

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS

RECINTO UNIVERSITARIO RUBEN DARÍO (RURD)

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA



CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL Y SISTEMAS

SEMINARIO DE GRADUACION

TEMA: PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PLANIFICADO DEL SISTEMA DE VAPOR EN EL ÁREA DE LAVANDERÍA DEL HOSPITAL MILITAR ALEJANDRO DÁVILA BOLAÑOS, EN EL PERIODO COMPRENDIDO DE ENERO A JUNIO DEL 2014.

TUTOR:

ING. EDWIN FARIÑAS.

INTEGRANTES:

BR: LEVY ELIEZER TERCERO CHÁVEZ.

BR: BISMARCK ALBERTO GÁMEZ SOLÍS.

Fecha: Managua 02 Septiembre de 2014.



**EJÉRCITO DE NICARAGUA
CUERPO MÉDICO MILITAR
SUB DIRECCION DOCENTE**

*S. b. Dr. Duarte
J' p' c
J' Lavandaria
p' SI*

Vo. Bo. [Signature]



Managua, 07 de mayo del 2014

Teniente Coronel (CMM)
PEDRO MARTÍNEZ DUARTE.
Sub Director Administrativo – Financiero
Su despacho

Estimado Tnte. Coronel Martínez:

Por este medio le remito carta del Director del Departamento de Tecnología de la Facultad de Ciencia e Ingeniería UNAN-Managua, donde solicita autorización para que 2 estudiantes del último año de la carrera de Ingeniería Industrial realicen un estudio el cual se enfocará en presentar una "Propuesta de Plan de mantenimiento preventivo planificado del sistema de vapor en el área de lavandería del Hospital Militar Escuela "Dr. Alejandro Dávila Bolaños".

Quedando a su disposición en autorizar la realización de dicho estudio por ser un área subordinada a usted.

Sin más a que referirme, le saludo.

Atentamente,

Teniente Coronel

DR. MARCO SALAS CRUZ
Sub Director Docente
Cuerpo Médico Militar



*Walter Miranda
Edgual Potosome
Apoyor
08/05/14
[Signature]*

Cc. Archivo

*NOTA: PERMITIR ENTRADA
AL HOSPITAL, CUALQUIER
HORA.*



[Handwritten signature]

*07/05/14
[Handwritten notes]*



AGRADECIMIENTO

A Dios primeramente por habernos dado la vida e iluminación de nuestras mentes para poder sobreponernos a este reto, en el cual gracias a él llega a su culminación.

A toda nuestras familias, por su apoyo incondicional e impulso moral que Supieron brindarnos en todo momento, para concluir y alcanzar tan Anhelada meta.

Al “Hospital Alejandro Dávila bolaños” por su apertura y colaboración Irrestricta y en especial al departamento administrativo.

A la Universidad y en ella especialmente a nuestro tutor de seminario de graduación Ing. Edwin fariñas porque supo orientarnos no solo como Maestro y tutor sino como amigo.



DEDICATORIA

El presente trabajo de graduación, lo dedicamos a Dios todopoderoso, por habernos iluminado y acompañado siempre, proporcionándonos la fortaleza y la sabiduría necesaria para continuar en los momentos más difíciles de nuestras vidas.

A nuestros padres que nos ayudaron en todo momento y a nuestras tías que nos dieron posada para poder estudiar aquí en Managua.



INDICE

I.RESUMEN 9

II.INTRODUCCIÓN 10

III. ANTECEDENTES 11

IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 12

V. JUSTIFICACIÓN 13

VI. OBJETIVOS 14

 Objetivo General: 14

 Objetivos Específicos:..... 14

VII. GENERALIDADES DE LA EMPRESA. 15

VIII. MARCO REFERENCIAL 18

 A. MARCO TEORICO..... 18

 1. Mantenimiento..... 18

 2. Ciclo de Rankine..... 21

 3. Vapor 21

 4. Caldera 23

 4.2 Componentes básicos de un sistema de vapor. 28

 5. Combustión..... 33

 6. Diagrama de procesos 35

 7. Análisis de criticidad..... 36

 8. Costos de mantenimiento 41

 B. MARCO CONCEPTUAL 43

 C. MARCO ESPACIAL..... 46

 D.MARCO TEMPORAL 47

IX. PREGUNTAS DIRECTRICES 48

X. DISEÑO METODOLOGICO 49

 A. TIPO DE ENFOQUE..... 49

 C. TIPO DE INVESTIGACION..... 49

 C. UNIVERSO 49

 D. POBLACION 49

 E. MUESTRA..... 49



F. TECNICAS DE RECOPIACION DE DATOS	50
G. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	51
XI. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS.	52
1. DESCRIPCIÓN DE CONDICIONES ACTUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE VAPOR.....	52
2. ANÁLISIS DE CRITICIDAD.	61
3. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PLANIFICADO.....	67
4. COSTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PLANIFICADO	86
XII. CONCLUSIONES	91
XIII. RECOMENDACIONES.....	92
XIV. BIBLIOGRAFIA.....	93
XV. ANEXOS	94



INDICE DE TABLAS

TABLA 1. TEMPERATURA DE LLAMA SEGÚN COLOR DE COMBUSTIÓN.	34
TABLA 2. CONDICIONES SEGUN PUNTUACION DE FACTORES	38
TABLA 3. MATRIZ GENERAL DE CRITICIDAD (MGC).	39
TABLA 4. PONDERACIÓN DE VALORES.	40
TABLA 5. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE VAPOR.	54
TABLA 6. ACTIVIDADES GENERALES REALIZADAS AL SISTEMA DE VAPOR.	60
TABLA 7. ACTIVIDADES REALIZADAS POR EL PERSONAL DE CONTRATACIÓN.	61
TABLA 8. FACTORES PONDERADOS.	61
TABLA 9. MATRIZ DE CRITICIDAD DEL SISTEMA DE VAPOR. (CALDERA YORK SHIPLEY)	62
TABLA 10. RECOMENDACIÓN DE INICIO DE CICLO.	65
TABLA 11. CARACTERIZACIÓN DEL TIPO DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE VAPOR.	66
TABLA 12. REVISIONES DEL SISTEMA DE VAPOR	72
TABLA 13. REPARACIONES PEQUEÑAS DEL SISTEMA DE VAPOR.	75
TABLA 14. REPARACIONES MEDIANAS DEL SISTEMA DE VAPOR.	78
TABLA 15. FALLAS MÁS COMUNES DEL SISTEMA DE VAPOR.	82
TABLA 16. RESUMEN DE COSTOS DE MANTENIMIENTO.	90
TABLA 17. FICHA TÉCNICA CALDERA YORK SHIPLEY INC.	94
TABLA 18. FICHA TÉCNICA CALDERA FULTON.	95
TABLA 19. FICHA TÉCNICA MOTOR Y BOMBA DE AGUA 1.	95
TABLA 20. FICHA TÉCNICA MOTOR Y BOMBA DE AGUA 2.	96
TABLA 21. FICHA TÉCNICA DE TANQUE DE CONDENSADO.	96
TABLA 22. FICHA TÉCNICA DE SUAVIZADOR DE AGUA.	97
TABLA 23. FICHA TÉCNICA BOMBA DE LÍQUIDO ANTICORROSIVO.	97



INDICE DE FIGURAS.

FIGURA 1. ESTRUCTURA ORGANIZATIVA GENERAL HOSPITAL ALEJANDRO DÁVILA BOLAÑOS..... 16

FIGURA 2. ESTRUCTURA ORGANIZATIVA SUB-DIRECCIÓN ADMINISTRATIVA DE HOSPITAL ALEJANDRO DAVILA BOLAÑOS. 17

FIGURA 3. DISTRIBUCIÓN Y USO DEL VAPOR. 23

FIGURA 4. CALDERA PIROTUBULAR..... 25

FIGURA 5. CALDERA ACUATUBULAR. 26

FIGURA 6. OTROS ELEMENTOS DE LA CALDERA..... 31

FIGURA 7. ACCIONES QUE TIENEN LUGAR DURANTE UN PROCESO DADO. 35

FIGURA 8. VISTA SATELITAL HOSPITAL MILITAR ALEJANDRO DÁVILA BOLAÑOS. 46

FIGURA 9. DIAGRAMA DE PROCESO DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE VAPOR. 58

FIGURA 11. CICLO DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE VAPOR. 70

INDICE DE FOTOS.

FOTO 1. CALDERA YORK SHIPLEY. INC 102

FOTO 2. CALDERA VERTICAL FULTON. 102

FOTO 3. MOTOR Y BOMBA DE AGUA 1 103

FOTO 4. MOTOR Y BOMBA DE AGUA 2 103

FOTO 5. TANQUE DE CONDENSADOS. 104

FOTO 6. TANQUE DE COMBUSTIBLE. 104

FOTO 7. SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA. 105

FOTO 8. CONTROLES DE ARRANQUE DE BOMBAS DE AGUA..... 105

FOTO 9. CONTROL DE ARRANQUE DE CALDERA YORK SHIPLEY ,INC. 106

FOTO 10. TUBERIAS DE DISTRIBUCIÓN Y CONDENSADO DEL SISTEMA DE VAPOR. 106

FOTO 11. ÁREA DE LAVANDERÍA..... 107



LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
HP	Caballos de fuerza (<i>Horse Power</i>)
GPH	Galones por hora
°C	Grados Centígrados
PH	Indicador de acidez
kg/h	Kilogramos por hora
kg/cm²	Kilogramos sobre centímetro al cuadrado
kPa	Kilo pascuales
kVA	Kilo voltamperios
kW	Kilowatts
h	horas
Lb/h	Libras por hora
Psi	Libras por pulgada cuadrada
L/min	Litros por minuto
MPP	Mantenimiento preventivo planificado



I.RESUMEN

El Hospital Alejandro Dávila Bolaños surge en 1979 como pequeño puesto de salud por parte de la cruz roja que brindaba atención médica a militares. Actualmente tiene un personal calificado en diferentes ramas de medicina como son: estimulación eléctrica del callo óseo, artroscopia, artroplastias y cirugía laparoscópica; y otras. Este atiende a asegurados del INNS, militares, lisiados de guerra y público en general; también es destacado por tener buena tecnología en sus instalaciones. Dentro de estas tecnologías se encuentra el sistema de vapor compuesto por dos calderas. Este fue el centro de estudio para proponer un plan de mantenimiento preventivo planificado para el mismo.

La falta de un mantenimiento preventivo planificado en el Sistema de Vapor implica fallas inesperadas, lo que afecta a las maquinas consumidoras y por ende a los clientes del hospital, a su vez estas fallas incitan a aumento de costos de reparación, reduciendo la vida útil de los equipos y por lo tanto afecta a todo el hospital en general.

La realización de la propuesta fue llevada a cabo en el área de lavandería que fue nuestra población tomando como muestra el sistema de vapor, de este modo se procedió a la investigación por medio de entrevistas y observación directa, además de recolectar investigación acerca de actividades de mantenimiento realizados y costos.

Al realizar el análisis de criticidad, se encontró que el sistema de vapor presenta un **44%** de criticidad, lo que indica que dicho sistema está en riesgo que suceda una o más falla. El estado técnico del sistema de vapor es de **85%**, esto indica que se debe realizar una reparación pequeña antes de iniciar el ciclo de mantenimiento

Se elaboró el programa de mantenimiento tomando las diferentes actividades con sus frecuencias de aplicación, estas fueron revisiones cada **780 h**, reparaciones pequeñas cada **1560 h**, reparaciones medianas cada **3120 h** y reparación general cada **31200 h** y por último se determinaron los costos de mantenimiento de este sistema los cuales ascienden a **\$ 10.068.81** anuales.



II.INTRODUCCIÓN

Actualmente, las empresas del sector industrial de Nicaragua, presentan mantenimientos industriales del tipo correctivo, debido a que no cuentan con un adecuado presupuesto económico, políticas de desarrollo integral, almacenamiento de stock, entre otros, para garantizar la vida útil de las maquinas, equipos y accesorios que forman parte de la inversión inicial de la empresa.

Uno de los principales sistemas tecnológicos que requieren de un MPP, es el sistema de vapor, del área de lavandería del hospital Alejandro Dávila Bolaños, el sistema de vapor está constituido de dos calderas de tipo pirotubular, trampas de purga, tuberías de distribución, bombas de suministro de agua y combustible, consumidores y accesorios, requiriendo de recursos directos para su debida operación como aire (oxígeno), agua y combustible, así como indirectos de mano de obra en operación y asistencia técnica.

Por esta razón, es necesario elegir un plan de mantenimiento preventivo, de tal manera que las calidades del vapor y eficiencia de la caldera sean las mejores en base a su diseño de fábrica y en condiciones adecuadas de instalación y uso, permitiendo así obtener funcionalmente un flujo constante de calor para esterilizar y secar, prendas y accesorios de uso de los pacientes.

Las condiciones actuales en materia de mantenimiento industrial, que se efectúan en el área de lavandería del hospital, es del tipo correctivo, el cual evidencia la falta de una adecuada programación del mantenimiento, de seguridad operacional del sistema de vapor y de una administración del recurso. Al seguir operando de esta manera originara gastos de mantenimiento muy altos por lo que podría ser necesaria la contratación de reparación externa además de originar paros operativos los cuales afectarían al servicio de los pacientes.

Por lo antes mencionado, es necesario proponer un mantenimiento preventivo planificado en el sistema de vapor de dicho hospital, que contenga estrategias de planificación, dirigidas a la manutención y operación del sistema de vapor, a través del ciclo de mantenimiento, que determine el nivel de disponibilidad a partir del análisis de criticidad y de reestructurar la tabla de costos de mantenimiento.



III. ANTECEDENTES

Conforme a los últimos años se han creado filosofías de mantenimiento que de una u otra forma benefician a las empresas y como toda institución el Hospital Alejandro Dávila Bolaños ha invertido en mejorar su eficiencia.

Dentro de las políticas administrativas del hospital, se han tomado en cuenta, mejorar el sistema de gestión de mantenimiento de su organización, con estudios relacionados a perfeccionar las buenas prácticas de mantenimiento.

Para el año 2012, dentro del hospital se realizó una Auditoria de Mantenimiento Industrial ejecutada por estudiantes de la carrera de ingeniería industrial y de sistemas de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-Managua), titulada “Diagnóstico de mantenimiento en el área de lavandería del Hospital Militar Alejandro Dávila bolaños”, teniendo como objetivo principal describir la gestión actual del mantenimiento.

En esta auditoría de evaluó el desempeño de las áreas más importantes que forman parte del proceso de gestión del mantenimiento dentro de estas se encuentran los siguientes resultados: organización general del mantenimiento, 74%, personal 82 %, ingeniería mantenimiento preventivo 60%, preparación y Planificación 60 %, contratación 61 %, presupuesto y control de costos 72% y eficiencia con productividad 88%.

En este diagnóstico se obtuvo un promedio total de todas las áreas estudiadas de 73.6%, con este resultado podemos ver que la gestión de mantenimiento se encuentra en buenas condiciones aunque mejorables, por lo tanto existe la fase de mantenimiento preventivo que la que conviene desarrollar en el tema de investigación.



IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema de investigación, radica en la falta de un plan de mantenimiento preventivo planificado en el sistema de vapor del área de lavandería del Hospital, lo cual repercute en paros de máquinas del sistema de vapor, esto por ende afecta a los equipos consumidores y genera tiempos ociosos de trabajo, costos extras de mantenimiento, reducción de la vida útil de los equipos y prendas de los pacientes no conformes.

Por otro lado podemos decir que no se cuenta con un programa de actividades de mantenimiento lo que incide en el descontrol de trabajo para la realización de tareas, ya sean de revisiones o reparaciones. Además se carecen de registros de frecuencias de fallas y bitácoras de mantenimiento.

Por tanto al no contar con una estructura o ciclo de mantenimiento para el sistema, lógicamente causan costos adicionales, estos pueden ser costos variables, costos de refacciones o costos por sobrecargos de trabajo. Esto afecta no solo al área de producción sino también a todo el hospital en el aspecto económico.

La exención de un plan de mantenimiento de esta índole, por el personal técnico del hospital, limita el conocimiento científico de medidas previas al uso y explotación de las tecnologías disponibles, así como de las medidas posteriores al mantenimiento preventivo (mantenimiento predictivo), en el sistema de vapor.



V. JUSTIFICACIÓN

Un programa de mantenimiento preventivo dirigido al sistema de vapor del área de lavandería del hospital, permitirá elaborar una adecuada y correcta planificación, disminuir costos por subcontratación de mantenimiento, incrementar la calidad de mano de obra, sobrepasar las expectativas de vida útil de las maquinas, equipos y dispositivos además de garantizar un stock de repuestos en almacén.

Por tal razón, es importante realizar dicho estudio que permita categorizar y determinar la criticidad del sistema con el fin de proporcionar el tipo de mantenimiento y el tipo de reparación, de esta manera aplicar el esfuerzo necesario para que el hospital no incurra en gastos extraordinarios.

Por otra parte se obtendrá el ciclo de mantenimiento para dar así origen a un plan de mantenimiento que permita al personal definir cada cuanto tiempo será intervenido el sistema de vapor, además de controlar el número de frecuencias de fallas ayudando al personal técnico de mantenimiento a dirigir las órdenes de compra de los repuestos.

Además brinda herramientas técnicas y conocimiento científico de medidas referente al manejo y aplicación del mantenimiento que ayude a los técnicos a fortalecer sus competencias, previas al uso y explotación de las máquinas , para poder así tener bases para la futura implementación de las medidas posteriores al mantenimiento preventivo tales es el (mantenimiento predictivo), en el sistema de vapor.

Por otro lado dicho plan de mantenimiento ayudara a conocer de manera estimada los costos de mantenimiento, los cuales servirán para proporcionar un presupuesto de mantenimiento para el sistema de vapor.



VI. OBJETIVOS

Objetivo General:

- Contribuir al incremento de la disponibilidad y eficiencia del sistema de vapor del área de lavandería del Hospital Militar Alejandro Dávila Bolaños.

Objetivos Específicos:

- Describir las condiciones actuales de operación y mantenimiento de los equipos y componentes del sistema de vapor del área de lavandería.
- Determinar el tipo de mantenimiento que requiere el sistema de vapor según su estado de criticidad.
- Planificar las estrategias de mantenimiento del sistema de vapor a partir de los ciclos de reparación de las máquinas.
- Estimar los costos de mantenimiento del sistema de vapor en base a las actividades del mantenimiento preventivo.



VII. GENERALIDADES DE LA EMPRESA.

El hospital Militar Alejandro Dávila Bolaños surge en 1979 cuando recibió de la cruz roja internacional las instalaciones que integro la red de salud del naciente ejército de Nicaragua, cabe destacar que ya contaban con un personal médico que asistían a los combatientes militares. Al paso de los años el hospital fue mejorando en su infraestructura, en los equipos médicos, preparación del personal médico (como ejemplo la integración de profesionales graduados de la UNAN-Managua desde 1979 a 1990 que ofrecieron asistencia en los batallones ubicados en zonas de guerra).

En la actualidad dicho hospital es una institución del ejército de Nicaragua que brinda atención médica a pacientes tales como militares, los oficiales retirados, los de salud provisional del INSS y público en general que demandan sus servicios; consta con un personal altamente calificado e intelectualmente preparado en las diferentes áreas que han sido seleccionados como criterios rígidos para formar parte del equipo de trabajo, también es caracterizado por tener personal especialista en diferentes ramas de la medicina como son: estimulación eléctrica del callo óseo, artroscopia, artroplastias, cirugía laparoscópica y otras. Se a logrado ampliar y modernizar nuevas áreas de atención como: emergencia de adulto y pediatría, unidad de cuidados intensivos y la unidad de cuidados coronarios. Se ha obtenido equipamiento de punta entre los que destacan: Tomógrafo, resonancia magnética y ultrasonido.

