UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR - JOSE MIGUEL CARRERA

PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO A CALDERAS UBICADAS EN HOSPITAL ALMIRANTE NEF.

Trabajo de Titulación para optar al Título de Técnico Universitario en MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.

Alumno:
Sr. Roberto Ignacio Torres Toledo.

Profesor Guía:
Mg. Ing. Ricardo Ciudad Cartagena.

2018

RESUMEN

KEYWORDS: Caldera Piro Tubular, Modos de Falla, FMECA, Plan de Mantenimiento.

El motivo que originó la propuesta del plan de mantenimiento para las calderas piros tubulares del “HOSPITAL NAVAL ALMIRANTE NEF”, es la ausencia de acciones de mantenimiento para los equipos por parte del área de ingeniería del hospital.

Debido a que las calderas son un equipo crítico, si ocurriese una falla podría afectar en un alto porcentaje el rendimiento de la generación de vapor y agua caliente, es de vital importancia contar con un adecuado plan de mantenimiento que asegure el correcto funcionamiento del activo.

El trabajo se compone de tres capítulos, los cuales se dividirán según objetivos planteados.

El capítulo uno dará información acerca de los antecedentes generales del hospital y de la historia de éste.

El capítulo dos se refiere a los equipos que están actualmente en el área de calderas además de los aspectos técnicos del activo a intervenir, se realiza una descripción de sus funciones, los mecanismos que lo componen y el papel que cumplen en el proceso de generación de vapor y agua con temperatura, además de los procesos de generación de agua caliente y vapor. Por otro lado se realizara un análisis de criticidad en el cual se podrá jerarquizar los equipos.

El capítulo tres plantea la propuesta de mantenimiento, indicando los tipos de mantención utilizados actualmente, las herramientas utilizadas para determinar los tiempos de mantenimiento, además de la presentación del plan, modos de falla y las pautas de mantenimiento y riesgo operacional.

ÍNDICE

RESUMEN....3
SIGLAS Y SIMBOLOGÍAS 9
INTRODUCCIÓN 1
CAPÍTULO 1: DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL 3
1.1. Diagnóstico 5
1.1.1. Antecedentes generales y específicos del proyecto. 5
1.2. Objetivos 5
1.2.1. Objetivo general 5
1.2.2. Objetivos específicos 6
1.3. Misión y Visión Hospitales Navales 6
1.3.1. Misión 6
1.3.2. Visión 6
1.4. ReseñA Histórica 7
1.4.1. Hospital Naval Almirante Nef 7
1.4.2. Primer Hospital Naval de Valparaíso. 7
1.4.3. Actual "Hospital Naval Almirante Nef". 7
1.4.4. Misión y Visión del "Hospital Naval Almirante Nef". 8
1.5. Servicios ofrecidos 9
1.6. Ubicación 11
1.6.1. Antecedentes Cuantitativos 12
1.6.2. Antecedentes cualitativos 12
1.6.3. Área de ingeniería 12
1.7. Problemática 13
CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DE ACTIVOS CRÍTICOS 15
2.1. Equipos 17
2.1.1. Calderas 17
2.1.2. Funcionamiento de calderas 17
2.1.3. Generación de agua caliente 20
2.1.4. Filtro Amiad SAF-3000 22
2.1.5. Bomba Centrífuga Horizontal GRUNDFOS NBG 80-65-125 23
2.1.6. Ablandadores de agua "COTACO" 24
2.1.7. Estanques almacenadores de agua blanda 25
2.1.8. Bombas verticales GRUNDFOS MODELO CR 10 25
2.2. Identificación de Activos Críticos 27
2.2.1. Análisis de criticidad 27
2.2.2. Selección de equipo crítico 28
2.3. Descripción FMECA 31
2.3.1. Clasificación de fallas 32

