la tuerca mariposa.



CAMBIO DE ACEITE

1. Saque el tapón de drenaje de aceite (A) y deje que el lubricante se vacíe en un contenedor adecuado.
2. Vuelva a poner el tapón de drenaje de aceite.
3. Siga los procedimientos de llenado de la sección OPERACIÓN.

AJUSTE DE LA CORREA

COMPROBACIÓN DE LA TENSIÓN DE LA CORREA. Compruebe ocasionalmente la tensión de la correa, especialmente si sospecha aflojamiento. Las correas nuevas también se deben tensar adecuadamente en el momento de su instalación.

TENSADO DE CORREAS. Se puede lograr el tensado de la correa aflojando los tornillos de anclaje del motor, alejando el motor de la bomba y volviendo a apretar los tornillos de anclaje del motor. Algunas unidades están provistas de un perno de tensado de correa que, cuando se gira, aleja el motor de la bomba. Si no lo tienen, el motor se puede mover fácilmente colocando bajo él una herramienta a modo de palanca. También puede ser útil un separador disponible en el comercio u otro aparato para tensar correas.



Siga los procedimientos que se indican más abajo para ajustar y medir correctamente la tensión de la correa en los modelos con motor

eléctrico y motor a gasolina como el 2340, 2475 y 2545 (sólo con el tipo de correa "A"). Para una representación visual, consulte la siguiente ilustración.



1. Apoye un borde recto en la superficie exterior superior de la transmisión de la correa, desde la polea a la roldana.
2. Al centro del tramo, en forma perpendicular a la correa, aplique presión a la superficie exterior de la correa con un medidor de tensión. Fuerce correa a la flexión indicada en la TABLA DE TENSIÓN DE CORREA en la sección DIAGRAMAS Y TABLAS. Compare la lectura del medidor de tensión con la tabla.

Siga los procedimientos descritos más abajo para ajustar y medir correctamente la tensión en los modelos de 7,5 a 30 caballos de fuerza 2545, 7100, 15T y 3000 con tipos de correa "B" y "C".

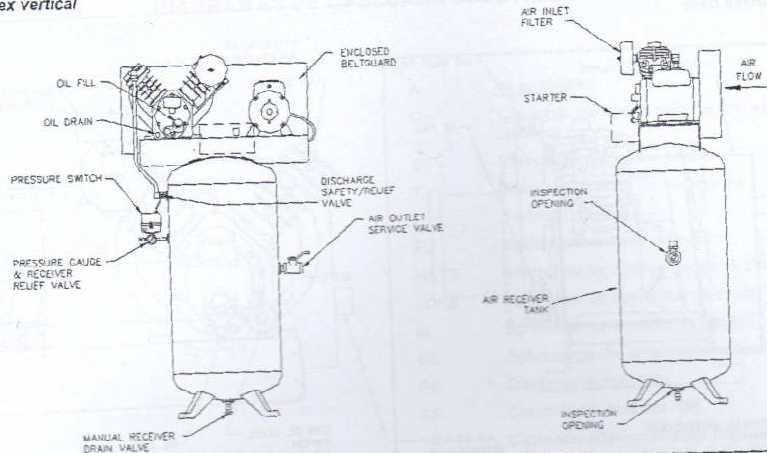
1. Mida la longitud del tramo (l) de la transmisión.
2. Determine la cantidad de flexión (en pulgadas) que se requiere para medir la fuerza de flexión (en libras) multiplicando la longitud del tramo (l) por 1/64. Por ejemplo, una longitud de tramo de 32" multiplicada por 1/64 equivale a 1/2" de flexión necesaria para medir la fuerza de la flexión.
3. Apoye un borde recto en la superficie exterior superior de la transmisión de la correa, desde la polea a la roldana.
4. Al centro del tramo, en forma perpendicular a la correa, aplique presión a la superficie exterior de la correa con un medidor de tensión. Fuerce correa a la flexión predeterminada que se calculó en el paso 2. Compare la lectura del indicador de tensión con la TABLA DE TENSIÓN DE CORREA en la sección DIAGRAMAS Y TABLAS.

Antes de volver a poner en marcha el compresor, compruebe que la polea y la roldana estén adecuadamente alineadas y que los tornillos de anclaje del motor se vuelvan a apretar adecuadamente.

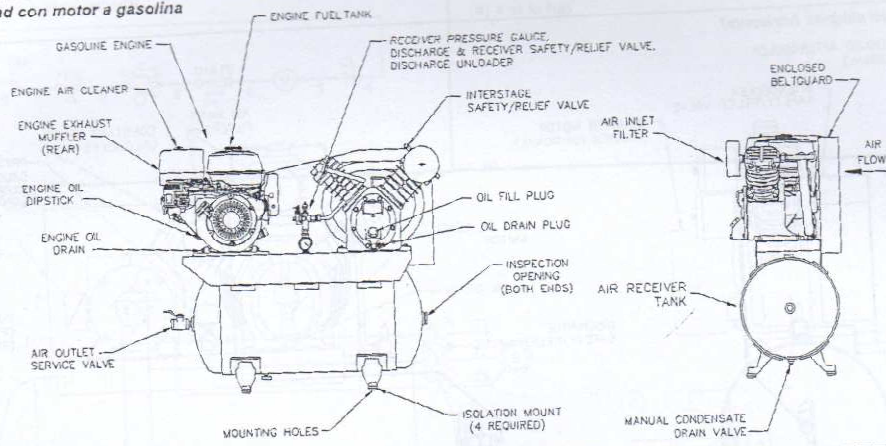
⚠ PRECAUCIÓN Una alineación de la polea y la roldana y tensión de la correa inadecuadas pueden generar una sobrecarga del motor, un exceso de vibración y la falla prematura de la correa y/o el rodamiento.

Para evitar estos problemas, compruebe que la polea y la roldana estén alineadas y que la tensión de la correa sea satisfactoria después de instalar correas nuevas o de tensar correas existentes.

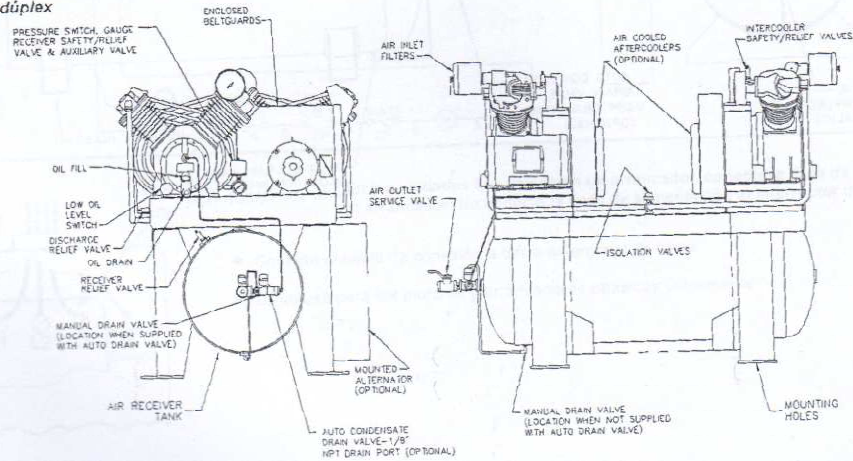
Tipica unidad simplex vertical



Tipica unidad con motor a gasolina



Tipica unidad dúplex



ANEXO VI
PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE LA CASA DE MÁQUINAS