El hospital Dávila Bolaños se abastece de proveedores tales como SINTER (empresa de materiales eléctricos como aire acondicionados y todo lo relacionado al sistema eléctrico estructural del hospital), GENCO (abastecedora de equipos médicos de quirófano, equipos de rehabilitación y observación, equipos de ginecología y obstetricia, muebles médicos y equipos de neurología),

Propuesta de MPP en el Sistema de Vapor del Hospital Alejandro Dávila Bolaños.



MEDIHOSPITAL (suplicadora de artículos médicos) y Productos del Aire (abastecedor de aire comprimido, oxígeno nitroso, acetileno y oxígeno).

Es destacado como uno de los hospitales de Nicaragua con más prestigio profesional, ya que consta con una tecnología de punta y servicios médicos altamente complejos, esto los ha mantenido en segundo lugar lo cual ha motivado a seguir mejorando cada día para brindar la más alta calidad de servicios a sus usuarios.

En el siguiente organigrama se observa la estructura organizativa general del Hospital Militar, en donde este es totalmente controlado por el alto mando militar. En esta estructura organizativa se puede encontrar el departamento de subdirección administrativa-financiera en donde se encuentra el área de mantenimiento.

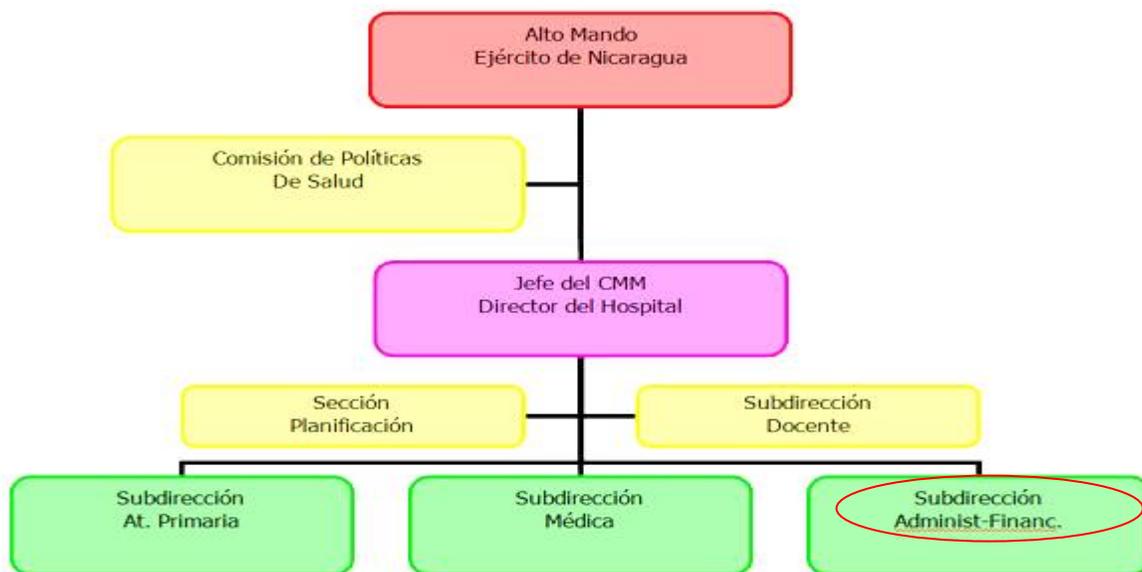


Figura 1. Estructura organizativa general Hospital Alejandro Dávila Bolaños.

Fuente: Recursos Humanos Hospital Militar.

Propuesta de MPP en el Sistema de Vapor del Hospital Alejandro Dávila Bolaños.



A continuación se presenta la estructura organizativa de Sub-Dirección administrativa, en esta estructura se encuentra el área de mantenimiento, la cual es supervisada por el jefe administrativo, cabe destacar que el área no posee un organigrama propio.

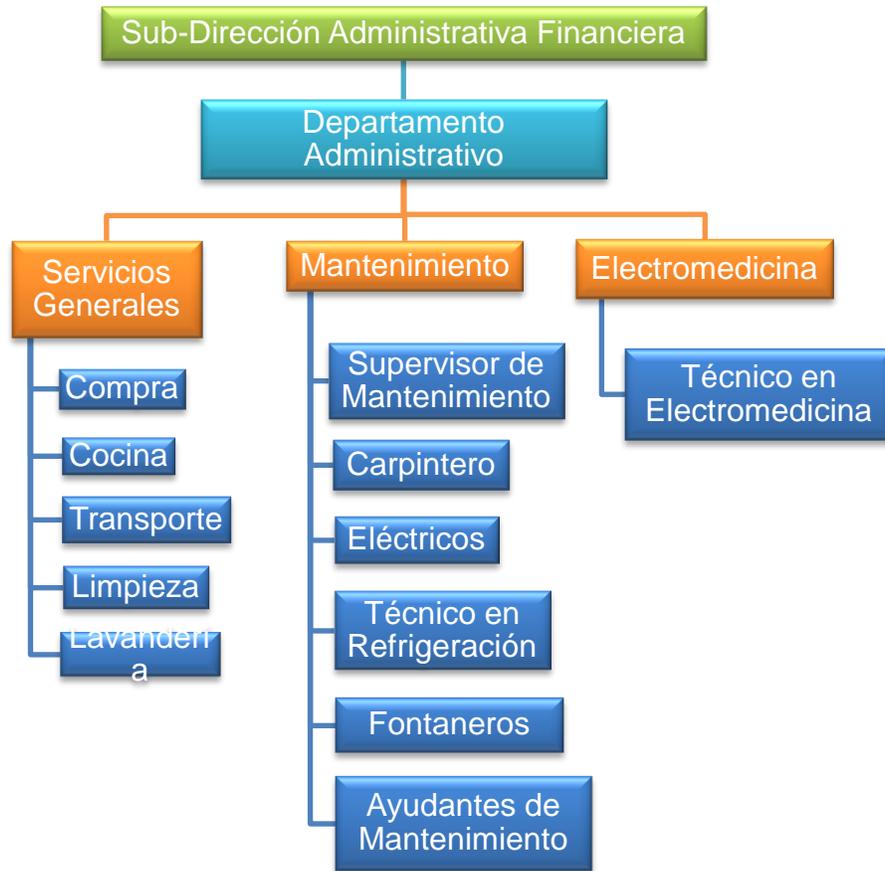


Figura 2. Estructura Organizativa sub-Dirección Administrativa de Hospital Alejandro Davila Bolaños.

Fuente: Recursos humanos Hospital Militar.



VIII. MARCO REFERENCIAL

A. MARCO TEORICO

1. Mantenimiento.

El mantenimiento ha jugado un papel importante no solo en la industria, sino en situaciones cotidianas de nuestra vida. Lo que realmente se desea lograr es mantener el bien en buenas condiciones, capaz de prestar un servicio cuando lo necesitemos con el menor costo posible. Dichas actividades requieren factores económicos, humanos, y tiempo para llevarlo a cabo. (Vegas, 2009).

Mantenimiento es la actividad humana que garantiza la existencia de un servicio dentro de una calidad esperada. Cualquier clase de trabajo hecho en sistemas, subsistemas, equipos máquinas, etc., para que estos continúen o regresen a proporcionar el servicio con calidad esperada, son trabajos de mantenimiento, pues están ejecutados con este fin. (Zapata, 2009).

Para realizar el mantenimiento, es necesario contar con una planificación y organización, como base, para mantener el servicio deseado al menor costo posible. Por tradición se ha observado que los ingenieros y técnicos en mantenimiento, les dan una mayor importancia a los aspectos de tipo técnico y como un plano secundario a los administrativos y logísticos lo que conlleva a bajo nivel de servicio, alto costo y demasiadas tensiones y fricción en la ejecución del trabajo. (Vegas, 2009)

Actualmente se han clasificado los mantenimientos por tipos, entre los cuales están:

- Mantenimiento correctivo.
- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento predictivo.



El mantenimiento correctivo

Como su nombre lo indica se refiere a corregir una falla en cualquier momento que se presente. (Vegas, 2009).

Lo que se quiere lograr es corregir el problema lo más antes posible con el menor costo, sin embargo, el servicio fue afectado sin previo aviso lo cual genera desconcierto.

Dependiendo de la complejidad del equipo, así como la antigüedad del mismo, el mantenimiento irá incrementándose, por la existencia de un mayor desgaste en función del tiempo, lo que traería como consecuencia un mayor número de paros y un mayor número de personal encargado de éste.

Mantenimiento preventivo.

Este tipo de mantenimiento surge de la necesidad de rebajar el correctivo y todo lo que representa. Pretende reducir la reparación mediante una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de los elementos dañados (Zapata, 2009)

La programación de inspecciones, tanto de funcionamiento como de seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación, calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica en base a un plan establecido y no a una demanda del operario o usuario; también es conocido como Mantenimiento Preventivo Planificado – MPP. Su propósito es prever las fallas manteniendo los sistemas de infraestructura, equipos e instalaciones productivas en completa operación a los niveles y eficiencia óptimos. (Zapata, 2009).

La característica principal de este tipo de mantenimiento es la de inspeccionar los equipos y detectar las fallas en su fase inicial, y corregirlas en el momento oportuno. (Soza, 2008).

Con un buen mantenimiento preventivo, se obtiene experiencias en la determinación de causas de las fallas repetitivas o del tiempo de operación seguro



Propuesta de MPP en el Sistema de Vapor del Hospital Alejandro Dávila Bolaños.

de un equipo, así como definir puntos débiles en instalaciones y maquinas, etc. (Soza, 2008).

Según CESETA, Las operaciones que se realizan en el ciclo de mantenimiento están divididas en 4 categorías: Revisión (R), reparación pequeña (P), reparación mediana (M), y reparación general (G).

Cada tipo de ciclo tiene su estructura propia, la cual fija el número y los tipos de revisiones y reparaciones que se realizaran en el equipo dado.

Fases del mantenimiento preventivo planificado

De acuerdo con Abarca Soza (2008). El mantenimiento preventivo cuenta con cuatro fases.

1-Inventario técnico, con manuales, planos, características de cada equipo.

2-Procedimientos técnicos, listados de trabajos a efectuar periódicamente.

3-Control de frecuencias, indicación exacta de la fecha a efectuar el trabajo.

4-Registro de reparaciones, repuestos y costos que ayuden a planificar.

Mantenimiento predictivo

Para llevar a cabo este mantenimiento es necesario realizar mediciones mediante ensayos no destructivos. Los instrumentos utilizados para realizar este tipo de mantenimiento son de un alto costo, sin embargo hay que destacar que la mayoría de las inspecciones se realizan cuando la maquina esta en operación, esto no causa paros en la misma. (Vegas, 2009).

En este tipo de mantenimiento se utilizan técnicas instrumentos avanzados tales como de desgaste, el espectrofotómetro de absorción atómica y de espesor con ultrasonidos.



2. Ciclo de Rankine.

Uno de los principales procesos termodinámicos que describe el principio de funcionamiento de una caldera es el ciclo de Rankine.

El ciclo Rankine es un ciclo de potencia representativo del proceso termodinámico que tiene lugar en una central térmica de vapor. Utiliza un fluido de trabajo que alternativamente evapora y condensa, típicamente agua (si bien existen otros tipos de sustancias que pueden ser utilizados, como en los ciclos Rankine orgánicos). Mediante la quema de un combustible, el vapor de agua es producido en una caldera a alta presión para luego ser llevado a una turbina donde se expande para generar trabajo mecánico en su eje (este eje, solidariamente unido al de un generador eléctrico, es el que generará la electricidad en la central térmica).Wikipedia. (2014,mayo).Ciclo Rankine. Consulta: 28 de mayo de 2014, de http://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_de_Rankine.

3. Vapor ¹

El vapor se refiere a la materia en estado gaseoso. En la actualidad hay diferentes tipos de vapores. Pero el común es el que resulta del agua calentada hasta el punto de ebullición bajo una presión constante, lo cual provoca que se vaporice. En años recientes, los alcances del uso de este vapor generado por agua se han ampliado ahora no solo se utiliza en las industrias, sino la manera doméstica como en el caso de hornos y limpiadores de vapor.

El vapor es generado en una caldera a partir de la utilización de un combustible, habitualmente derivado del petróleo o biomasa, como medio para generar la energía, para transformar el agua en vapor a determinada presión y temperatura. Luego de ser generado y debido a la presión, puede ser transportado al equipo o proceso consumidor sin necesidad de utilizar algún medio mecánico como una bomba.

¹ http://www.aredigital.gov.co/produccionlimpia/documents/guias/guia_manejo_calderas.pdf



3.2 Usos del vapor

El vapor en el punto de consumo puede ser utilizado para transferir energía en forma de calor en algún proceso de calentamiento. Esta transferencia de calor (calor latente) se basa en la liberación de energía debido al cambio de fase del agua de vapor a líquida (condensado).

El vapor también puede ser utilizado para generar trabajo, aprovechando la presión del vapor generado en la caldera para producir movimiento. Es fácil de transportar por medio de una red de tuberías y es un excelente medio de transporte de energía, aunque también presenta algunas limitantes como la generación de condensado en las redes, en muchas ocasiones con problemas de corrosión. Adicionalmente el agua con que se genera el vapor debe presentar determinadas características en cuanto a calidad, siendo necesario adecuarla utilizando sustancias químicas.

La distribución de los distintos tipos de vapor está asociada a las condiciones de temperatura y presión. Las aplicaciones principales de vapor pueden ser a groso modo divididas en aplicaciones de calentamiento / humidificación y en aplicaciones de impulso/motrices. La Figura 3 presenta las distribuciones de vapor de acuerdo con el uso.

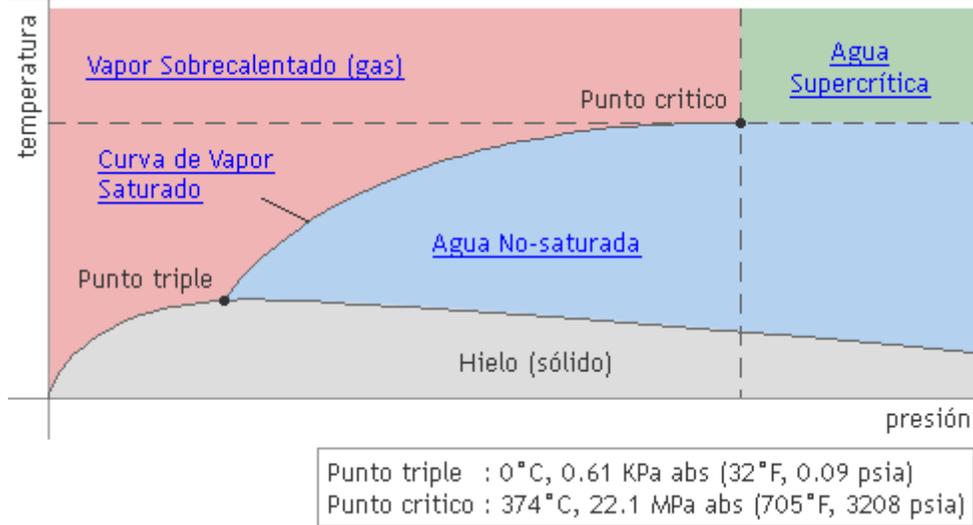


Figura 3. Distribución y uso del vapor.

Fuente: ARGENTINA, TLV Compañía especialista en vapor. Tipos de vapor y sus aplicaciones. <http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/types-of-steam.html> [consulta: 16/05/14].

En el punto triple el agua se encuentra a 0°C y una presión de 0.61 kPa, esta se encuentra en estado sólido, a medida que se le suministra calor este se transforma en una mezcla de agua y hielo, lo cual se describe por la curva de vapor saturado, en donde el agua no saturada se convierte en vapor hasta llegar a su punto crítico en donde la sustancia cambia de estado hasta llegar al estado gaseoso como vapor sobrecalentado a los 374°C de temperatura y 1MPa de presión.

4. Caldera

Una caldera es una máquina térmica que produce vapor a una presión generalmente mayor que la atmosférica. A la máquina ingresa energía (aire combustible), ésta se transfiere a la sustancia de trabajo (frecuentemente agua), efectuándose el proceso de evaporación. El mecanismo de transferencia de calor depende del tipo de caldera.



4.1 Tipos de calderas

Para los procesos que requieren vapor, es indispensable conocer la manera como éste se usará; es decir, como medio de transporte de energía de un lugar a otro o para producir trabajo, como se señaló anteriormente; también será necesario conocer el tipo de caldera en la que se produce el vapor. Finalmente, será preciso conocer la manera como los usuarios finales requieren el vapor, si es de forma indirecta o directa. Dadas todas estas condiciones, será posible definir el tipo de caldera para producir el vapor requerido.

4.1.1 Por la disposición de los fluidos

Calderas Pirotubulares

En las calderas pirotubulares, como se aprecia en la Figura 4, los gases circulan por dentro de los tubos y transfieren su energía al agua que los circunda. Pueden ser puestas en marcha rápidamente, son de mayor tamaño, peso y costo que las Acuotubulares, y deben ser alimentadas con agua de gran pureza. De acuerdo con la presión, se pueden subdividir en calderas de baja presión (0 - 60 psi), de media presión (60 - 150 psi) y de alta presión (150 - 300 psi).

La combustión se realiza generalmente en la parte frontal de la caldera. Los gases calientes circulan por el tubo central y dependiendo del número de pasos, se devuelven por los demás tubos hasta salir por la chimenea. Al calentarse los tubos por efecto de la convección forzada de los gases, se inicia el proceso de calentamiento del agua que está por fuera de los tubos, al llegar a su temperatura de saturación, se empieza a evaporar. Al seguir suministrando calor se puede aumentar la presión de vapor, hasta el punto de ajuste admitido o calibrado, obteniendo vapor a las condiciones deseadas o requeridas para su aplicación.

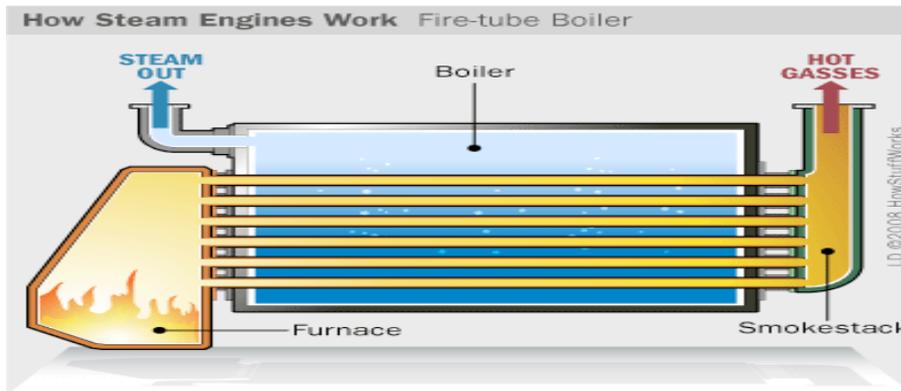


Figura 4. Caldera pirotubular.

Fuente: Energías industriales, [En línea]. Los autores,

<http://www.eisa.cl/scontenido.php?seccion=7&subseccion=2&contenido=13>

[consulta: 16/05/14].

Calderas Acuotubulares

Como se observa en la Figura 5, en las calderas Acuotubulares, el agua circula por dentro de los tubos y los gases que transfieren la energía al agua se encuentran circundándolos.

Son equipos de bajo costo, simplicidad de diseño, exigen menor calidad del agua de alimentación, son pequeñas y eficientes, pero necesitan mayor tiempo que las pirotubulares.

Las calderas Acuotubulares o de tubos de agua están constituidas por tambores inferiores y superiores y tubos que los conectan, entre los cuales se encuentra el agua. En la parte de arriba del domo superior (domo de vapor), se confina el vapor generado; mientras que en el inferior está el agua con presencia de lodos, producto del tratamiento químico al que es sometida; esto se conoce como el domo de lodos.