2.4. ANÁLISIS DE FALLA. 36
2.4.1. Falla funcional.....36
2.4.2. Modo de falla 36
2.4.3. Modo de falla potencial.....36
2.4.4. Identificación de falla mediante análisis “FMECA”.....37
2.4.5. Análisis funcional mediante la clasificación de fallas 40
2.5. Equipo Crítico 44
2.6. Origen de la falla 44
CAPÍTULO 3: PLAN DE MANTENIMIENTO 46
3.1. MANTENIMIENTO INDUSTRIAL 48
3.1.1. Mantenimiento correctivo 48
3.1.2. Mantenimiento preventivo 48
3.1.3. Mantenimiento Predictivo 49
3.1.4. Mantenimiento Proactivo 49
3.1.5. Formas de elaborar un plan de mantenimiento 50
3.2. Plan de mantenimiento basado en la predicción de fallas para las calderas del hospital 50
3.3. inspecciones 51
3.3.1. Inspección periódica.....51
3.3.2. Inspección semanal y mensual 51
3.3.3. Inspecciones anuales 51
3.4. actividades del mantenimiento 53
3.4.1. Planillas de trabajo para bombas centrifugas verticales 1, 2 y 3.....54
3.5. Estimación de costos asociados.....67
3.5.1. Costo mano de obra.....67
3.5.2. Costo de herramientas e insumos 67
3.5.3. Costos de mantenimiento 69
CONCLUSIONES Y RECOMEN 71
BIBLIOGRAFÍA..... 73
ANEXOS.....75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Ubicación Hospital. 11
Figura 1-2. Ubicación Hospital. 11
Figura 2-1. Esquema funcionamiento caldera. 19
Figura 2-2. Calderas hospital.....19
Figura 2-3. Diagrama generación de agua caliente. 20
Figura 2-4. Ficha técnica Cleaver Brooks CB- 100I. 21
Figura 2-5. Ficha técnica Amiad SAF 3000. 22

Figura 2-6. Ficha técnica “BOMBA CENTRÍFUGA HORIZONTAL”.....23
Figura 2-7. Ablandadores de agua.....24
Figura 2-8. Estanques de agua blanda.....25
Figura 2-9. Ficha técnica “BOMBA VERTICAL GRUNDFOS”. 26
Figura 2-10. Matriz de criticidad.....29
Figura 2-11. Diagrama de construcción FMECA. 31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Ficha técnica AMIAD SAF 3000.....22
Tabla 1-2. Ficha técnica “BOMBA CENTRÍFUGA HORIZONTAL”.....23
Tabla 1-3. Ficha técnica “BOMBA VERTICAL GRUNDFOS”. 26
Tabla 2-1 Categoría de impacto.....28
Tabla 2-2. Análisis crítico de equipos.....29
Tabla 2-3. Ocurrencia de falla. 32
Tabla 2-4. Severidad de la falla. 33
Tabla 2-5. Detección de falla.....34
Tabla 2-6. Falla funcional de caldera.....37
Tabla 2-7. Falla funcional motobomba vertical.....38
Tabla 2-8. Falla funcional bombas horizontales.....39
Tabla 2-9. Falla funcional Filtro AMIAD.....40
Tabla 2-10. Análisis funcional calderas.....40
Tabla 2-11. Análisis funcional de bombas verticales y horizontales.....42
Tabla 2-12. Análisis funcional [illegible] 3000”.....43
Tabla 3-1. Planilla de trabajo [illegible] 54
Tabla 3-2. Planilla de trabajo [illegible] 55
Tabla 3-3. Planilla de trabajo BCV.....56
Tabla 3-4. Planilla de trabajo BCV.....58
Tabla 3-5. Planilla de trabajo BCV.....59
Tabla 3-6. Planilla de trabajo BCH.....60
Tabla 3-7. Planilla de trabajo BCH.....62
Tabla 3-8. Planilla de trabajo “CALDERA 1, 2 Y 3”.....64
Tabla 3-9. Costos asociados trabajadores.....67
Tabla 3-10. Costos asociados a insumos.....68
Tabla 3-11. Costos mantenimiento motobombas verticales y horizontales.....69
Tabla 3-12. Costos mantenimiento calderas 1, 2 y 3.....69

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: PLANILLA DE REGISTRO DE ACTIVIDADES.....77
ANEXO B: IMPLEMENTACIÓN LOTOTO 78
ANEXO C: ANÁLISIS DE RIEGOS OPERACIONALES 79