El combustible utilizado puede ser sólido, líquido o gaseoso; pero generalmente utiliza combustible sólido o al menos una mezcla de éste con un combustible



líquido. El combustible gaseoso se utiliza cuando la caldera dispone de un sistema de pre ignición, de lo contrario se requiere iniciar la combustión manualmente.

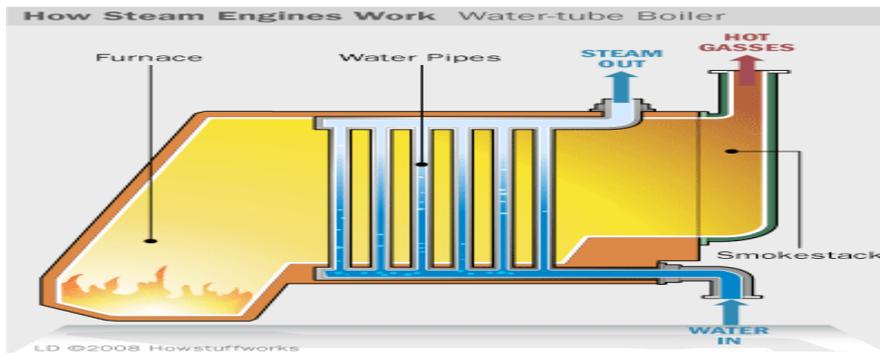


Figura 5. Caldera Acuotubulares.

Fuente: Energías industriales, energía desde 1977.[En línea los autores],<
<http://www.eisa.cl/scontenido.php?seccion=7&subseccion=2&contenido=12>>
[consulta: 16/05/14].

4.1.2 Por su configuración

De acuerdo con la forma en que estén dispuestas se clasifican en verticales y horizontales.

4.1.3 Por el tipo de combustible

Las que usan combustibles sólidos

Emplean carbón, bagazo o material vegetal. Son complejas de operar por la forma de alimentar el carbón, generan cenizas y suciedad, y son de difícil control de la combustión.

Su principal ventaja es que los combustibles son de bajo precio o en algunos casos gratis, por tratarse de subproductos de un proceso como por ejemplo el bagazo de caña de azúcar en la industria azucarera.

Las que usan combustible líquido

Utilizan crudos livianos o pesados que deben ser atomizados para facilitar la mezcla con el aire al momento de darse la combustión. Algunos deben ser precalentados para mantener el punto de fluidez y permitir que sean trasegables,



es decir, que el combustible pueda ser bombeado del lugar de almacenamiento al quemador.

Las que usan combustible gaseoso

Emplean, por ejemplo, gas natural. Son de fácil control de combustión y requieren menos frecuencia de mantenimiento, pero generalmente son más costosas de operar que las anteriores por el costo del combustible; además, requieren mayores cuidados por tratarse de combustibles bastante explosivos. Su transporte se realiza por la propia presión del sistema lo que evita la presencia de piezas o elementos en movimiento.

4.1.4 Por el tiro

De acuerdo con la forma como ingresa el aire de combustión y la salida de los gases a las calderas se clasifican en:

Las de tiro natural

En ellas la entrada y salida del aire de combustión y los gases no son asistidos por ventiladores; el flujo de ellos se da por circulación natural debido a la diferencia de densidad de estos fluidos.

Las presurizadas

Son aquellas que tienen un ventilador de tiro forzado para inyectar el aire de combustión al hogar, pero los gases producto de la combustión salen por la presión generada en el mismo.

Las de tiro equilibrado

Tienen un ventilador de tiro forzado que inyecta aire de combustión y un ventilador de tiro inducido que extrae los gases de combustión de la cámara, así mantiene la presión del hogar ligeramente negativa (presión de succión).



4.2 Componentes básicos de un sistema de vapor.

Los sistemas de vapor están compuestos básicamente por tres subsistemas: la generación de vapor, compuesto por la caldera; la distribución, compuesta por tuberías para transportar el vapor del lugar de producción hacia los usuarios y el condensado, desde los procesos hacia la caldera; y finalmente los consumidores finales, generalmente equipos o procesos donde se requiere la energía transportada por el vapor.

4.2.1. Sistema de generación.

El vapor necesario para los procesos de producción se genera en la caldera, considerada como el elemento fundamental de este servicio. La caldera está conformada por una serie de elementos que desempeñan funciones de control o seguridad.

4.2.2. Bomba de alimentación de agua

Equipo utilizado para transformar energía mecánica en energía cinética, generando presión y velocidad al agua que ingresará a la caldera. Generalmente el agua es bombeada desde el tanque de recuperación de condensado o desde un tanque que contiene el agua de alimentación a temperatura ambiente hasta la caldera. Estas bombas pueden operar continuamente mediante un sistema de control modulado o pueden operar con un sistema on-off (prendido-apagado).

4.2.3. Sistema de alimentación de combustible (bomba-elevadores-tubería)

De acuerdo con el tipo de combustible que utilice la caldera, el sistema de alimentación de combustible será diferente. Para el caso de calderas que consumen gas natural, la alimentación estará conformada por una red de tuberías y válvulas que regulan caudal y presión de combustible. Cuando se trata de calderas que consumen combustibles líquidos, el sistema de alimentación estará conformado por un tanque de almacenamiento, redes de tuberías con válvulas y acoples, bomba de alimentación de combustible y sistema de precalentamiento



Propuesta de MPP en el Sistema de Vapor del Hospital Alejandro Dávila Bolaños.

para combustibles de alta densidad. Aquellas calderas que operan con combustibles sólidos poseen generalmente un depósito de combustible y un sistema de bandas transportadoras y elevadores de cangilones, que llevan desde el depósito hacia el hogar de la caldera.

4.2.4 Sistema de tratamiento y suavizadores de agua.

El tratamiento de agua en la caldera es de gran importancia por tres razones básicas. Primero porque protege y asegura una larga vida útil de la caldera, a las líneas de distribución, y retorno de condensado, evitando daños por corrosión e incrustaciones. Segunda porque genera vapor de alta calidad utilizado en diversos procesos industriales y la tercera porque un tratamiento apropiado del agua optimizara la transferencia de calor por control de impurezas. El tratamiento del agua de alimentación es un asunto que requiere el asesoramiento de expertos calificados.

Los efectos de las impurezas del agua de alimentación en las calderas son:

- 1.-formación de espuma.
- 2.-Formación de cieno o lodo el cual se deposita en la superficie de calentamiento con el consiguiente peligro de un sobrecalentamiento de las placas o tubos.
- 3.-Formación de incrustaciones en las superficies de calentamiento, lo cual retarda la transmisión de calor por el metal, perdiéndose así calor y causando peligro de que las placas se sobrecalienten y quemen o se abolsen.
- 4.-Corrosión de las placas y otras superficies metálicas
 - a).-**Sustancias incrustantes:** Las principales son los carbonatos y sulfatos de calcio y magnesio.
 - b).-**Sustancias espumantes:**
 - 1.-Minerales: Sosa en forma de carbonato o cloruro o sulfato.
 - 2.-Orgánicas: Generalmente corresponden a aguas negras.
 - C.-**Sustancias que forman cieno:** Son generalmente partículas sólidas minerales u orgánicas en suspensión.
 - d).-**Sustancias corrosivas:** Estas pueden ser compuestos químicos, cloruro de magnesio, ácidos libres o gases tales como oxígeno y dióxido de carbono.



Propuesta de MPP en el Sistema de Vapor del Hospital Alejandro Dávila Bolaños.

La dureza permanente deberá ser eliminada de toda agua usada en la generación de vapor a alta presión por un ablandador de agua, según sean las condiciones y análisis de agua cruda agregándole químicos como aminas, anticorrosivos e incrustantes.

4.2.5. Tanque de condensado

Se utiliza para coleccionar el condensado que retorna de los equipos o procesos que consumen vapor indirecto y para ingresar el agua que debe reponerse al sistema. En algunas aplicaciones, este tanque sirve para adicionar sustancias químicas que regulan la calidad del agua que ingresa a la caldera. Desde este tanque se puede alimentar directamente a la caldera o se puede llevar el agua al tanque desaireador en caso que el sistema de vapor lo requiera.

4.2.6. Sistema de recuperación de calor

Para aumentar la eficiencia global de los sistemas térmicos, suele utilizarse equipos de recuperación de calor, cuando se encuentran calores de desecho en el proceso. Para el caso de las calderas se usan comúnmente los pre calentadores de aire que aprovechan parte de la energía de los gases de combustión que saldrían a altas temperaturas al ambiente, para calentar el aire que ingresa a la caldera como comburente o aire de combustión. De igual manera existen los economizadores o calentadores de agua, que también aprovechan el calor de desecho de los gases para aumentar la energía del agua que ingresa a la caldera. Ambos equipos permiten ahorros importantes de combustible.

4.2.7. Válvulas de seguridad

Los equipos y elementos que componen un sistema de vapor están sometidos a altas presiones. Cuando la presión de vapor se acerca a la de diseño, es necesario liberar presión para evitar explosiones que pueden causar graves consecuencias tanto para las personas como para las instalaciones cercanas. Para prevenir aumentos súbitos de presión se instalan válvulas de seguridad que al censar determinada presión abrirán para desalojar fluido y aliviar presión. En los



Propuesta de MPP en el Sistema de Vapor del Hospital Alejandro Dávila Bolaños.

sistemas de vapor, las válvulas se encuentran ubicadas en las calderas, en el tanque de retorno de condensado, en los des aireadores y posiblemente en algún equipo consumidor que lo requiera.

4.2.8. Tanque acumulación (Buffer)

Utilizado para acumular vapor a la salida de la caldera, su principal función es aumentar la capacidad o la disponibilidad de vapor en los procesos donde la demanda es variable, permitiendo que no disminuya la presión del sistema.

4.2.9. Otros elementos de las calderas

Existen otros elementos fundamentales para el correcto funcionamiento del sistema de generación de vapor, son accesorios de medición para el control de las condiciones de operación de la caldera, tales como manómetros, termómetros, indicadores de nivel de agua, medidores de caudal para vapor, aparatos de alarma, entre otros.

Control de nivel



Manómetro



Termómetro



Figura 6. Otros elementos de la caldera

Fuente de elaboración: Propia.



4.3. Distribución de vapor

Posterior a la generación del vapor en la caldera, es necesario un medio para llevar la energía del vapor hacia los procesos que lo requieren. Este medio es la red de distribución de vapor y retorno de condensado, las que a su vez están conformadas por una serie de líneas o redes generalmente de acero cuya función es llevar el vapor desde la caldera hacia los equipos consumidores. Las redes deben ser seleccionadas de acuerdo con el flujo y presión que circula por ellas; una mala selección ocasionará pérdidas de energía y daños en válvulas, trampas de vapor o equipos consumidores. La velocidad media del vapor y el condensado no debe sobrepasar 50 m/s y 5 m/s, respectivamente.

Trampas de vapor

Se utilizan para desalojar condensado de las líneas de distribución o a la salida de los intercambiadores de un equipo consumidor. Las trampas abren en presencia de condensado y cierran en presencia de vapor. Garantizan el buen funcionamiento de tuberías y elementos de la red y contribuyen al uso eficiente de la energía. Se pueden clasificar según su ubicación en el sistema de vapor o según su forma de operación.

- **Clasificación según su ubicación**

Trampas en la red: ubicadas en la red de distribución de vapor, en lugares donde se produce fácilmente el condensado; por ejemplo depósitos o bolsillos y tramos de tubería con reducciones. También suelen ubicarse trampas al menos cada 30 metros, debido a que el vapor que circula pierde energía con el ambiente y puede condensarse. Estas trampas protegen los diferentes elementos de la red contra el efecto martillo (water hammer), producido por el choque del condensado a alta velocidad.

Trampas de proceso: el vapor que ingresa al equipo o proceso demandante de energía cede su calor latente transformándose en condensado. Éste debe ser desalojado para evitar pérdidas de calor e inundación del serpentín o intercambiador de calor. Para ello se ubican trampas de vapor a la salida del equipo de intercambio de calor.



Clasificación según su operación

Mecánicas: trabajan con el principio de diferencia entre la densidad del vapor y la del condensado. Por ejemplo, un flotador que asciende a medida que el nivel del condensado se incrementa, abriendo una válvula, pero que en presencia del vapor la mantiene cerrada o una trampa de balde invertido que en presencia de vapor ascienda por la fuerza ejercida por éste cerrando la válvula y abre cuando se encuentra con presencia de condensado.

Termostáticas: operan por la percepción de la temperatura del condensado. Cuando la temperatura cae a un valor específico por debajo de la temperatura del vapor, la trampa termostática abrirá para liberar el condensado. Ejemplos de ellas son las trampas bimetálicas que operan por la diferencia de coeficiente de expansión térmica entre varillas que se encuentran unidas y que empujan un vástago según la temperatura que censan.

Termodinámicas: operan con la diferencia entre el flujo del vapor sobre una superficie, comparada con el flujo del condensado sobre la misma superficie. El vapor o el gas fluyendo sobre la superficie crean un área de baja presión. Este fenómeno es empleado para mover la válvula hacia el asiento y así cerrar su paso.

5. Combustión

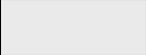
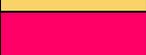
Se llama combustión a la combinación química de una sustancia, combustible, con el oxígeno (O₂) del aire combinándose rápidamente y con desprendimiento de calor; como consecuencia, el de combustión es un proceso de oxidación. El proceso de combustión en una caldera convierte la energía química del combustible en energía térmica y se produce por la mezcla de un combustible (C) con el oxígeno del aire (O₂), utilizando para ello un quemador, equipo de mezcla y una energía de activación.

El control de la combustión se realizará mediante el análisis periódico de los gases de escape en la chimenea. El color de la llama será indicativo de la eficiencia de la combustión. A mayor temperatura en el hogar corresponde a una mayor eficiencia.



En la siguiente tabla se muestra el color de la llama y su correspondiente temperatura.

Tabla 1. Temperatura de llama según color de combustión.

Blanco brillante		1426°C
Blanco		1200°C
Naranja claro		936°C
Rojo cereza brillante		760°C
Rojo cereza opaco		622°C
Rojo opaco		536°C
Rojo oscuro		483°C

Fuente: manualesydiagramas.blogspot.com

Poder calorífico

Se define como poder calorífico de un combustible, a la cantidad de calor que se obtiene de la oxidación completa, a presión atmosférica, de los componentes de la unidad de masa (o volumen) de dicho combustible.

Poder Calorífico Inferior (PCI): Es la cantidad de calor que puede obtenerse en la combustión completa de la unidad de combustible, si en los productos de la combustión, el agua está en forma de vapor. En este caso una parte del calor generado en las oxidaciones se utiliza para evaporar el agua, por tanto esta parte del calor no se aprovecha.

En el caso de nuestro sistema de vapor el combustible líquido suministrado por el quemador al hogar de combustión es gasóleo conocido comúnmente como diesel con un **PCI de 35,86 MJ/l (43,1 MJ/kg) y densidad de 832 kg/m³ (0,832 g/cm³).**



6. Diagrama de procesos

Según (Criollo, 2010), esta herramienta de análisis es una representación gráfica de los pasos que se siguen en una secuencia de actividades que constituyen un proceso o un procedimiento, identificándolos mediante símbolos de acuerdo con su naturaleza: además incluye toda la información que se considera necesaria para el análisis tal como distancia recorrida, cantidad considerada y tiempo requerido.

Con fines analíticos y como ayuda para descubrir y eliminar ineficiencias. Es conveniente clasificar las acciones que tienen lugar durante un proceso dado en cinco categorías. Conocidas bajo los términos de operaciones, transportes, inspecciones, retrasos o demoras y almacenajes. En la siguiente figura se incluyen las definiciones de estas categorías.

Actividad	Definición	Símbolo
Operación	Se produce o efectúa algo.	
Transporte	Se cambia de lugar o se mueve	
Inspección	Se verifica la calidad o cantidad	
Demora	Se interfiere o retrasa al paso siguiente	
Almacenaje	Se guarda o se protege	
Actividad combinada	Indica actividades conjuntas por el mismo operador en el mismo punto de trabajo	

Figura 7. Acciones que tienen lugar durante un proceso dado.



7. Análisis de criticidad

Este es un método semi-cualitativo práctico, en el que es basado por el concepto de riesgo. Para realizar un análisis de criticidad se debe tomar en cuenta diferentes aspectos importantes como son: descripción técnica del sistema, funcionamiento y operación del sistema, información histórica y registros contables.

Los factores ponderados de los criterios a ser evaluados por la expresión de riesgo son:

- **Frecuencia de fallas:** Es el número de repeticiones en un periodo de tiempo (al año) de una alteración del cumplimiento satisfactorio de un sistema, maquina o pieza.
- **Impacto operacional:** porcentaje de producción que se perjudica cuando acontece una falla.
- **Flexibilidad operacional:** facilidad que tiene la producción de efectuar un cambio rápido sin caer en el aumento de los costos.
- **Costos de mantenimiento:** son los gastos que implica la labor de mantenimiento sin incluir los costos producidos por la falta en producción.
- **Impacto de seguridad y medio ambiente:** Es un diagnostico donde se observan los inconvenientes, dentro de estos impacto a la seguridad tenemos factores de riesgos presentes que son tomados en este análisis.

Factores de riesgos.

Aparatos sometidos a presión

Se considera equipos sometidos a presión a todo recipiente que contenga un fluido sometido a una presión interna superior a la presión atmosférica. Dado su carácter peligroso debido al riesgo de explosión, los mismos requieren de diversas medidas de protección a fin de evitar contingencias no deseadas.

Aparatos a presión con fuego



Propuesta de MPP en el Sistema de Vapor del Hospital Alejandro Dávila Bolaños.

En estos artefactos la presión del recipiente es producto del vapor generado por el calentamiento de un fluido y el generador de calor es interno. los mas comunes son las calderas

Riesgo de explosiones

El principal riesgo que presentan las calderas son las explosiones. Estas explosiones se pueden clasificar en:

Explosiones físicas: por rotura de las partes a presión. Se produce por la vaporización instantánea y la expansión brusca del agua contenida en la caldera.

Explosiones química: en el hogar (parte interna de la caldera), producida por la combustión instantánea de los vapores del combustible acumulado en el hogar.

Estas explosiones se producen por distintos motivos:

- Una presión superior a la de diseño pueden provocar una rotura de las partes a presión. Por ello, hay que mirar los manómetros y utilizar los presos tatos (que paran la aportación calorífica) y las válvulas de seguridad (para liberar vapor).Según Accesorios y equipos auxiliares de las calderas de la ley de seguridad e higiene ocupacional, la
- Una temperatura superior a la de diseño también puede provocar una explosión, por la rotura de partes de la caldera que están a presión.
- La falta de agua, la alta temperatura del fluido, incrustaciones internas, etc. , pueden aumentar la temperatura.
- Asimismo, una disminución del espesor de las partes sometidas a presión puede provocar una rotura de las mismas. Esta disminución puede ser causada por la corrosión.

Estos factores se evalúan con respecto al sistema de vapor, para esto se presenta la siguiente tabla de condiciones



Tabla 2. Condiciones según puntuación de factores

Frecuencia de fallas		Impacto operacional	
Indicador	Valor	Indicador	Valor
Pobre o mayor 2 fallas/año.	4	Perdida de todo el despacho.	10
Promedio 1-2 fallas/año.	3	Parada del sistema o subsistema Y tiene repercusiones en otros sistemas	7
Buena 0.5-1 fallas/año	2	Impacta a niveles de inventario calidad.	4
Excelente menos de 0.5 fallas.	1	No genera ningún impacto significativo.	1
Flexibilidad operacional.		Costo de mantenimiento	
Indicador	Valor	Indicador	Valor
No existe opción de producción y no hay función de producción.	4	Mayor o igual a \$2000	2
		Inferior a \$2000.	1
Hay opción de repuesto compartido/almacén.	2		
Función de repuesto disponible.	1		
Impacto de seguridad e higiene			
Indicador			Valor
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación a entes externos de la organización			8
Afecta el ambiente e instalaciones			7
Afecta las instalaciones causando daños severos.			5
Provoca daños menores (ambiente-seguridad).			3
No provoca ningún tipo de daños a personas.			1



Con esta técnica encontramos

$$Criticidad\ total = frecuencia \times consecuencia \dots(1)$$

$$Frecuencia = rango\ de\ fallas\ en\ un\ tiempo\ determinado\dots(2)$$

$$Consecuencia =$$

$$((impacto\ operacional \times flexibilidad) + costo\ de\ mantenimiento + impacto\ de\ seguridad,\ ambiente\ e\ higiene) \dots(3)$$

Estos factores son evaluados para obtener la criticidad total, luego se buscan los resultados en la matriz de riesgo mostrada en la siguiente tabla.

Tabla 3. Matriz General de Criticidad (MGC).

FRE CUENCIA	4	MC	C	C	C	C
	3	MC	MC	C	C	C
	2	NC	NC	MC	C	C
	1	NC	NC	NC	MC	C
		10	20	30	40	50
	CONSECUENCIAS					

No Crítico (NC)

Medio Crítico (MC)

Crítico (C).

Fuente: La cultura de confiabilidad. [En línea]

<<http://confiabilidad.net/articulos/modelo-integral-para-optimizar-la-confiabilidad-en-instalaciones-petroleras/>> [consulta: 08 de mayo del 2014].

Esta matriz describe el nivel de criticidad de un activo. En el eje Y se colocan las frecuencias y el número de fallas en el X el valor de la consecuencia además de poderlas jerarquizar en tres áreas



Rojo: Este color señala alta peligrosidad, este puede significar la ocurrencia de un fenómeno no deseado.

Amarillo: Este color evidencia la presencia de un efecto de moderada peligrosidad.

Blanco: Este color por otro lado no presenta riesgo de ocurrencia de un fenómeno.



7.1 Evaluación técnica de la máquina

Conociendo el estado en que se encuentra la máquina podemos realizar un plan de actividades para que recupere su estado óptimo y así alargar la vida útil de la máquina. Por medio de la evaluación técnica se sabe cuál es el nivel de mantenimiento a realizar. Esta evaluación analiza aspectos principales y secundarios, desarrollando valores cuantitativos para su análisis.

Tabla 4. Ponderación de valores.

Valores	Valor cuantitativo	Valor Cualitativo
A	1	Excelente
B	0.8	Muy Bueno
C	0.6	Bueno
D	0.4	Regular

$$AP = 90 \div NAP(\sum Ai + 0.8Bi + 0.6Ci + 0.4Di \quad \% \quad (4)$$

$$AS = 10 \div NAS(\sum Ai + 0.8Bi + 0.6Ci + 0.4Di \quad \% \quad \dots (5)$$

$$\text{Estado técnico} = AP + AS \quad \% \quad \dots (6).$$

En donde:

AP=Evaluación de los aspectos principales en por ciento.

NAP= Cantidad total de aspectos principales.

NAS= Cantidad total de aspectos secundarios.

Ai=Cantidad total de los aspectos principales evaluados con categoría "A".

Bi=Cantidad total de los aspectos principales evaluados con categoría "B".

Ci=Cantidad total de los aspectos principales evaluados con categoría "C".

Di= Cantidad total de los aspectos principales evaluados con categoría "D".



8. Costos de mantenimiento²

Según se ubican dentro de los costos de la empresa, como el de la materia prima, pero a diferencia de esta, el costo de mantenimiento es variable, ya que la empresa puede variar la cantidad de recursos que destina para ésta. “El costo de mantenimiento se sitúa entre el 5-10% de total”. Los costos de mantenimiento se dividen en costos fijos, variables, financieros y de fallos.

8.1.1 Costos fijos

La característica de este tipo de costos es que estos son independientes del volumen de producción o de ventas de la empresa, estos como su nombre lo dice son fijos, dentro de este tipo de costos podemos destacar la mano de obra directa, alquiler seguros, servicios, etc.

Estos son gastos que aseguran el mantenimiento en la empresa y la vida útil de la maquinaria a mediano o largo plazo. La disminución del presupuesto y recursos destinados a este gasto fijo limita la cantidad de inversiones programadas, y al principio representa un ahorro para la empresa que después se traduce en mayor incertidumbre y gastos mayores para mantener a la empresa a su nivel óptimo.

8.1.2 Costos variables.

Tiene la peculiaridad de ser proporcionales a la producción realizada. Podemos destacar dentro de estos a costos como mano de obra indirecta, materia prima, energía eléctrica, además de los costes variables que incluye en mantenimiento.

Dentro de los costos variables de mantenimiento encontramos la mano de obra y los materiales necesarios para el mantenimiento correctivo, la manera de reducir este tipo de gasto no pasa por dejar de hacer mantenimiento correctivo, si no por evitar que se produzcan las averías inesperadas.

² <http://dspace.ups.ec/bitstream/123456789/831/5/CAPITULO%204.pdf>



8.1.3 Costos financieros

Se deben tanto al valor de los repuestos de almacén como a las amortizaciones de las maquinas duplicadas para asegurar la producción.

Dentro de los gastos financieros debe tenerse en cuenta el costo que supone tener ciertas instalaciones o maquinas duplicadas para tener una mayor disponibilidad. En determinadas circunstancias que se obliga una disponibilidad total.

8.1.4 Costo de fallo.

Se refiere al coste o perdida de beneficio que la empresa soporta por causas relacionadas directamente con el mantenimiento. Este concepto se aplica tanto a empresas productivas y de servicios.

- Perdida de materia prima
- Descenso de la productividad del personal mientras se realizan reparaciones.
- Perdidas energéticas por malas reparaciones o por no realizarlas.
- Producción perdida durante la reparación.
- Averías que suponen riesgo para las personas o las instalaciones.
- Se debe sumar el importe de las reparaciones para volver a la normalidad.



B. MARCO CONCEPTUAL

Entrevistas: Es un conjunto de preguntas que se encuentran establecidas en un protocolo para obtener información. (Rauet, 1996)

Calidad de servicio: Es la correcta relación entre el plazo, el coste y la calidad de las acciones que realiza mantenimiento para conseguir los resultados adecuados y el grado de satisfacción suficiente en los usuarios. (Rauet, 1996).

Análisis de la criticidad: Este es un método semicuantitativo práctico, en el que es basado por el concepto de riesgo o sea el número de frecuencias de fallas fue desarrollado por una consultora inglesa.

Estructura del ciclo de reparaciones: El conjunto de reparaciones de mantenimiento y medias que se realizan entre las reparaciones generales, o sea, durante un ciclo de reparación (Okulik, 1988).

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; hablamos de tareas de limpieza, comprobación, ajuste, lubricación y sustitución de piezas. (Zapata, 2009).

Ciclo de reparación: Es el tiempo de funcionamiento del equipo entre dos reparaciones generales (para el equipo que se encuentra en funcionamiento) o el tiempo entre la puesta en marcha y la primera reparación general (para el equipo nuevo). (Navarrete Perez, 2002).

Reparación programada (RP): Son aquellas que se llevan a cabo en forma periódica (generalmente de dos, tres o cuatro semanas).se toman en cuenta en el programa de producción mensual y tienen una duración normal entre 4 y 16 horas (Zapata, 2009)

Indicador o Índice: Es un parámetro numérico que facilita la información sobre un factor crítico identificado en la organización en los procesos o en las



Personas respecto a las expectativas o percepción de los clientes en cuanto a Costo- calidad y plazos. (Zapata, 2009).

Disponibilidad: Probabilidad de un sistema de estar en funcionamiento o listo para Funcionar en el momento requerido. (Abella, 2003).

Defecto: Cualquier deterioro o desgaste del objeto que no conlleva pérdida de la capacidad de trabajo. (Navarrete Perez, 2002).

Falla: Suceso que consiste en la variación de la capacidad de trabajo, que puede ser total o parcial. (Navarrete Perez, 2002).

Horas disponibles: Son las horas en que el equipo o sistema se encuentra disponible para operar y para ejecutar reparaciones de fallas imprevistas, sean estas de mantenimiento, de operación o externas.

Horas de parada programada. Son las horas en que el equipo o sistema se encuentra paralizado por ejecución de actividades incluidas en los programas de mantenimiento.

Incrustaciones Las incrustaciones o depósitos, son la acumulación de materiales sobre las superficies internas de la caldera, que pueden interferir o retardar la transferencia de calor y/o restringir la circulación normal del agua. (Betancur Sierra & Giraldo Aristizaval, 2010).

Hollín: son partículas sólidas de tamaño muy pequeño, desde unos 100 nanómetros (100 nm) hasta 5 micras (5 μ m) como máximo. En su mayoría compuestas de carbono impuro, pulverizado, y generalmente de colores oscuros más bien negruzcos resultante de la combustión incompleta de un material (madera, carbón, etc.).Wikipedia (2014.Mayo).Hollín. Consultado el 28 de mayo de 2014. De <http://es.wikipedia.org/wiki/Holl%C3%ADn>



Propuesta de MPP en el Sistema de Vapor del Hospital Alejandro Dávila Bolaños.

Presión: Es una magnitud física que mide la proyección de la fuerza en dirección perpendicular por unidad de superficie, y sirve para caracterizar cómo se aplica una determinada fuerza resultante sobre una línea. En el Sistema Internacional de Unidades la presión se mide en una unidad derivada que se denomina pascal (Pa) que es equivalente a una fuerza total de un newton actuando uniformemente en un metro cuadrado. Consultado el 28 de mayo de 2014. De <http://es.wikipedia.org/wiki/Presi%C3%B3n>.

Temperatura: Es una magnitud referida a las nociones comunes de caliente, tibio o frío que puede ser medida con un termómetro. En física, se define como una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico, definida por el principio cero de la termodinámica. <http://es.wikipedia.org/wiki/Temperatura>.

Corrosión: Se define como el deterioro de un material a consecuencia de un ataque electroquímico por su entorno. De manera más general, puede entenderse como la tendencia general que tienen los materiales a buscar su forma más estable o de menor energía interna. *Wikipedia (2014.mayo).corrosión. Consultado el 28demayo de 2014.de* <http://es.wikipedia.org/wiki/Corrosi%C3%B3n>.

Prueba hidrostática: Prueba a que deben ser sometidos los equipos generadores de vapor o calderas, para comprobar la resistencia y hermeticidad en las uniones, mediante el suministro de agua a presión a través de una bomba de desplazamiento positivo, en forma lenta. *(Seminario de calderas con el especialista ing. Ramón Barrios de la universidad Paulo Freire, julio del 2008)*

Purga de fondo: Es el agua o condensado que se evacua de la caldera para controlar los sedimentos y lodos acumulados en la parte inferior. *(Seminario de calderas con el especialista ing. Ramón Barrios de la universidad Paulo Freire, julio del 2008)*



C. MARCO ESPACIAL

En este mapa lo que se pretende es dar la localización de la empresa, en este caso del Hospital Militar el cual es nuestro objeto de estudio. Está ubicado en Managua, específicamente en el costado oeste de la laguna de Tiscapa, exactamente en lomas de Tiscapa Nicaragua, Managua (ver figura 8).

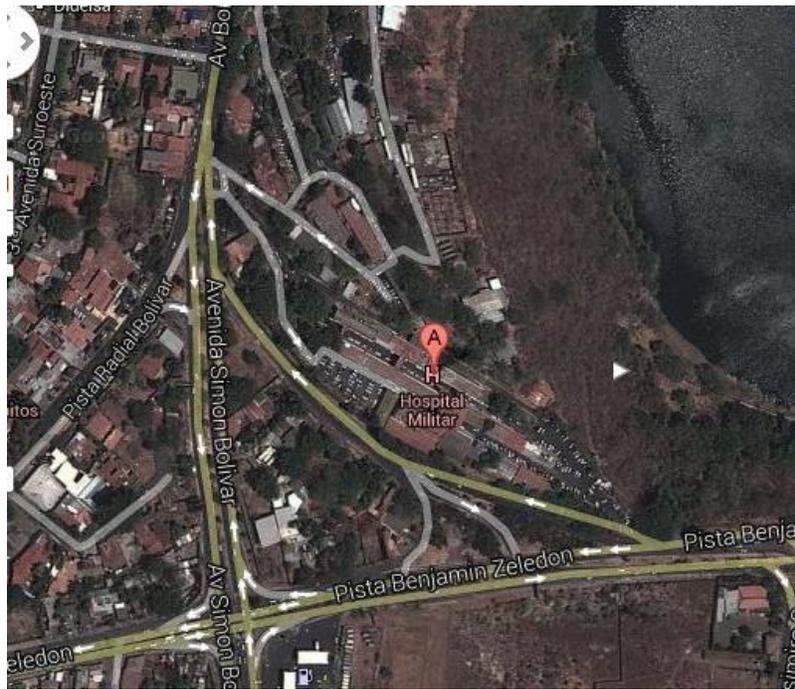


Figura 8. Vista satelital Hospital Militar Alejandro Dávila Bolaños.

Fuente: Google Mapas 2013



D.MARCO TEMPORAL

Nº	Actividades	Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto			
	Semanas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Delimitación del tema de investigación		■	■																					
2	Solicitud de carta al departamento de tecnología				■	■	■	■																	
3	Solicitud de ingreso al Hospital							■																	
4	Autorización de ingreso al Hospital								■																
5	Reconocimiento del área de investigación									■															
6	identificación de problemas										■	■													
7	Recolección de datos con las técnicas de observación directa y entrevistas											■													
8	Aplicación de los métodos para diagnosticar la situación actual del área en estudio												■												
9	Obtención y discusión de resultados													■	■										
10	Revisión del informe en coordinación con el tutor														■	■									
11	Entrega de primer informe al departamento de tecnología aprobado por tutor															■	■	■							
12	Pre defensa de primer informe																	■							
13	Aplicación de correcciones																			■	■				
14	Entrega de informe final																					■			
15	Defensa de informe final																							■	



IX. PREGUNTAS DIRECTRICES

1. ¿Son adecuadas las prácticas de operación y mantenimiento efectuadas al sistema de vapor?
2. ¿Qué tipo de mantenimiento es el que se acopla al sistema de vapor?
3. ¿Qué ciclo de mantenimiento preventivo será el adecuado para el sistema de vapor?
4. ¿Cuánto costara aproximadamente implantar un plan de mantenimiento preventivo en el sistema de vapor?



X. DISEÑO METODOLOGICO

A. TIPO DE ENFOQUE

La presente investigación tiene un enfoque mixto, ya que los datos obtenidos establecen una base cuantitativa y cualitativa:

Cuantitativos porque se hace una recolección y análisis de datos que dan como resultados repuestas confiables, esto se hizo con mediciones y conteos matemáticos que sirve para probar y confiar exhaustivamente el comportamiento del sistema de vapor.

Cualitativa porque se recolectaron datos a través de la observación y descripción, ya que se necesitó responder a preguntas, hacer análisis de criticidad y conocer del tema por medio de las técnicas de investigación de diferentes ámbitos.

C. TIPO DE INVESTIGACION

El tipo de investigación que se desarrollo es descriptiva y explicativa, con este tipo de investigación se logra describir las condiciones actuales de operación y mantenimiento que presenta el sistema de vapor, además permite explicar a través del análisis de criticidad que nos muestra el tipo de mantenimiento que se debe efectuar, de manera conjunta las frecuencias de fallas más comunes y costos de mantenimiento dando como resultado la estructura del ciclo de reparaciones del sistema de vapor.

C. UNIVERSO

El universo de la investigación se ubica en el Hospital Alejandro Dávila Bolaños de Managua.

D. POBLACION

La población que limita parcialmente la investigación, es representada por el área de lavandería, de la empresa médica.

E. MUESTRA

La muestra está directamente conformada por el sistema de vapor, el cual lo integran esencialmente una caldera de 60 hp marca **York-Shipley, Inc.**



F. TECNICAS DE RECOPIACION DE DATOS

1) Observación Directa.

A través de esta técnica se diagnosticó la situación actual de la máquina generadora de vapor, en su entorno operacional, es decir, directamente en el área específica de estudio. Donde pudimos observar, además aspectos de seguridad e higiene dentro de este entorno .esto nos permitió identificar el número de máquinas las cuales dependen del sistema de vapor, que participan en el proceso de lavado.

2) Entrevista no estructurada.

Mediante esta práctica fue posible recopilar información técnica, de gran importancia para el desarrollo de este trabajo, por medio de conversaciones con el personal técnico, operadores, entre otros. Con el fin de conocer el tipo de mantenimiento que ellos implementan además de conocer los fallos más comunes de las máquinas.

3) Instrumentos:

Fuente primaria: los operarios y los técnicos del área facilitaron información referente al estudio.

- Fichas técnica de maquina
- Bitácora de operación

Fuente secundaria: bibliografía sobre estudios de mantenimiento, manuales de máquinas de vapor, fuente electrónica (internet).

También se utilizó:

- Tablas de evaluación.
- software Word, Visio, Excel.



G. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	INDICADORES	FUENTE	TECNICA	INSTRUMENTO
Operatividad del sistema de vapor.	<ul style="list-style-type: none"> • Excelente • Muy bueno • Bueno • Deficiente 	Bitácora de operación del sistema de vapor y Operador de caldera.	Entrevista Observación directa	Formatos de entrevista y formatos de observación.
Criticidad del sistema de vapor	<ul style="list-style-type: none"> • Alta • Mediana • Baja 	Técnico de mantenimiento y manual CESETA.	Entrevista e investigación.	Formato de Matriz de criticidad
Ciclos de reparación del sistema de vapor.	<ul style="list-style-type: none"> • Corta duración • Mediana duración • Larga duración 	Manual de operación de la caldera.	Revisión documental del mantenimiento y entrevista Arbol de fallas	Diagrama estructural del ciclo de reparación y formato de entrevista.
Costo de mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Altos • Moderados • Bajos 	Jefe administrativo y proveedor de servicios.	Entrevista y cotizaciones	Formato de entrevista y correos electrónicos.



XI. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS.

1. DESCRIPCIÓN DE CONDICIONES ACTUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE VAPOR.

1.1 Descripción del sistema de vapor

El sistema de vapor del hospital cuenta con dos calderas de tipo pirotubular, una horizontal marca York Shipley³ y otra vertical marca Fulton⁴, el presente estudio, toma la primera caldera como objeto de investigación, y la segunda durante el desarrollo del trabajo de campo permaneció en stand by (apagada),

La caldera pirotubular marca York Shipley semiautomática, posee una configuración interna de diseño, de tres pasos, consume unos 55 galones de combustibles (Diesel), y unos 55 galones de agua tratada aproximadamente por día, trabaja con una presión entre **80 a 100 psi**, rango de presión es establecido por el Ministerio del Trabajo (MITRAB), respecto a la presión de diseño de la caldera se indica la capacidad de corte de la válvula de seguridad.

Según entrevista al ingeniero Ángel Tapia quien dio fe de conocer el estado de la caldera dijo que la caldera está en buenas condiciones y que por su fácil reparación es difícil encontrar otra caldera que sea de esa misma calidad y eficiencia ya que las nuevas son automatizadas y de difícil reparación. La caldera aproximadamente cuesta unos 60 mil dólares incluida su depreciación.

Capacidad de caldera

Superficie de calefacción: Es la superficie de metal que está en contacto al mismo tiempo con los gases de combustión y con el agua o vapor, es decir, es toda superficie de una caldera que está en contacto por un lado con el agua y por el otro está expuesta al fuego o a la corriente de los gases de la combustión.

Caballo Caldera: Se dice que una caldera tiene una capacidad de un caballo caldera, cuando es capaz de producir 15.65 kg/h de vapor saturado de 100°C utilizando agua de alimentación de la misma temperatura. Cuando esta cantidad

³ Ver anexo 1, Tabla 15: ficha técnica caldera York Shipley inc.

⁴ Ver anexo 2, Tabla 16: ficha técnica caldera vertical Fulton.