SIGLAS Y SIMBOLOGÍAS

A. SIGLAS

FMECA	Failure Mode and Effects and Criticity Analysis
FMAE	Failure Mode and Effects
BCH	Bomba Centrífuga Horizontal
BCV	Bomba Centrífuga Vertical
SAE	Society of Automotive Engineering
CP	Caldera Pirotubular
FA	Filtro Amiad
SAH	Sociomedioambiental
MTTR	Mean Time to Repair
RPN	Risk Priority Number (Número de Prioridad de Riesgo)
ARO	Análisis de Riesgo Operacional
LOTOTO	LockOut TagOut Tryout

B. SIMBOLOGÍAS

[m]	Metros
[l]	Litros
[hp]	Horse power (Caballos de Fuerza)
Q max	Caudal máximo
[m^3/h]	Metros cúbicos hora
[m^3/s]	Metros cúbicos segundo
[plg]	Pulgada
T	Temperatura
[ºC]	Grados Celsius
[kg]	Kilogramo
[PPM]	Partes por millón
[Nox]	Óxidos de nitrógeno
[Bar]	Bares (Unidad de presión)
[Hz]	Hertz

[V]	Volt
[A]	Amperes
[kW]	Kilo Watt
[Psi]	Libra de fuerza por pulgada cuadrada (Unidad de presión)

INTRODUCCIÓN

Actualmente el mantenimiento industrial ha llegado a un nivel de importancia fundamental en la línea de producción de una empresa o institución; cada equipo que componen la línea productiva debe estar en óptimas condiciones para cumplir las necesidades de la empresa.

Las fallas en los equipos que están en línea productiva siempre van existir, es por ello que el mantenimiento industrial fija su mirada a la corrección, disminución y mejora de éstas para disminuir el impacto en la producción.

El área de ingeniería cuenta con una línea productiva para la generación de agua caliente y vapor que abastece a servicios internos (lavandería, esterilización, cocina, calefacción) del hospital, por lo tanto es de importancia el funcionamiento de los equipos que lo componen.

Este trabajo tiene como principal la explicación y uso de la metodología Análisis de modos de falla, efectos y análisis criticidad (FMECA en sus siglas en inglés) para su posterior aplicación en el área de ingeniería del "HOSPITAL NAVAL ALMIRANTE NEF".

Establecer una estrategia de mantenimiento, se define a grandes rasgos, a la disminución de costo global de actividades, a través de distintos tipos de mantenimiento tales como: correctivo; basado en la corrección misma de la falla, preventiva; adelantarnos a la falla a través de una accion predictiva; basado en la condición y síntomas, finalmente proactivo; combinación entre predictivo y análisis de la falla.

CAPÍTULO 1: DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

1. DIAGNÓSTICO Y METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

Para diagnósticar este proyecto se utilizaron metodologías de mantenimiento basadas en la predicción de fallas

1.1. DIAGNÓSTICO

El hospital cuenta con varios equipos de importancia, los cuales no se puede interrumpir su funcionamiento, por lo tanto se debe tener acciones de mantenimiento periodicas, mensuales y anuales para que sigan supliendo las necesidades del recinto. Teniendo en cuenta las acciones de mantenimiento, el area de calderas solo cuenta con procedimientos correctivos, es decir, actuan cuando ocurre la falla, por otro lado el area no cuenta con un historial intervenciones a los equipos lo cual es de suma importancia tener registro de la manipulacion de los equipos para llevar a cabo una mantencion ya estipulada.

1.1.1. Antecedentes generales y específicos del proyecto.

El proyecto a desarrollar está orientado al análisis y posterior realización de un plan de mantenimiento a calderas pirotubulares a gas en el recinto hospitalario “HOSPITAL NAVAL ALMIRANTE NEF”, ubicado en la comuna de Viña del Mar, V región de Valparaíso. Su funcion principal es cubrir la necesidad de salud de los funcionarios de la institucion y familiares, cumpliendo con los estandares regidos por la normativa chilena de salud.

1.2. OBJETIVOS

Para desarrollar el plan de mantenimiento se deben especificar el objetivo general y objetivos específicos

1.2.1. Objetivo general

Proponer plan de mantenimiento preventivo a las calderas del hospital, para el mejoramiento operacional basado en el análisis de criticidad de éstas.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar las causas de fallas recurrentes para la realización del análisis de criticidad en las calderas mediante historial de fallas.