Propuesta de MPP en el Sistema de Vapor del Hospital Alejandro Dávila Bolaños.

de vapor se produce por cada m² de superficie de calefacción se dice que la caldera está trabajando con 100% de carga.

Con esta información podemos conocer la capacidad de producción de vapor del sistema en este caso la potencia de caldera es de 60 HP puesto que tendríamos una producción en masa; $m=60\text{BHP}\cdot 15.65\text{kg/h}=939\text{ kg/h}$ de vapor, equivalente a 2,066 lb/h.

Capacidad nominal: Se obtiene de acuerdo a la siguiente expresión:

$$C_n = S_c / K; \quad K = 1\text{m}^2/\text{CC}; \quad K = 10\text{pies}^2/\text{CC}$$

S_c= Superficie de caldera

El cuerpo de la caldera tiene una longitud de 2.64 m y un diámetro de 1.25 m, con una superficie de caldera de **3.23 m³**, con una capacidad nominal de 3.23 m/CC recién pintada, las tuberías de condensado tienen 2" de diámetro, las tuberías de distribución de diesel 1" de diámetro lo mismo que el agua de entrada al tanque de condensado. Las tuberías de distribución no están distribuidas o señaladas con sus respectivos colores de seguridad.

Tratamiento actual del agua del sistema de vapor.

Con respecto al tratamiento del agua el operario agrega una dosificación química diaria: 250 ml de anticorrosivos e incrustante MT:15 y amina MT:600 diluidos en 7.14 galones de agua en el ablandador, éste se encarga de eliminar sulfatos presentes en el agua por medio de un proceso de intercambio iónico o sea sustituye o intercambia los minerales de calcio y magnesio que son los más dañinos por suaves como el sodio esto a través de una carga eléctrica.



Tabla 5. Descripción de los componentes del Sistema de Vapor.

Caldera	Quemador
Tubos de fuego	Fotocelda
Cubierta principal	Boquillas de aire
Cubierta trasera	Modulador
Aislamiento	Ventilador de tiro forzado
Camisa	Caja de conexiones
Aberturas de entrada	Válvulas selenoides
Sello de la caldera	Manómetro
Sistema de combustible	Tuberías de gas
Bomba de combustible	Válvulas de control de gas
Motor de combustible	Válvula de corte y paso de gas
Válvula de alivio de combustible	Válvula principal de gas
Válvula principal de combustible	Válvula principal de vapor.
Nivelador del combustible	Trampas
Medidor de presión de combustible	
Sistema eléctrico	Otros componentes
Programador	Tanque de condensado
Caja de conexiones	Fulton
	Tanques de suavizadores

1.2. Operación y funcionamiento del sistema de vapor.

Para la operación y funcionamiento del sistema de vapor, el área de lavandería cuenta con dos operarios que se alternan por turnos para trabajar 10 horas diarias, ellos son dirigidos por el jefe de lavandería. Cada operario está en la capacidad de manipular los componentes del sistema de vapor y por lo tanto realizar actividades que son necesarias para que el sistema pueda funcionar en óptimas condiciones (calentar agua hasta convertirla en vapor de buena calidad).



De manera general, la caldera cuenta con un quemador de diesel, que suministra calor en el hogar, para luego hacerlo circular por los tubos que esta posee internamente, tanta veces sea las etapas que tenga, permitiendo así que el calor del combustible se transfiera al agua, de tal manera que al final dicho fluido se convierta en vapor sobrecalentado.

Para conocer las actividades de operación y funcionamiento el sistema de vapor, en el área de lavandería del Hospital Militar veamos los siguientes pasos:

1. Se realiza una inspección previa de todo el sistema para garantizar su integridad física, como los equipos de soportes y componentes antes de arrancarla.
2. Se determina el tipo de arranque de la caldera en base a la presión interna. El cual podría ser, arranque en frio o arranque en caliente.

El arranque en frio significa que los componentes están a la temperatura ambiente y el arranque en caliente es cuando los componentes han estado en operación reciente. Normalmente en este último arranque es cuando se dispone la caldera para su debido mantenimiento.

3. El operador cierra la válvula principal de vapor, chequea los desagüeros y las válvulas de purgas en el caso que estén abiertas, se cierra.
4. Se abre la válvula de entrada de agua a la caldera, (si el turno anterior la dejó cerrada).

El operador revisa si el ablandador de agua posee el químico, en caso de hacer falta, éste lo agrega. Para liberar el agua de sales de calcio y magnesio.

5. Se abren las válvulas de agua condensado para el llenado del tanque de agua de suministro.
6. Se abre la válvula de combustible.
7. Se verifica el nivel de agua de la caldera.



8. El operador enciende la bomba de llenado de agua que succiona el agua del tanque de suministro a la caldera si la caldera tiene un nivel de agua por debajo del establecido.

La bomba posee un control automático (McDonnell), cuando el agua llega al nivel requerido, apaga la bomba de manera automática.

9. Después de llenar la caldera de agua, al nivel requerido, el operador enciende la caldera en llama baja para el arranque, suministrando para esto inyección de aire, inyección de combustible y una chispa que es producida por electrodos que están conectados a un pequeño transformador. Luego pasa al funcionamiento en llama alta.

La inyección de combustible es controlada por un presostato (control de presión), el cual enciende y apaga la bomba de suministro de combustible en el hogar de la caldera.

Otro control automático que gobierna la bomba de suministro de combustible, es la intensidad luminosa de la llama, la cual es censada con una fotocelda. El quemador tiene una fotocelda la cual es capaz de sensar cuando no existe llama para mandar a apagar la bomba de combustible y el ventilador del quemador.

Cuando el quemador está encendido eleva la presión y temperatura en el interior de la caldera y cuando alcanza el nivel máximo (100 psi) de presión establecida en el presostato, éste envía la señal de corte al conjunto quemador. También cuando el quemador este apagado y la presión de la caldera haya bajado a al nivel mínimo (80 psi) establecido, el presostato de nivel bajo envía la señal al conjunto quemador para encenderlo. De manera que este ciclo se repite continuamente hasta que el operador decida parar todo el sistema.

10. Cuando la caldera alcanza la carga máxima de 100 psi se abre lentamente la válvula de suministro vapor (en caso que la dejen serrada en el turno anterior).



11. En el transcurso del día se hacen purgas cada dos horas aproximadamente esto depende de las recomendaciones del análisis del agua.

12. Una vez que el sistema de vapor haya arrancado y la presión programada se mantenga, se camina alrededor del sistema de vapor buscando condiciones anómalas y en caso de condiciones anómalas se llama a mantenimiento.

13. El operador llena la Bitácora de mantenimiento.

14. Al final del día se apaga la caldera, automáticamente se apaga la bomba.

Todo el proceso descrito anteriormente lo realiza la caldera durante todo el tiempo que este equipo se encuentre operando hasta ser apagado. En la siguiente figura se muestra el diagrama actual de operación del sistema.

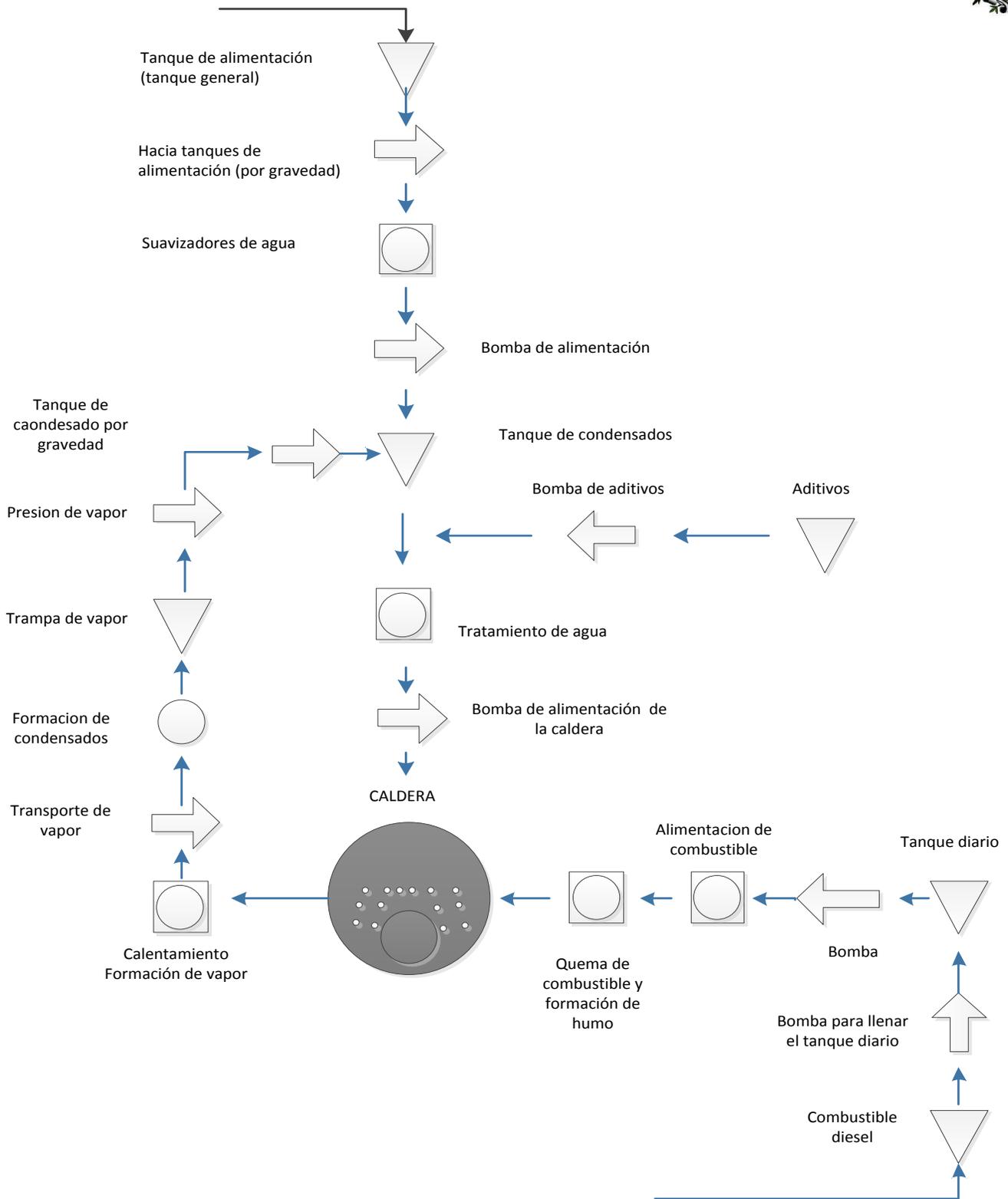


Figura 9. Diagrama de proceso de operación del sistema de vapor.



1.2. Condiciones actuales de mantenimiento del sistema de vapor.

1.2.1. Organización del mantenimiento

El departamento administrativo, tiene delegado al supervisor de mantenimiento, este a su vez controla el área de mantenimiento; el supervisor de mantenimiento se encarga de gestionar las actividades de carpinteros, técnicos en refrigeración, fontaneros y técnicos electromecánicos. Estos últimos se encargan del mantenimiento de caldera y los componentes auxiliares, además de atender las maquinas consumidoras.

El área de mantenimiento del Hospital Militar Alejandro Dávila Bolaños está dirigido por el departamento administrativo, éste se encarga de coordinar las actividades de compra de refacciones, contratación de servicios de reparación externos y del control de las actividades de mantenimiento.

El área de mantenimiento cuenta con técnicos que se dedican a diversas actividades, ya que posee personal múltiple como carpinteros, fontaneros, eléctricos, técnicos de refrigeración y técnico de electro medicina, todos ellos se encuentran bajo cargo supervisor de mantenimiento quien verifica el cumplimiento de sus labores e informa al jefe administrativo de las actividades.

Gestión del mantenimiento⁵.

Para mantener en óptimas condiciones de funcionamiento el sistema de vapor, la administración del hospital, trabaja en coordinación con los jefes de lavandería y mantenimiento, planeando actividades preventivas de limpieza y medidas correctivas a los del área de mantenimiento

En este proceso el operador de caldera es de vital importancia, ya que es la persona que se encuentra en contacto directo con el sistema de vapor, este retoma los datos de operación y luego los anota en la bitácora de operación del sistema en donde se registran las revisiones diarias por parte del operador.

Los datos recolectados en la bitácora de operación, ayudan a identificar defectos para luego reportarlos, al momento de detectar una falla o defecto, este es

⁵ Ver figura 2.Estructura organizativa sub-dirección administrativa.



Propuesta de MPP en el Sistema de Vapor del Hospital Alejandro Dávila Bolaños.

notificado al jefe de lavandería, este realiza una revisión y seguidamente el jefe de lavandería notifica al supervisor de mantenimiento, este se encarga de relegar al técnico electromecánico quien realiza una revisión general e identifica el problema, analiza las alternativas y selecciona la mejor opción.

En el caso de que surja cualquier falla, el encargado de valorar ésta es el jefe de mantenimiento el cual tiene dos alternativas: si es una falla de baja complejidad este resuelve con su personal técnico y su inventario de stock de repuesto y en caso de que sea una falla muy compleja éste le notifica al jefe administrativo dicho problema, de tal manera que se garantiza el funcionamiento del sistema de vapor.

A continuación se presentan actividades generales que son realizadas con frecuencia de tres meses en especial por los técnicos electromecánicos.

Tabla 6. Actividades generales realizadas al sistema de vapor.

Actividades
Revisar y limpiar componentes del Quemador
Revisar y limpiar columna hidrométrica.
Revisar y limpiar contactores.
Purgar tuberías y limpiar trampas de vapor.

Contratación del mantenimiento.

La contratación se lleva a cabo dentro del sistema en los casos de que se requiera de alguna actividad especial, siendo así se solicitan los servicios de empresas especializadas en el ramo del mantenimiento de equipos generadores de vapor tales como RETECSA e Ingeniero Tapia y Asociados, Además de personal particular especializado en esta materia. Estos son ingenieros mecánicos que desempeñan servicios de mantenimiento.

En las actividades de mantenimiento también participan los técnicos electromecánicos del hospital, dentro de las principales actividades realizadas se encuentran las que son de frecuencias mensuales y anuales tales como:



Tabla 7. Actividades realizadas por el personal de contratación.

Actividades
Limpiar incrustaciones, Hollín dentro de la caldera.
Limpiar tubos de fuego.
Realizar prueba hidrostática.
Reparación del sistema eléctrico.
Análisis químico del agua

2. ANÁLISIS DE CRITICIDAD⁶.

Las observaciones, las continuas entrevistas a los operarios de experiencia y con ayuda del jefe de mantenimiento en el sistema de vapor del área de lavandería del Hospital facilitaron resultados positivos para mejorar la aplicación de la técnica para análisis de criticidad.

Esto es realizado mediante la evaluación sistemática de la tabla de factores basados en el concepto de riesgo. A continuación se muestra la puntuación de los factores para el sistema de vapor; para esto se analizó la caldera York Shipley y sus componentes auxiliares, obteniéndose los resultados que se muestran a continuación:

Tabla 8. Factores ponderados⁷.

Frecuencia de fallas	2
Impacto operacional	7
Flexibilidad operacional	2
Costo de mantenimiento	1
Impacto SAH	7

⁶ Ver anexo 11: imágenes

⁷ Ver Tabla 1. Condiciones según puntuación de factores.



Propuesta de MPP en el Sistema de Vapor del Hospital Alejandro Dávila Bolaños.

Se analizó la consecuencia y criticidad total usando los valores ponderados de la tabla anterior.

Consecuencia= ((Impacto operacional x flexibilidad) + Costos de Mto + impacto de seguridad, ambiente e higiene.

Consecuencia= ((7*2)+1+7)=22

Criticidad total= frecuencia x consecuencias de fallas

Criticidad total=2*22=44 %

La criticidad total es de **44 %** el resultado es reflejado en la siguiente tabla de matriz de criticidad por lo que se demuestra que es un sistema crítico. En el cual se tiene que esta máquina presenta un alto porcentaje de presentar una falla.

Tabla 9. Matriz de criticidad del sistema de vapor. (Caldera York Shipley)

FRE CUENCIA	4	MC	C	C	C	C
	3	MC	MC	C	C	C
	2	NC	NC	MC	SISTEMA DE VAPOR	C
	1	NC	NC	NC	MC	C
		10	20	30	40	50
	CONSECUENCIAS					

2.1 Evaluación del estado técnico del sistema de vapor.

Esta evaluación será de gran utilidad para conocer en qué condiciones reales se encuentra el sistema y de esa manera poder ofrecer un plan de mantenimiento que mejore el estado actual, además de brindarnos información acerca, de qué tipo de reparaciones se deben de aplicar.

La evaluación del sistema de vapor se hace gracias a la aportación del operador de la caldera que fue quien más nos orientó sobre su funcionalidad, además de la información del estado actual como las principales fallas. Se procede a hacer una



inspección de todos los componentes auxiliares que requieren mayor atención de mantenimiento, aspectos técnicos principales.

De esta manera se procedió a clasificar los componentes con las siguientes calificaciones.

Tabla 9. Ponderación de Valores.

VALORES	VALOR CUANTITATIVO	VALOR CUALITATIVO
A	1	Excelente
B	0.8	Muy Bueno
C	0.6	Bueno
D	0.4	Regular

La evaluación se llevó a cabo mediante observación directa de los componentes del sistema, luego se procedió a calificar el estado del componente con respecto a una calificación de 0.4 a 1.

Para los aspectos principales se tomaron aquellos que tienen gran influencia en el funcionamiento del sistema, tales son estos los componentes que se encargan de suministrar las entradas de agua, aire y combustible. Los aspectos relevantes son calificados de acuerdo a su estado técnico:

Tabla 10. Evaluación de aspectos principales.

ASPECTOS PRINSIPALES	CALIFICACION
1. Estado del cuerpo de la caldera	B
2. Condiciones de las bomba de agua	B
3. Condiciones de la bomba de combustible	C
4. Estado de las tuberías de condensado	A
5. Estado de las tuberías de distribución de vapor	A
6. Estado del tanque de condesado	B
7. Estado del sistema tratamiento de agua	C
8. Estado de las válvulas de control y seguridad de vapor	B
9. Estado de las válvulas de control de agua	B



10. Estado del sistema eléctrico del control de los motores	C
11. Estado del quemador	B
12. Condiciones del Mc Donnell	B
13. Estado de los dispositivos de medición (termómetro, manómetros, y niveladores de agua)	B
14. Código de colores para tuberías en el área	D
15. Estado de las trampas de vapor	B

Dentro de los aspectos secundarios evaluamos aquellos componentes en los cuales estos al fallar, no afectan la capacidad de producción del sistema, estos pueden producir defectos pero no así fallas graves.

Tabla 11. Evaluación de aspectos secundarios.

ASPETOS SECUNDARIOS	CALIFICACION
1. Desagüe de purgas (residuos de agua)	C
2. Estado de las herramientas de trabajo	B
3. Estado de pinturas del sistema de vapor	C
4. Limpieza en el área	C
5. Condiciones de los recipientes (tanques de almacenamiento de combustible, agua)	C
6. Iluminación en el área	C

Después de obtener las calificaciones de los aspectos secundarios a través de observación directa e información del técnico de mantenimiento y operador de caldera se calcularon los aspectos principales.

Aspectos principales

$$AP = \frac{90}{N_{AP}} \sum A_i + 0.8B_i + 0.6C_i + 0.4D_i \%$$

$$AP = \frac{90}{13_{AP}} \sum 2_i + 0.8(9)_i + 0.6(3)_i + 0.4(1)_i \%$$

$$AP = 78.9 \%$$



Los aspectos principales denotan como los más importantes los cuales inciden directamente en el desempeño de una máquina, en este caso se obtuvo un valor del 78.9 %.

Aspectos secundarios

$$AS = \frac{10}{N_{AS}} \sum A_i + 0.8B_i + 0.6C_i + 0.4D_i \%$$

$$AS = \frac{10}{6_{AS}} \sum 0_i + 0.8(1)_i + 0.6(5)_i + 0.4(0)_i \%$$

$$AS = 6.33 \%$$

$$ESTADO TECNICO = AP + AS$$

$$ESTADO TECNICO = 78.9 + 6.33 = 85 \%$$

Tabla 10.Recomendación de inicio de ciclo.

Recomendación de inicio de ciclo	
(100-90) %	Revisión
(90-75) %	Reparación pequeña
(75-50) %	Reparación mediana
(50-30) %	Reparación general

Según la tabla anterior se muestran las diferentes fases de un ciclo de mantenimiento preventivo además podemos asegurarnos que operación se hará al comenzar el ciclo de mantenimiento de tal modo que se asegura el tipo de operación a realizar; al observar la cantidad resultante del análisis técnico tenemos un 85 % esto nos dice que el ciclo de mantenimiento del sistema de vapor comenzara con una reparación pequeña de tal forma que ya sabemos que el ciclo de mantenimiento comienza con una reparación pequeña.



2.2. Selección del Sistema de Mantenimiento

A continuación en la siguiente tabla se valoran diversos Criterios para Categorizar la Caldera york Shipley por y por lo tanto seleccionar cuál es el Sistema de Mantenimiento más adecuado para la misma:

Tabla 11. Caracterización del tipo de mantenimiento del sistema de vapor.

N°	CRITERIO	CATEGORÍA		
		A	B	C
1	Intercambiabilidad	Irreemplazable	Reemplazable	Intercambiable
2	Importancia Productiva	Imprescindible	Limitante	Convencional
3	Régimen de Operación	Producción Continua	Producción en Serie	Producción Alternativa
4	Nivel de Utilización	Muy utilizada	Utilización Media	Esporádico
5	Precisión	Alta	Mediana	Baja
6	Mantenibilidad	Alta Complejidad	Media Complejidad	Baja Complejidad
7	Conservabilidad	Condiciones Específicas	Estar Protegido	Condiciones Normales
8	Automatización	Muy Automático	Semiautomático	Mecánico
9	Valor de la Máquina	Alto	Medio	Bajo
10	Aprovisionamiento	Malo	Regular	Bueno
11	Seguridad	Muy Peligroso	Medio Peligroso	Sin Peligro
	Totales	5	6	0
	Mantenimiento Recomendado	Predictivo o MPP	MPP	Correctivo

El resultado muestra que la categoría B contiene 6 puntos la cual es mayor que la categoría A con 5 puntos. Por ende el mantenimiento preventivo planificado es el indicado para el sistema de vapor.



3. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PLANIFICADO.

Este programa de mantenimiento permite al sistema de vapor un mínimo de paradas de producción, minimizar costos y un seguro funcionamiento. El mantenimiento se programara de forma rutinaria llamado ciclo de mantenimiento muy bien controlado en el tiempo. En el programa de mantenimiento se efectúan las actividades de inspecciones y reparaciones que son diarias, semanales, trimestrales, semestrales y anuales.

3.1 Factores tomados en cuenta para realizar el ciclo de mantenimiento.

El análisis es realizado de forma cualitativa haciendo un análisis de los aspectos más importantes a tomar en cuenta para la elaboración del plan de mantenimiento.

3.1.1. Costos de mantenimiento

Equipos auxiliares y accesorios complementarios

Mano de obra

3.1.2 Vida útil del equipo

Historial de reparaciones

Tiempo de explotación del sistema (30 años de explotación)

Estado actual de la máquina.

3.1.4. Complejidad de la maquina

Alta, Media, baja y peso de la máquina.

3.1.5. Importancia en el proceso de producción

Tipo de producción

Material a producir

3.1.5. Riesgos del sistema

Riesgos ambientales,

Riesgos operativos



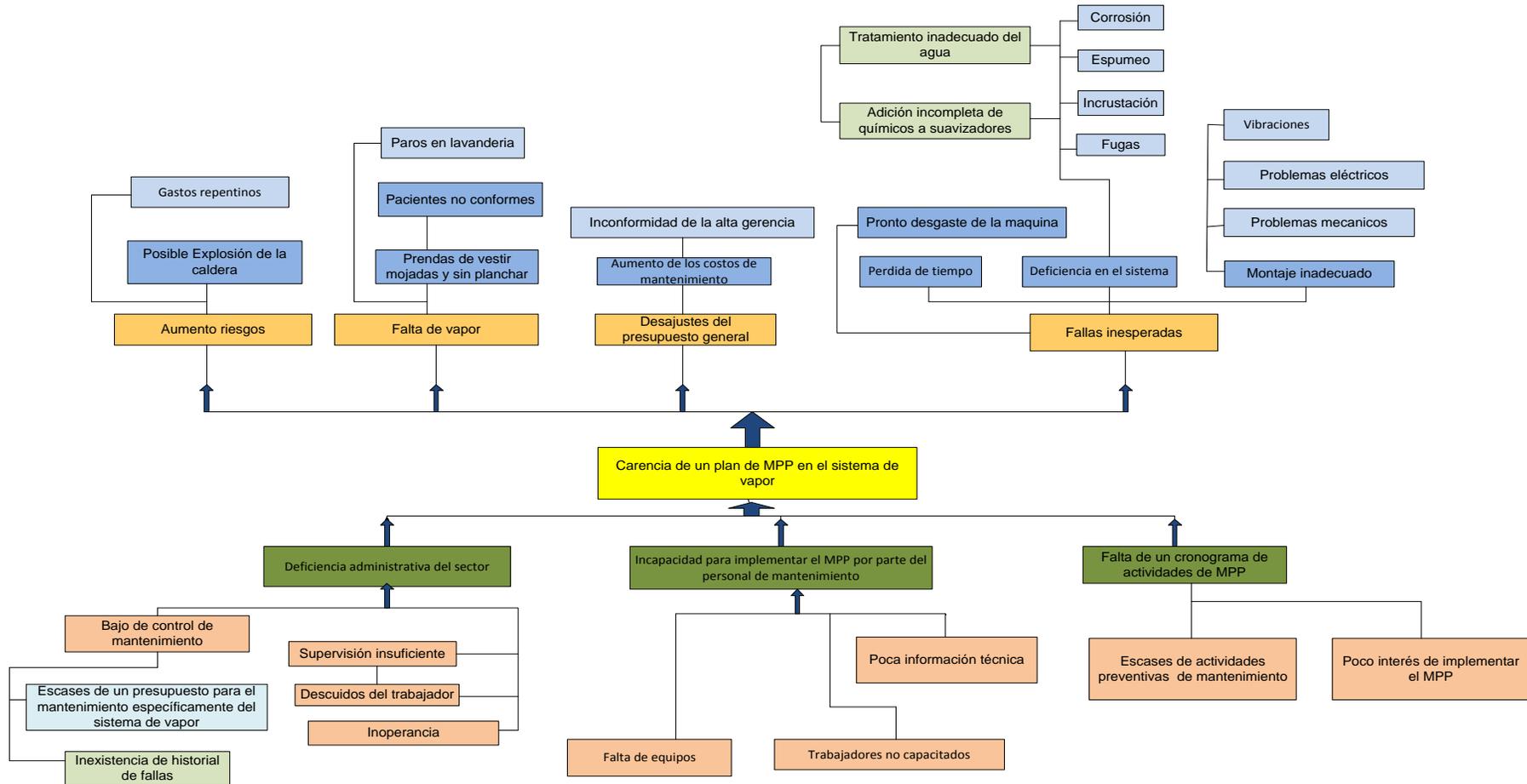
3.2. Factores que inciden en la eficiencia térmica del sistema de vapor

Con las estrategias de mantenimiento que se proponen en esta investigación se aumentara la eficiencia del sistema de vapor del hospital. La eficiencia térmica depende de varios factores, algunos inherentes al fabricante y otros a la operación y uso, entre los que podemos mencionar:

- Diseño del fabricante y eficiencia propuesta.
- Temperatura del agua de alimentación.
- Características de presión y temperatura del combustible.
- Temperatura de gases de escape.
- Exceso de aire en la combustión por encima del recomendado.
- Exceso de purgas.
- Acumulación del hollín en el interior de los tubos.
- Acumulación de incrustaciones por mal tratamiento de agua.
- Refractarios en mal estado.
- Mal aislamiento del equipo.



3.1.3. Árbol de problemas





Estructura del ciclo de mantenimiento del sistema de vapor.

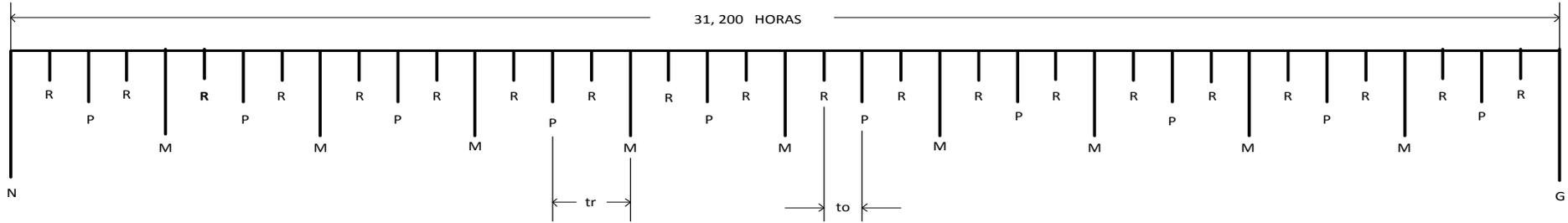


Figura 10. Ciclo de mantenimiento del sistema de vapor.

Calculo entre el periodo de operaciones:

$$T_{op} = \frac{T \text{ horas}}{M+P+R+1}$$

$$T_{op} = \frac{31\,200}{9+10+20+1} = 780 \text{ horas de operación}$$

Tiempo entre reparaciones:

$$T_{rep} = \frac{T \text{ horas}}{M+P+1}$$

$$T_{rep} = \frac{31\,200}{9+10+1} = 1560 \text{ horas de operación}$$

R= revisiones

P = reparaciones pequeñas

M = reparaciones medianas

G = reparación general

To = tiempo entre operación

Tr = tiempo entre reparación



Mantenimiento diario por el operario

1. Mantener el local limpio de basura y cualquier otra impureza y si es posible con un soplete limpiar también todo el sistema.
2. Chequear el nivel de combustible en los tanques.
3. Chequear los niveles de agua diariamente según bitácora de operación
4. Revisar en motores eléctricos ruido y sobrecalentamiento.
5. Inspeccionar si el ventilador tiene el ruido característico.
6. Verificar el funcionamiento del subsistema de tratamiento de agua en todas sus operaciones.
7. Revisar las válvulas de seguridad dos veces por semana
8. Inspeccionar uniones flexibles.
9. Observar la distribución de la llama si es esta normal
10. Purgar:
 - a. Fondo de caldera según los resultados de los análisis del agua
 - b. Tanque de condensado por espacio de 5 segundos
 - c. Sistema de agua Mc Donnall dos veces al día.
 - d. Purgar el tanque de combustible una vez a la semana si es posible
11. Limpiar filtros y las boquillas cuando sea necesario
12. Llenar la bitácora de mantenimiento de funcionamiento local de la caldera

En general la caldera debe funcionar correctamente. En caso contrario, deberá avisar al encargado de mantenimiento. es importante que el operario llene los datos de la bitácora de operación con los datos de presión, temperatura y otros que ayuden a prevenir fallas en el sistema



Tabla 12.Revisiones del sistema de vapor

SUBSISTEMA DE ALIMENTACION DE AGUA		
ITEM	COMPONENTES	ACTIVIDADES
1	Tanque de agua	Revisión del tanque de condensados.
2	Bomba y motor de alimentación de agua	Observar el aislamiento de la bomba y revisar anclajes Revisión general del motor Verificar alineación del motor
3	Columna hidrométrica	Revisar boya Revisar sensores en la columna (presos tatos) Revisar el estado del control de nivel de agua.
4	Tuberías y válvulas de alimentación de Agua y Niveles	Verificar las fugas en las tuberías de agua si las hay repararlas Limpiar filtros de tubería
5	Tratamiento de agua	Revisar fugas
CONJUNTO QUEMADOR		
6	Bomba y motor de alimentación de combustible	Revisar recalentamiento del devanado del motor.
7	Tanque de combustible, nivelador	Limpiar y revisar, el tanque del combustible y nivelador
8	Tuberías y válvulas de	Revisar fugas en las líneas de combustible. Si las hay repárelas.



	combustible	Revisar funcionamiento de válvulas.
9	Fotocelda	Limpiar el hollín de la fotocelda
10	Boquillas y electrodos	Limpiar las boquillas Revisar las puntas de los electrodos y si es necesario ajustarlas según el fabricante Revisar las terminales de los cables de encendido Revisar la porcelana de los electrodos, asegúrese que no estén quebrados
11	Modulador	Revisar modulador
12	Ventilador de tiro forzado	Limpiar malla
13	Caja de conexiones	Revisar el estado de los cables eléctricos.
14	Válvulas solenoides	Revisar válvulas solenoides
15	Transformador de ignición	Revisar los electrodos y transformador.
16	Bomba de dispersión	Revisar fugas en bomba de dispersión.
17	Manómetro	Prueba de manómetro
SISTEMA ESLECTRICO		
18	Programador	Revisión y limpieza Limpiar contactores Revisar continuidad en las líneas de tención.
	Panel de control de la caldera	
	Panel de control de bombas	
CALDERA (SISTEMA DE FUEGO)		



19	Chimenea, Termómetro	Revisar Fugas y corrosión de la chimenea
20	Válvula de seguridad, de distribución, de vapor y de purgas.	Revisar las válvulas de seguridad y sus conexiones
21	Tubos de fuego	Revisar estado.
22	Ladrillos refractarios	Revisar aislamiento externo.
23	Tapa delanteras y traseras	Examinar el interior de la caldera en busca de áreas corroídas.
24	Empaques	
Distribución de vapor		
25	Tuberías y válvulas	Revisar estado en caso de avería cambiar
26	Trampas	
<p>Actividades generales:</p> <p>Limpieza.</p> <p>Revisión general de cada uno de los componentes.</p> <p>Elaborar la lista de los defectos y piezas a sustituir reparar en la próxima reparación planificada.</p>		



Tabla 13.Reparaciones pequeñas del sistema de vapor.

SUBSISTEMA DE ALIMENTACION DE AGUA		
ITEM	COMPONENTES	ACTIVIDADES
1	Tanque de agua	Limpieza interna del tanque
2	Bomba y motor de alimentación de agua	Revisar motor y bomba, reparar en caso de vibraciones anormales, delineamiento, sobrecarga del motor, etc. Cambiar piezas si es necesario.
3	Columna hidrométrica	Limpieza interna y reparación de la boya. Cambiar empaques.
4	Tuberías y válvulas de alimentación de agua Niveles	Eliminar fugas de los tubos Verificar el funcionamiento de las válvulas Limpiar filtro de bomba de agua
5	Tratamiento de agua	Limpieza interna de los tanques suavizadores.
CONJUNTO QUEMADOR		
6	Bomba alimentación de combustible	Limpieza interna Limpiar los impulsores con solvente LIN
7	Motor de combustible	Lubricar los rodamientos del motor. Revisar que el amperaje no sobrepase al indicado en la placa
8	Tanque de combustible, nivelador	Lavar y reparar nivelador si es necesario.
9	Tuberías y válvulas de	Reparar y eliminar fugas



	combustible	
10	Filtros	Limpiar filtros
11	Manómetro	Revisar en caso de fallar lectura cambiar
12	Fotocelda	limpieza
13	Boquillas de aire	Limpieza o reparación
14	Modulador	Lubricar las levas del modutrol.
15	Ventilador de tiro forzado	Engrasar chumacera del ventilador inducido y tiro forzado. Limpiar la turbina del quemador. Limpiar el rotor del motor Probar que el amperaje no sobrepase al indicado
16	Caja de conexiones	Reparar si es necesario, más limpieza
17	Válvulas solenoides	Limpieza con aire comprimido y repararlas si necesario
18	Transformador de ignición	Reparar si es necesario.
19	Bomba de dispersión	Limpieza y reparación de sus partes con imperfecciones.
20	Manómetro	Revisar si esta con fallas cambiar
SISTEMA ELECTRICO		
21	Programador	Revisión y limpieza Limpiar contactores Revisar continuidad en las líneas de tención
	Panel de control de la caldera	
	Panel de control de bombas	



CALDERA (SISTEMA DE FUEGO)		
22	Chimenea, Termómetro	Reparar si hay corrosión u hollín
23	Válvula de seguridad, de distribución, de vapor y de purgas.	Verificar el funcionamiento de la válvula de seguridad.
24	Tubos de fuego	Limpiar los tubos del lado de fuego Eliminar hollines
25	Ladrillos refractarios	Limpiar ladrillos refractarios con escobillón
26	Tapa delanteras y traseras	Revisar empaques, reparar si es necesario.
DISTRIBUCIÓN DE VAPOR		
27	Tuberías y válvulas	Verificar el funcionamiento de las válvulas Reparar acoples, eliminar fugas
28	Trampas	Limpieza externa, revisar y cambiar si es necesario.
<p>Actividades generales de reparaciones pequeñas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Hacer inspección total de la caldera 2. Realizar prueba hidrostática 3. Elaborar la lista de los defectos y piezas a sustituir reparar en la próxima reparación planificada. 		



Tabla 14.Reparaciones medianas del sistema de vapor.

SUBSISTEMA DE ALIMENTACION DE AGUA		
ITEM	COMPONENTES	ACTIVIDADES
1	Tanque de agua	Pintar y limpiar internamente el tanque
2	Bomba y motor de alimentación de agua	Desarmar para revisar todas sus partes. Reemplazar defectuoso. Cambiar empaques.
3	Columna hidrométrica	Cambiar empaques Desarmar el Mc Donnell y limpiarlo internamente, reemplazar los electrodos si es necesario.
4	Tuberías y válvulas de alimentación de combustibles y Niveles	Cambiar las tuberías que estén con grietas. Revisar válvulas cambiar si presenta la menor si presenta la más mínima falla
CONJUNTO QUEMADOR		
5	Bomba alimentación de combustible	Desarme para revisión, limpieza. Cambiar piezas que estén falladas
6	Motor de combustible	
7	Tuberías y válvulas de combustible	Cambiar tuberías con grietas o fallas. Eliminar fugas, chequear si quedo bien el paso de combustible. Revisar válvulas cambiar si presenta la menor si presenta la más



		mínima falla
8	Filtros	Cambios de filtros.
9	Manómetro	Revisar funcionamiento, si tiene un error de más de 10 % cambiar
10	Fotocelda	Mantenimiento integral de todos sus componentes. (Limpieza, reparación y cambio de piezas defectuosas). Cambiar los rodamientos del ventilador. (Montaje correcto de fotocelda y boquillas) Revisar funcionamiento de manómetro, si tiene un error de más de 10 % cambiar
11	Boquillas de aire	
12	Modulador	
13	Ventilador de tiro forzado	
14	Caja de conexiones	
15	Válvulas solenoides	
16	Transformador de ignición	
17	Bomba de dispersión	
18	Manómetro	
SISTEMA ELECTRICO		
19	Programador	Prueba de funcionamiento, en caso de anomalía reparar
20	Panel de control de bombas	Arreglar o Cambiar lo elementos que estén dañados.
21	Panel de distribución	Arreglar o Cambiar los elementos que estén dañados.
22	Programador	Prueba de funcionamiento, en caso de anomalía reparar
CALDERA (SISTEMA DE FUEGO)		
23	Chimenea, Termómetro	Revisar funcionamiento, si tiene un error de más de 10 % cambiar



24	Válvula de seguridad, de distribución, de vapor y de purgas.	Si es necesario cambiar.
25	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tubos de fuego 2. Ladrillos refractarios, Aislamiento 	<p>Revisar los tubos de fuego, ladrillos refractarios.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Eliminar escoria u hollín de los tubos y ladrillos refractarios. 2. En caso de corrosión o incrustaciones reparar y cambiar si es necesario. 3. Comprobar el aislamiento externo de la caldera , cambiarlos si es necesario 4. Limpiar el exterior de la caldera 5. Preparar la superficie para pintar donde sea necesario
26	Tapa delanteras y traseras	Cambiar empaques del cristal
DISTRIBUCION DE VAPOR		
27	Tuberías y válvulas	<p>Cambiar válvulas que presenten el mínimo defecto</p> <p>Cambiar tuberías defectuosas si las hay</p> <p>Reparar aislamiento.</p>
28	Trampas	Cambiar si es necesario
<p>Actividades generales de reparaciones medianas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Limpieza externa e interna de todo el sistema 2. Pintar tubería y caldera si es necesario. 3. Realizar una limpieza química de la caldera si es necesario 4. Hacer mantenimiento correctivo de cualquier pieza que presente avería o falla 		



Reparación general

1. Cambiar 50% de las tuberías con mayor deterioro.

2. Cambiar ladrillos refractarios.

3. Reparar o cambiar ventilador y bombas

4. Reparar la estructura de hierro.

5. Cambiar el aislamiento.

6. Reparar o cambiar quemadores, tanques, etc.

7. Cambiar el protector del aislamiento.

8. Cambiar los aparatos de medición, control y seguridad.

9. Reparar las puertas.

10. Reparar las chimeneas.

11. Cambiar todas las piezas desgastadas.

12. Pintar la caldera.

13. Probar en frío y en caliente la caldera.



Fallas más comunes en el sistema de vapor.