- Analizar tablas de criticidad para la jerarquización de equipo crítico a través la metodología FMECA.

- Generar plan de mantenimiento a las calderas del hospital mediante la recopilación de los datos obtenidos en lo que respecta a los indicadores, la metodología FMECA, análisis de criticidad y modos de falla.

- Analizar costos de los planes de mantenimiento incluyendo insumos, mano de obra, repuestos.

1.3. MISIÓN Y VISIÓN HOSPITALES NAVALES

1.3.1. Misión

El sistema de salud naval tiene como misión brindar apoyo sanitario organizado y coordinado con las fuerzas operativas, entrenado y equipado, con el propósito de ser desplegado en apoyo de las fuerzas en tiempos de paz, catástrofes, crisis o guerra. Además, cumple con otorgar a los beneficiarios del sistema de salud naval una atención efectiva, eficiente, eficaz y humanizada, con el propósito de fomentar, mantener y recuperar la salud, dentro del marco regulatorio legal establecido.

1.3.2. Visión

Ser un sistema de salud que asegure a la Institución y a sus beneficiarios la satisfacción plena de sus necesidades y demandas racionales de salud.

1.4. RESEÑA HISTÓRICA

A continuacion se dará información sobre la historia y creación del Hospital Naval Almirante Nef, según la información obtenida de la pagina oficial.

1.4.1. Hospital Naval Almirante Nef

A fines del siglo XIX y principios del siglo XX en Valparaíso no existía un Hospital Naval propio. La atención se realizaba en el llamado "Pabellón de Marina" del Hospital San Juan de Dios de Valparaíso. En el año 1919 esta situación se tornó insostenible porque el local era estrecho y debía ser desalojado por estar destinado a la reconstrucción de la sección mujeres de ese establecimiento.

1.4.2. Primer Hospital Naval de Valparaíso.

El Hospital comienza a edificarse en 1920 en un terreno ubicado en Playa Ancha donde estaba el antiguo Fuerte Ciudadela.

El 21 de mayo de ese año se realizó la Ceremonia de Colocación de la Primera Piedra. La construcción del nuevo establecimiento duró un extenso periodo de tiempo hasta que, finalmente, los pacientes de la sala asignada de la Armada en el Hospital San Juan de Dios, fueron trasladados a las nuevas instalaciones el 14 de diciembre de 1927. Con este hecho terminaba un periodo de cincuenta años en que la Armada había dependido de las facilidades otorgadas por la junta de beneficencia de Valparaíso y pasaba a ocupar las instalaciones en el hospital público de la ciudad. Este establecimiento tomó el nombre de "Almirante Nef" por resolución del Gobierno fechada el 9 de febrero de 1933. El Vicealmirante Francisco Nef Jara luchó incansablemente por el financiamiento de la construcción del Hospital Naval de Valparaíso y presidió el comité que se dedicó a este fin. El 26 de febrero de 1952 se inaugura un moderno edificio contiguo al edificado los años veinte destinado al pensionado y maternidad.

1.4.3. Actual "Hospital Naval Almirante Nef".

En la década de los ochenta en una evaluación hecha por la Dirección de Sanidad de la Armada, quedó evidenciado que las instalaciones del Hospital Naval Almirante Nef, ubicado en Playa Ancha eran insuficientes y realizaron el proyecto del nuevo Hospital Naval.

El nuevo Sistema de Salud dio existencia a los Consultorios Médicos Navales de Villa Alemana, Viña del Mar y Valparaíso. Estos establecimientos son la puerta de entrada al Sistema y prestan Atención Primaria a adultos, madres y niños, contando dos de ellos (Valparaíso y Villa Alemana) con servicios de urgencia.

El Hospital Naval "Almirante Nef" de Viña del Mar fue inaugurado el 14 de diciembre de 1990. La ceremonia fue presidida por el Ministro de Defensa Nacional, Patricio Rojas Saavedra y el Comandante en Jefe de la Armada, Almirante Jorge Martínez Bush.

En la concepción de diseño y arquitectura del nuevo Hospital Naval para la Primera Zona Naval, se recogieron aspectos que son propios de un establecimiento específico para las Fuerzas Armadas.