- No abre válvula de combustible
- La Caldera expulsa mucho humo
- El quemador produce explosiones
- No hay correcta inyección de agua
- La caldera no enciende
- Se produce la chispa pero no hay llama
- Tubos perforados
- Tubos torcidos, fugas en juntas, tubos rotos
- No hay descarga de agua de la caldera
- La descarga de la bomba es insuficiente
- Ruido excesivo en la bomba
- Vibración excesiva en la bomba

Tabla 15. Fallas más comunes del sistema de Vapor.

AVERIAS	POSIBLES CAUSAS	SOLUCION
Se enciende el piloto pero la válvula principal de combustible no se	a. Fococelda sucia. b. Control electrónico sucio c. Válvula solenoide desconectada d. Bobina de la válvula solenoide quemada	a. Limpiar la fotocelda b. Comprobar relés c. Conectar válvula solenoide d. Cambiar la bobina de la válvula solenoide



abre	<ul style="list-style-type: none"> e. No hay combustible f. Modulador no está en posición de arranque g. Presostato defectuoso 	<ul style="list-style-type: none"> e. Revisar el nivel de combustible f. Esperar que llegue la posición de arranque g. Revisar presostatos
La caldera expulsa mucho humo	<ul style="list-style-type: none"> a. Falta de aire b. Exceso de presión bomba de combustible c. Boquillas defectuosas d. Entrada de aire incorrecta e. Damper no regula f. Retorno de combustible 	<ul style="list-style-type: none"> a. Regular el damper y limpiar turbina b. Regular línea de retorno c. Limpiar o reemplazar d. Regular damper/limpiar turbina de aire e. Regular damper f. Ajustar la línea de retorno
El quemador produce explosiones	<ul style="list-style-type: none"> a. Mala regulación de los electrodos b. Electrodos defectuosos c. Contaminación del combustible d. Contaminación del combustible e. Entrada de aire incorrecta f. Boquillas defectuosas g. Desajuste del control de ignición 	<ul style="list-style-type: none"> a. Calibrar los electrodos b. Reemplazar c. Comprobar o sustituir d. Purgar tanque e. Regular damper/limpiar filtro de bomba f. Limpiarlas/controlarlas o sustituir las g. Revisar el y ajustar el control de ignición
La bomba de agua trabaja y el tanque tiene agua pero no	<ul style="list-style-type: none"> a. Excesiva temperatura del agua b. Impulsor de la bomba dañado c. Tubería de entrada de agua defectuosa 	<ul style="list-style-type: none"> a. Revisar las líneas en busca de trampas defectuosas/poner un tanque de mas baja temperatura



inyecta agua	d. Válvula de retención defectuosa entre la bomba y la caldera	b. Sustituir impulsor c. Destapar tubería d. Cambiar la válvula de retención
La caldera no enciende	a. El switch del damper no funciona b. Boquillas destapadas c. No hay chispa d. Circuito de ignición defectuoso e. No llega combustible	a. Sustituirlos b. Destaparlos c. Revisar el transformador y el circuito de ignición d. Revisar los componentes de los círculos de ignición e. Revisar el sistema de combustible/el tanque puede estar sucio/línea de combustible destapada/válvula cerrada/la bomba no funciona
Tubos cortados, perforados, torcidos, rotos, fugas en las jutas y en los extremos	a. Aplicación defectuosa de expansión de tubos b. Corrosión c. Acción del oxígeno d. Excesivas incrustaciones e. Bajo nivel de agua f. Métodos incorrectos de arranque y parada	a. Utilizar correctamente el expensor de tubo b. Sustituir los tubos c. Continuo control del PH y el oxígeno d. Purgas más frecuentes e. Sistema de bajo nivel de agua defectuoso/desperfectos en el flotador o sistema de alimentación f. Seguir los procedimientos de arranque y



	g. Golpe de llama	parada g. Ajuste al quemador
No hay descarga de agua de la caldera con la bomba funcionando	<ul style="list-style-type: none"> a. Baja velocidad de la bomba de agua b. La presión de descarga es muy baja c. Impulso obstruido d. Succión obstruida e. La bomba de agua gira en sentido contrario al indicado en la carcaza 	<ul style="list-style-type: none"> a. Revisar las conexiones eléctricas b. Revisar las tuberías de agua c. Descarga hacia atrás/desarmar la bomba y quitar la obstrucción d. Invierta dos fases del motor
La descarga de la bomba es deficiente	<ul style="list-style-type: none"> a. Baja velocidad b. Presión alta c. Impulsor obstruido d. Impulsor dañado e. Anillo del canal dividido dañado f. Anillos esparcidos dañados 	<ul style="list-style-type: none"> a. Ver la (a) anterior b. Ver la (b) anterior c. Ver la (c) anterior d. Cambiar el impulsor e. Cambiar anillos del canal dividido f. Cambiar anillos esparcidos
Excesivo ruido de la bomba	<ul style="list-style-type: none"> a. Materia extraña en el impulsor b. Altura de descarga alta c. Zumbido magnético 	<ul style="list-style-type: none"> a. Desembalar la bomba y quitar la obstrucción b. Limpiar la tubería de descarga c. Consultar al constructor del motor
Vibración excesiva de la bomba	<ul style="list-style-type: none"> a. Materia extraña en el impulsor b. Impulsor dañado c. Tubería de descarga mal montada 	<ul style="list-style-type: none"> a. Desarmar la bomba y quitar la obstrucción b. Cambiar el impulsor c. Asegurar la tubería de descarga



4. COSTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PLANIFICADO

En el costo de mantenimiento preventivo planificado para el sistema de vapor se toma en cuenta solamente los costos directos, estos son costo de mano de obra, costos de materiales y repuestos, además contratos de empresas externas. De acuerdo al ciclo de mantenimiento los costos se calculan en base a las actividades, que a su vez se dividen en revisiones y reparaciones pequeñas, medianas o generales. Al final calculamos la sumatoria de los costos de cada una de ellas. Gracias a las entrevistas y cotizaciones a empresa como RETECSA y algunos ingenieros contratistas nos facilitaron el precio de mano de obra y precios de los componentes del sistema de vapor.

El operador es el encargado de hacer el mantenimiento preventivo diario con un salario de C\$5000 mensual, el técnico de mantenimiento realiza las actividades de revisión y reparaciones pequeñas con un salario de C\$6000 mensual. El técnico de mantenimiento y el operario realizan las actividades del MPP que están dentro de su capacidad y por lo tanto las reparaciones o revisiones que están fuera de su alcance son realizadas por empresas externas.

Por otro lado los datos monetarios se presentan en dólares debido a variaciones con respecto al dólar estadounidense con una tasa de cambio oficial según el banco central de Nicaragua de C\$26.0390 al día 25/07/2014.



Revisiones

En el cuadro siguiente se muestra el salario del técnico de mantenimiento y el operario los cuales realizan en conjunto las actividades programadas (revisiones) de mantenimiento preventivo.

Sistema de vapor	Costo de Mano de obra (\$)		Gastos imprevistos
	Técnico	Operario	
subsistema de alimentación de agua	\$ 720.41	\$ 727.72	\$ 230.72
subsistema de alimentación de combustible			
sistema eléctrico			
conjunto quemador			
Cuerpo de caldera			
COSTO DE UNA REVISION			\$ 230.72
Total de costos a los tres meses		\$ 1678.55	

Reparaciones pequeñas

Actividades	Contratación (Costo de mano de obra en \$)	Accesorios	Costos C\$
Cuerpo de caldera	\$ 606.06	Empaques	\$ 38.78
Conjunto quemador			
Sistema de alimentación de agua			
Distribución de vapor		Gastos imprevistos	\$ 192.01
Sistema eléctrico			
Costos Totales		\$ 836.86	



Reparaciones medianas

Sistema de vapor	Contratación (Costo de mano de obra en \$) ⁸	Accesorios	Costo ⁹
Cuerpo de caldera	1248.12	2 Tubos de fuego	656.66
Conjunto quemador	349.47	Sin cambios	-----
Sistema de alimentación de agua	336.03	4 Manómetros	17.97
		3 Válvulas ¹⁰	22.85
Sistema de alimentación de combustible.		Tubería de combustible	307.23
		Filtro de combustible	29.95
Sistema eléctrico	249.62	Sin cambios	-----
Costos			\$ 3217.94
10% imprevistos			\$ 321.79
Total de costo para una reparación mediana			\$ 3,539.73

⁸Ver anexo 15 Cotización facilitada por el ing. Ángel Tapia (contratista)

⁹ Ver anexo 13: Cotización precios de componentes de caldera.

¹⁰ www.salvadorescoda.com



Reparación general

Esta reparación se realiza para que la caldera quede trabajando en un 90 % de eficiencia.

La reparación general es elaborada por una empresa contratista además en los costos incluye el salario del operador y el técnico ya que son parte para realizar el mantenimiento preventivo planificado

Actividad	Accesorios, piezas o componentes	Costos¹¹	Contratación (Costo de mano de obra en \$)¹²
Cambiar el 50 % tubos de fuego de mayor deterioro.	7 tubos AC ASTM	\$ 2298.3	
Cambiar 50% de las tuberías las de mayor deterioro.	Tubos de presión	\$ 307.23	2,304.23
Pintar la tuberías	Filtro	\$ 57.91	
	Tubos de presión		
	2 galones de Pintura para metal	\$ 192.01	
Cambiar ladrillos refractarios.	Ladrillos refractarios	\$ 722.76	
	5 empaques para tortuga	\$ 34.94	
Reparar o cambiar ventilador y bombas	Imprevistos		
Reparar estructura de hierro	Imprevistos		
Cambiar el aislamiento.	Fibra Cerámica	\$ 733.78	
Cambiar los aparatos de medición, control y seguridad.	4 Manómetros	\$ 17.97	
	Válvula de seguridad	\$ 456.31	
	3 Válvulas ¹³	\$ 22.85	
	Válvula globo	\$ 179.73	
Reparar las puertas.	Empaque manhole elíptico	\$ 61.44	
Reparar las chimeneas.	Imprevistos		

¹¹ Ver anexo 13

¹³ www.salvadorescoda.com



Cambiar todas las piezas desgastadas.	Imprevistos		
Pintar la caldera.	1 galón Pintura aluminio a alta temperatura	\$ 143.78	
Probar en frío y en caliente la caldera.	-		
Costos = materiales + mano de obra			\$ 7533.3
+ 10% de imprevistos			\$ 753.33
Costo total de la reparación general			\$ 8,286.63

Tabla 16. Resumen de costos de mantenimiento.

	Revisión	Reparación pequeña	Reparación Mediana	Reparación General
Tiempo entre actividad	780 hr	1560 h	1560 h	31200 h
Tiempo en realizar la tarea.	8 h	16 h	24 h	32 h
Personal que realiza la tarea	Técnico y operario.	Contratistas, técnico de Mto y Operario.	Contratistas, técnico de Mto y Operario.	Contratistas, técnico de Mto y Operario.
Costos	\$ 230.72	\$ 836.86	\$3,539.73	\$8,286.63
COSTOS ANUALES:				
SUMATORIA DE COSTOS				\$ 4607.31
SALARIO DEL OPERADOR				\$ 2,549.6
SALARIO DEL TECNICO				\$ 2,911.90
TOTAL DE GASTOS ANUALES			\$ 10.068.81	



XII. CONCLUSIONES

1. El sistema de vapor del área de lavandería cuenta con dos calderas semiautomáticas una marca York Shipley la más eficiente, consume unos 55 galones de diesel y otra marca Fulton que consume el doble de combustible la cual se ocupa para repuesto, éstas una a la vez abastecen de vapor el área de lavandería las maquinas planchadoras y las secadoras. El operario es dirigido por el jefe de lavandería, está debidamente capacitado por lo tanto conoce del funcionamiento y de las fallas más comunes del sistema. Este a su vez es el encargado de llevar el control, lo hace con una bitácora de mantenimiento. Por otro lado se observó la falta de control y planeamiento para realizar actividades de mantenimiento

2. Al analizar el estado de criticidad del sistema de vapor se encontró una incidencia del 44%, lo que indica que este sistema por su naturaleza es un sistema que se encuentra en un riesgo moderado, el cual como máximo nivel de aplicación requiere la implementación de medidas de mantenimiento predictivo, este tipo de mantenimiento se presta para las condiciones de realización de ensayos no destructivos , además de las actividades de mantenimiento preventivo descritas en este trabajo y de alguna manera también se pueden desarrollar actividades correctivas estas dirigidas a componentes que no presentan gran impacto en el funcionamiento del sistema. Por otro lado al evaluar el estado técnico del sistema de vapor, este se encuentra en un 85% lo cual indica que está en buen estado.

3. En cuanto al plan de mantenimiento se realizó la estructura del ciclo de mantenimiento este con un total de 31200 horas de operación, con revisiones cada 780 horas, reparaciones pequeñas cada 1560 horas y reparaciones medianas cada 3120 horas. Las actividades de mantenimiento son dirigidas especialmente al sistema eléctrico, cuerpo de caldera, sistema de alimentación de agua y sistema de distribución y condensado.

4. Dentro de los costos de mantenimiento preventivo para el programa de mantenimiento propuesto estos ascienden a un total de **\$ 10.068.81** anualmente, lo cual nos permite aproximar y tener una visión general del presupuesto que se debe de brindar a esta área.



XIII. RECOMENDACIONES

1. Cumplir con las normativas de higiene y seguridad que han sido otorgadas por el Ministerio de Trabajo como es utilizar los equipos de protección para operar y dar mantenimiento al sistema con la finalidad de prevenir accidentes.
2. Se recomienda al iniciar el Mantenimiento Preventivo Planificado una reparación pequeña a todo el sistema de vapor, esta con el fin de elevar el estado técnico del sistema. Esta reparación podría estar enfocada al sistema eléctrico, puesto que esté ya tiene varios años de estar en operación.
3. Se recomienda poner en práctica las actividades de mantenimiento preventivo, el encargado de mantenimiento deberá coordinar, evaluar, llevar el control y mejorar continuamente en dichas actividades de manera que se cumplan las tareas. Se debe considerar la utilización del personal propio de mantenimiento y los contratos a terceros deben ser los más idóneos para realizar el trabajo.
4. Con el propósito de controlar un poco más la función del mantenimiento es recomendable utilizar los formatos propuestos en este trabajo con el fin de ayudar a llevar un mejor control de los fallos y actividades de mantenimiento.
5. Garantizar un presupuesto anual dirigido al Mantenimiento Preventivo Planificado para lograr la eficiencia del servicio de lavandería Por otro lado tomar conciencia de la importancia del mantenimiento y no interpretarlo como un gasto, ya que busca conservar el capital invertido en los equipos.



XIV. BIBLIOGRAFIA

- Abella, M. B. (2003). Mantenimiento Industrial. *Tecnología de Máquinas*, 24-26.
- Betancur Sierra, J., & Giraldo Aristizaval, W. (2010). *Guía para el manejo de calderas* . Medellín : Area Metropolitana del Valle de Aburra .
- Criollo, R. G. (2010). *Estudio del trabajo*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Gayán, j. B. (2007). *Energía mediante vapor, aire o gas* . Barcelona : editorial Reverte, S.A.
- Narváez Sánchez, A. A., & Narváez Ruiz, J. A. (2007). *Contabilidad II*. Managua : Ediciones A.N., 2007 266p.
- Navarrete Perez, E. y. (2002). *Mantenimiento industrial* . la habana : pueblo y Educación .
- Okulik, D. (1988). *Reparación de equipos electricos de empresas industriales* . Moscu: MIR, Moscu.
- Rauet, M. C. (1996). Auditoria y autoevaluación del mantenimiento . *Mantenimiento* , 21-28.
- Ruiz, A. A. (1979). *Manual de mantenimiento y reparación de equipos industriales*. La Habana : EDITORIAL ORBE .
- Soza, L. A. (2008). *Mantenimiento preventivo planificado* . Managua : UNAN-Managua .
- torres, j. c. (2010). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para Extrupas* S.A. cuenca .
- Vegas, C. (2009). *Mantenimiento preventivo* . cuba .
- Zapata, C. (2009). *DISEÑO DE SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO* . Puerto Ordaz .



XV. ANEXOS

ANEXO 1

Tabla 17.Ficha técnica caldera York Shipley inc.

Modelo:	FV-204;Tipo: 2
N°de Serie:	73-7798
Dimensiones :	Largo:2.64mts, Diámetro:1.25mts.
Presión de trabajo vapor :	120 PSI
M´T´R´ HP:	1;Volt:230;Fase:3
Potencia :	60 Hp
Libras de vapor por hora :	1725
Ciclo:	60
M T R Amps:	3.0
Amperios de control:	4.0
Firing Rate:	15.0 G.p.h
Transformador de ignición	
CAT:	
PRI:	120 Volts ;60 HZ
SEC:	10000 Volts.
Ventilador de tiro forzado	
Marca:	MARATHON ELECTRIC
Código:	ENC-DP
Voltaje:	190/380;60HZ
Potencia:	¾ Hp
Rpm:	3450
Amperios:	3.4/1.7

ANEXO 2



Tabla 18.Ficha técnica caldera Fulton.

Caldera N °:	0.76750
Junta Nacional N °:	0.76750
Modelo:	FB-050-A año: 1725
MD libras de vapor / Hr:	1725
SH: 5/16; HD: 5/8; SA: 150; PCM: 150	
Clasificación general:	12 Amperios o menos
velocidad de disparo máxima no exceda de:	15gln / h
Fulton Boiler Works, INC	
modelo:	50
para la entrada correcta	230 psi
Salida:	156ph

ANEXO 3

Tabla 19.Ficha técnica motor y bomba de agua 1.

Motor de Bomba		Bomba de agua	
CAT.N°	14SF@50Hz	Marca:	BERKELEY
SPEC.	35Q6595255	Modelo:	BVM2-100NPT 1-1/4" EPDM
HP.	2//3	Presión máxima	360 psi
VOLTAJE	190/380//230/400	Tempmax:	250 °F
AMPERIOS	6.2/3.1//7.4/3.7	N° serie :	1725988-10
R.P.M:	2900//3450		
FRAME:	182TCZ, HZ:50/60,PH:3		
SER.F	1.15/CODE:L/DE5:B/CLASE:B		
NEMA NOM	87.5%/P.F:89%.		
EEFE%:			
MARCA:	BALDOR		

ANEXO 4



Tabla 20. Ficha técnica motor y bomba de agua 2.

Motor de bomba	
Marca:	Baldor
Modelo:	35N1925774
N°Serie:	184TC F397
Front:	2203
Voltaje:	230/460
Pulley	6307
Potencia :	5hp
NEMA NOM EEFÉ%:	87.5,90
Rpm:	3450
SFA:	1.4.7-13.6/6.8
Bomba de agua	
Tipo:	CR4-100V-G-A-AVVE
Modelo:	C41006070 P19727
Rpm:	3450;250F°max
Q:	22 GPH
H:	360 pies, 300 psi max

ANEXO 5

Tabla 21. Ficha técnica de tanque de condensado.

Presión de entrada:	125 psi
Volumen	500gln

ANEXO 6



Tabla 22. Ficha técnica de suavizador de agua.

Marca:	Structural
Size:	1052
Especificaciones de operación	
Presión máxima:	150 psi;1034 KPa
Temperatura máxima:	120°F;49°C
Temperatura mínima:	34°F;1°C
Máxima Vaccum:	5" Hg 127mm Hg

.ANEXO 7

Tabla 23. Ficha técnica bomba de líquido anticorrosivo.

Marca:	LMI MILTON ROY
Modelo:	A141-152
Serie:	951125723
Voltios:	120
Amperios:	1.40
Máxima-GPD:	14.40
Máxima presión:	250



ANEXO 8

Formato de registro de Mantenimiento

Datos de la maquina						
Nombre:				Área:		
Descripción de la actividad realizada	Tipo de trabajo	Fecha de inicio	Fecha final	Horas inicial	Horas final	Total horas
Observaciones :						



ANEXO 9

Solicitud de trabajo de mantenimiento:

Equipo No _____.

Fecha _____.

Normal _____

Urgente _____

Extra Urgente _____

Descripción de la falla

Sugerencias _____

Solicitado Por

Encargado



ANEXO10

Entrevistas

Entrevista al encargado de mantenimiento.

1. Documentación Técnica Disponible

¿Existe un manual de mantenimiento que describa las actividades necesarias para el correcto mantenimiento de los equipos?

No, no se cuenta con un manual de mantenimiento que contenga información sobre las actividades de mantenimiento que se dan a cada equipo

¿Disponen ustedes de listas escritas de mantenimiento preventivo?

No se tiene este tipo de documento escrito en que se encuentre este contenido.

2. Historial de Equipos y fallas

¿Poseen ustedes de un Historial de los Equipos que se encuentran en el Hospital?

Sí, se tiene

3. Plan y Gamas de Mantenimiento Preventivo e Inspección

¿Los tiempos de mantenimiento para cada actividad se conocen de antemano?

No, no se conocen

4. Supervisión del mantenimiento

¿Existe un supervisor de mantenimiento que inspeccione las actividades de cada trabajador?

Sí, existe un supervisor que es el encargado de inspeccionar el estado de los equipos pero no de las actividades que realiza cada trabajador.



¿Se realiza una inspección al equipo por parte del supervisor para los equipos más complejos?

Sí.

5. Dotación de Medios para Mantenimiento e Inspección

¿Disponen Uds. en propiedad de un inventario de herramientas y equipamientos de pruebas?

Sí.

¿Disponen Uds. de todas las herramientas especiales y de los equipamientos que necesitan?

Sí.

¿Dispone cada operario de una caja de herramientas personal?

Sí, cada operario dispone de una caja de herramientas de uso personal, pero éstas son propiedad del Hospital.

6. Inspecciones Reglamentarias

¿Tienen ustedes un programa establecido de mantenimiento preventivo para realizar las inspecciones reglamentarias?

No, no se posee un programa que reglamente las inspecciones.

¿Qué tipo de mantenimiento se les dan a las maquinas del sistema?

Se tiene un mantenimiento semestral y anual aunque cuando un equipo falla se le da un mantenimiento correctivo.

7. Información Técnica

¿Tienen ustedes una reseña histórica de los trabajos para cada equipamiento?

No, no se tiene



ANEXO 11

Imágenes



Foto 1. Caldera york shipley.inc



Foto 2. Caldera vertical Fulton.



Foto 3.Motor y Bomba de agua 1.



Foto 4.Motor y Bomba de agua 2.



Foto 5. Tanque de condensados.



Foto 6. Tanque de combustible.



Foto 7.Sistema de tratamiento de agua.



Foto 8 .Controles de arranque de bombas de agua.



Foto 9. Control de arranque de caldera York Shipley ,inc.



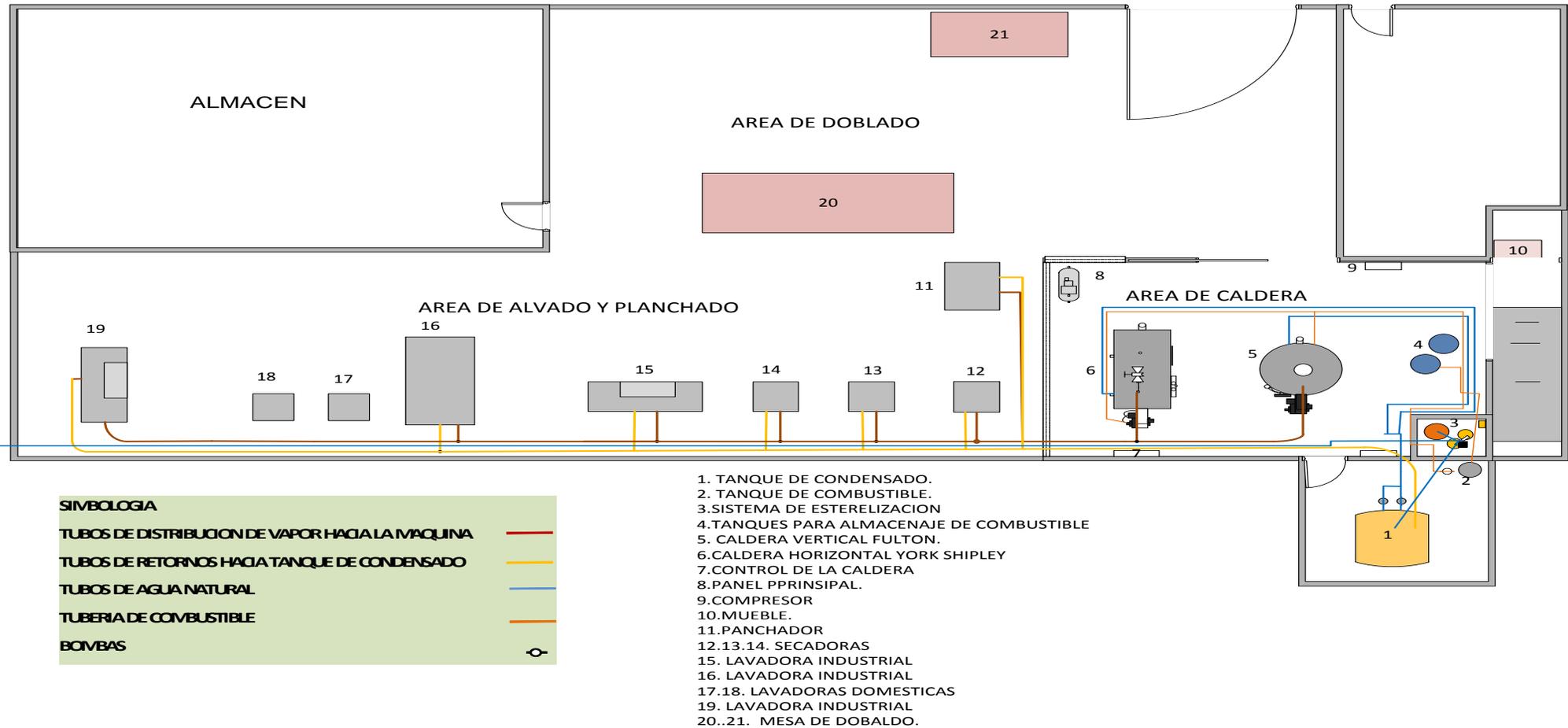
Foto 10.Tuberías de distribución y condensado del sistema de vapor.



Foto 11. Área de lavandería.



Nivelador de agua la caldera



ANEXO 12 Distribución de planta, área de lavandería.



ANEXO 13

HOSPITAL MILITAR ALEJANDRO DAVILA
 BOLAÑOS
 NOMINA DEL 01 AL 30 DE JUNIO DEL
 2014

Cargo	Ingresos				Total de ingresos	Egresos			Total de Egresos	Neto a pagar	Prestaciones sociales	
	Salario mensual	Incentivo 1%	porcentaje	Antigüedad		INSS laboral	10% I.R	inatec 2%			Vacaciones	Treceavo mes
Técnico de mantenimiento	C\$ 6,500.00	C\$ 65.00	3.00%	C\$195.00	C\$ 6,760.00	C\$ 422.50	C\$ 676.00	C\$ 130.00	C\$ 1,228.50	C\$ 5,531.50	C\$460.96	C\$460.96
Operador de caldera	C\$ 6,000.00	C\$ 60.00	10.00%	C\$600.00	C\$ 6,660.00	C\$ 399.60	C\$ 666.00	C\$ 180.00	C\$ 1,245.60	C\$ 5,414.40	C\$451.20	C\$451.20



ANEXO 14

Cotización precios de componentes de caldera.



REPRESENTACIONES TÉCNICAS LANUZA, S.A.

Colonial Los Robles, Plaza El Sol 1 1/2c. al Sur
 Apartado No. 3621, Managua, Nicaragua
 Web: www.retecsa.com.ni
 RUC: J0310000154040

Teléfono: (505) 2278-4415/16
 Fax: (505) 2278-0902
 Email: ventas@retecsa.com.ni

COTIZACIÓN: PKO-01950

Cotizado a: **1** **MOSTRADOR**
 Atención/Fax: ~
 Referencia: **Materiales Varios**

Fecha: 03/07/2014
 Condición de Pago: **CONTADO**
 Precios en: **Dólares**

Item	Código	Descripción	Bodega	UM	Cantidad	Precio	Total
1	10-LAD-XX-05213	LADRILLO REFRACT. TCG-25 STANDARD 9" X 4½" X 2½"	01	UND	1.0	\$ 3.14	\$ 3.14
2	03-VCR-AI-10591	V. CIERRE RAP AI 2" RSC 2014N PASO TOTAL GENEBRE	01	UND	1.0	\$ 79.00	\$ 79.00
3	04-FIL-AI-11900	FILTRO AI 2" ART.2460N GENEBRE	01	UND	1.0	\$ 58.00	\$ 58.00
4	11-ECA-XX-06117	EMPAQUE HANDHOLE P/CALDERA ELIPTICO 3½"X4½"X5/8" TOPOG-E	01	UND	1.0	\$ 6.00	\$ 6.00
5	17-VAR-XX-09128	PINTURA ALUMINIO ALTA TEMPERATURA (1 GALON)	01	UND	1.0	\$ 144.18	\$ 144.18

Tiempo de Entrega:	Segun Existencia. El tiempo de entrega ofrecido puede variar de acuerdo a la disponibilidad de existencias en Fabrica y/o Bodega y sera confirmado al momento de recibir su Orden de Compra. Productos sujetos a previa venta	Total Mercadería: \$ 290.32
		0.00% Descuento: \$ 0.00
		Subtotal: \$ 290.32
Oferta Válida por:	7 días	IVA: \$ 43.55
	Válida por compra total del Pedido.	Total General: \$ 333.87

OBSERVACIONES:

TRESCIENTOS TREINTA Y TRES con 87/100

Política de entrega de pedidos en inventario:
 Solicitudes recibidas antes de las 10:00am, se entregan mismo día
 Caso contrario se entregan al siguiente día laboral hábil.
 Envíos sujetos a disponibilidad de transporte.

Cotiza: KOBREGON



REPRESENTACIONES TÉCNICAS LANUZA, S.A.

Colonial Los Robles, Plaza El Sol 1 1/2c. al Sur
Apartado No. 3621, Managua, Nicaragua
Web: www.retecsa.com.ni
RUC: J0310000154040

Teléfono: (505) 2278-4415/16
Fax: (505) 2278-0902
Email: ventas@retecsa.com.ni

COTIZACIÓN: DHC-00554

Cotizado a: ~1
Atención/Fax:
Referencia:

MOSTRADOR
Bismark Alberto Gamez Solis.
Oferta para calderas.

Fecha: 17/06/2014
Condición de Pago: CONTADO
Precios en: Dólares

Ítem	Código	Descripción	Bodega	UM	Cantidad	Precio	Total
1	09-BPC-XX-05103	BOQUILLA 10GPH 80° #2-30-060 FULTON (cald.100 HP usan 2 unidades)	01	UND	1.0	\$ 12.00	\$ 12.00
2	09-CON-XX-05064	FOTOCELDA ULTRAVIOLETA (MINI PEEPER) C7027A1049 (Ultraviolet Flame Detector) HONEYWELL FULTON #2-40-161	01	UND	1.0	\$ 140.00	\$ 140.00
3	09-CON-XX-05328	ELECTRODO E5-151D 4" WESTWOOD P/QUEMADOR BECKET	01	UND	1.0	\$ 12.00	\$ 12.00
4	03-VSO-XX-01568	V. SOLENOIDE 8266D077V 120VAC ½" NC P/FUEL OIL 2, 4, 5 Y 6 ASCO. PRES.MAX.: 70 PSI (FUEL OIL #2 Y FUEL OIL #6)	01	UND	1.0	\$ 327.34	\$ 327.34
5	09-CON-XX-05423	TRANSFORMADOR 120V/60HZ, 6000V CAT.1092, TYPE H (1 TERMINAL) ALLANSON	01	UND	1.0	\$ 110.00	\$ 110.00
6	03-VSE-BR-10449	V. SEGURIDAD BR 2"X2½" 175 PSI #6021JHM01 KUNKLE (ORIFICIO J, CAPACIDAD: LB/H, 175 PSI, SECCION I)	01	UND	1.0	\$ 457.23	\$ 457.23
7	03-VGL-FO-11038	V. GLOBO FO 800# 2" TRIM 8 MOD. 2233N GENEBRE	01	UND	1.0	\$ 180.00	\$ 180.00
8	09-MEC-XX-05034	CONTROL DE NIVEL DE CALDERA COMPLETO 150S MD&M #171702	01	UND	1.0	\$ 772.54	\$ 772.54
9	09-CON-XX-12948	PRESOSTATO DE MEMBRANA ½" ART. 3781 GENEBRE	01	UND	1.0	\$ 7.50	\$ 7.50
10	12-MAN-XX-12376	MANOMETRO 0-00300 PSI 2½" SECO CX.INF. BRONCE ½" NPT MOD. 3714 GENEBRE (0-21 BAR)	01	UND	1.0	\$ 4.50	\$ 4.50
11	11-ECA-XX-06128	EMPAQUE HANDHOLE P/CALDERA ELIPTICO 3½"X4½"X½" TOPOG-E	01	UND	1.0	\$ 7.00	\$ 7.00
12	11-ECA-XX-06122	EMPAQUE MANHOLE P/CALDERA ELIPTICO 11"X15"X1" TOPOG-E	01	UND	1.0	\$ 40.00	\$ 40.00
13	09-VAR-XX-05287	FILTRO F25 P/DIESEL-GASOLINA WESTWOOD	01	UND	1.0	\$ 30.00	\$ 30.00
14	05-TBI-HF-11140	TRAMPA BALDE INVERTIDO HF 1" 125 PSI B3-125 CON BALDE AI S.SARCO	01	UND	1.0	\$ 427.20	\$ 427.20
15	10-AIT-FM-12190	CAÑUELA FIBRA MINERAL 2" x 1"G x 1 m L <i>para tubos</i>	01	UND	1.0	\$ 11.20	\$ 11.20
16	02-TCA-AC-13677	TUBO CALDERA AC ASTM A192 2" X 39' GAUGE 11 (3.05MM ESPESOR) SIN COSTURA	01	UND	1.0	\$ 328.83	\$ 328.83
17	10-AIS-FC-12518	FIBRA CERAMICA 2" GROSOR X 2' ANCHO 8LB/PIES SUPERWOOL PLUS (VENTA EN PIES)	01	PIE	1.0	\$ 10.50	\$ 10.50

Tiempo de Entrega:	Inmediata.	Total Mercadería:	\$ 2,877.84
	El tiempo de entrega ofrecido puede variar de acuerdo a la disponibilidad de existencias en Fabrica y/o Bodega y sera confirmado al momento de recibir su Orden de Compra.	10.00% Descuento:	\$ 287.78
	Productos sujetos a previa venta	Subtotal:	\$ 2,590.06
Oferta Válida por:	7 Dias.	IVA:	\$ 388.51
	Válida por compra total del Pedido.	Total General:	\$ 2,978.56

OBSERVACIONES:

DOS MIL NOVECIENTOS SETENTA Y OCHO con 56/100

Política de entrega de pedidos en inventario:
Solicitudes recibidas antes de las 10:00am, se entregan mismo día
Caso contrario se entregan al siguiente día laboral hábil.
Envíos sujetos a disponibilidad de transporte.

Cotiza: DHERRERA



REPARACIONES DE EQUIPOS HOSPITALARIOS

ING. ANGEL TAPIA GUTIERREZ

Instalación y Mantenimiento Industrial: Calderas de Vapor, Lavandería, Autoclaves, Red de Vapor, Aire Acondicionado, Equipos Médicos, Remodelaciones en General

Dirección: Barrio San Judas, de la Parada el Nancite 3c. Abajo, 1/2c. Al Sur.

Tel. 22540228 / 83962447.

E-MAIL: mitierrablanca@yahoo.com

Managua 9 de mayo del 2014.

Ing. Walter Miranda.

Jefe de Electro medicina (PAME.)

Sus manos.

Remito a usted propuesta técnica y económica por reparación del Sistema eléctrico de control y fuerza de la Caldera de Vapor Marca: York Shipley. 50 HP.

El Diagnóstico es el siguiente:

1. Sustituir contactores magnéticos conforme a especificaciones técnicas.
2. Suministro de un relay de tiempo.
3. Mantenimiento y calibración de Programador del equipo.
4. Sustituir cableado eléctrico de alimentación que esta recalentado y que genera señales deficientes
5. Sustituir canalización eléctrica flexible.
6. Ordenar el sistema eléctrico.
7. Verificación de parámetros de seguridad del equipo y corregir desperfectos.
8. Suministro de Célula Infraroja del equipo (Fotocelda)
9. Verificar el sistema de ignición.
10. Mantenimiento al conjunto del quemador (difusor, boquilla, electrodos)
11. Puesta en marcha del equipo.



REPARACIONES DE EQUIPOS HOSPITALARIOS

ING. ANGEL TAPIA GUTIERREZ

Instalación y Mantenimiento Industrial: Calderas de Vapor, Lavandería, Autoclaves, Red de Vapor, Aire Acondicionado, Equipos Médicos, Remodelaciones en General
Dirección: Barrio San Judas, de la Parada el Nancite 3c. Abajo, 1/2c. Al Sur.
Tel. 22540228 / 83962447.

E-MAIL: mitierrablanca@yahoo.com

COSTO:

MATERIALES Y REPUESTOS: C\$ 30,200.00

IVA: C\$ 4,530.00

TOTAL: C\$ 34,730.00

PROGRAMA ATENCION
MEDICA ESPECIALIZADA

PAME

UNA MANO AMIGA
CUANDO MAS SE NECESITA

FORMA DE PAGO: 100% una vez puesta en marcha la caldera.

TIEMPO DE EJECUCIÓN: Tres días calendarios.

GARANTÍA: Sesenta días calendario por mano de obra.

NOTA: Los repuestos y materiales están disponibles para entrega inmediata.

Esperando mi oferta sea de su agrado.

Atentamente:

Ing. Ángel Tapia Gutiérrez.
Reparaciones Hospitalarias.