A esto se debe su equipamiento y la capacidad para enfrentar situaciones de emergencia, de guerra o de catástrofes naturales donde tienen alta incidencia las patologías traumáticas y quemados.

1.4.4. Misión y Visión del "Hospital Naval Almirante Nef".

- Misión: Entregar a nuestros pacientes una atención de salud integral, personalizada y oportuna, basada en procesos de calidad; promoviendo el perfeccionamiento constante del personal, un grato ambiente laboral y una eficiente gestión de los recursos, sustentando lo anterior, en los valores y principios de la Armada de Chile.

- Visión: Ser un hospital clínico institucional de excelencia, acreditado bajo estándares de calidad internacionales, y reconocido como el establecimiento de salud más importante de la quinta región

1.5. SERVICIOS OFRECIDOS

El recinto hospitalario tiene varios servicios según el requerimiento del paciente que serán detallados a continuación

- APOYO DIAGNÓSTICO Y TERAPÉUTICO / UNIDAD DE DIÁLISIS: Proporcionar tratamiento dialítico a todos los pacientes que lo requieran, previniendo y tratando las complicaciones de la enfermedad renal terminal, haciendo énfasis en la rehabilitación del paciente.
- UNIDAD MEDIANA COMPLEJIDAD: Otorgar una atención de excelencia en todos y cada uno de los exámenes que la unidad realiza para el diagnóstico o resolución de patologías, tanto para el paciente ambulatorio como para el que se encuentra hospitalizado, con la máxima calidad técnica y humana, así como con la oportunidad necesaria.
- LABORATORIO CLÍNICO: Entregar apoyo a las acciones médicas, mediante la realización de exámenes de laboratorio oportunos y de alta calidad, que contribuyan a recuperar el estado de salud de nuestros pacientes y/o a prevenir condiciones de enfermedad.
- SERVICIO DE DIAGNÓSTICO POR IMÁGENES: Otorgar apoyo clínico imagenológico integral, considerando las distintas áreas (radiología, ecografía, scanner, mamografía, etc.), brindando una atención del más alto nivel, en forma oportuna a todos los usuarios que lo requieran.
- POLICLÍNICO: Servicio de atención ambulatoria, que contempla atención para las distintas especialidades médicas. Está ubicado en el edificio anexo a la Torre de Hospitalización, a un costado de la farmacia. Sus dependencias incluyen un hall central, salas de espera y cuatro halls de consultas médicas, distribuidas según especialidades
- HOSPITALIZACIÓN / SERVICIO DE MEDICINA: Brindar atención integral al paciente con patologías de medicina interna y de sub especialidades dentro de un marco de excelencia profesional
- SERVICIO DE CIRUGÍA: Otorgar una atención profesional de calidad, con calidez y oportunidad, al paciente con patología de resolución quirúrgica, destacando el derecho de los pacientes a ser informados y a recibir un trato digno,

haciendo uso de los recursos tecnológicos disponibles para lograr su curación o el alivio de su padecer.

- SERVICIO DE ESPECIALIDADES QUIRÚRGICAS: Otorgar atención especializada en la etapa de diagnóstico, tratamiento y rehabilitación al 100% de los pacientes que ingresan al Servicio con patologías de las especialidades de Traumatología, Neurocirugía, Otorrinolaringología, Maxilofacial, Oftalmología y pacientes médico-quirúrgicos. Satisfaciendo las necesidades del paciente y su familia de la forma más humana y con el mayor nivel clínico y tecnológico.

- SERVICIO DE ONCOLOGÍA: Otorgar una atención especializada al 100% de los pacientes que lo requieran, tanto en la etapa de diagnóstico, de tratamiento y de cuidados paliativos de la enfermedad oncológica, satisfaciendo las necesidades del paciente y familia de la forma más humanizada con el mejor nivel clínico y tecnológico.

- SERVICIO DE PEDIATRÍA: Brindar una atención médica, de enfermería y técnica segura, humana y de alta calidad , a través de cuidados integrales satisfaciendo las necesidades desde el Recién Nacido hasta el adolescente para así lograr la recuperación de la salud de los pacientes hospitalizados.

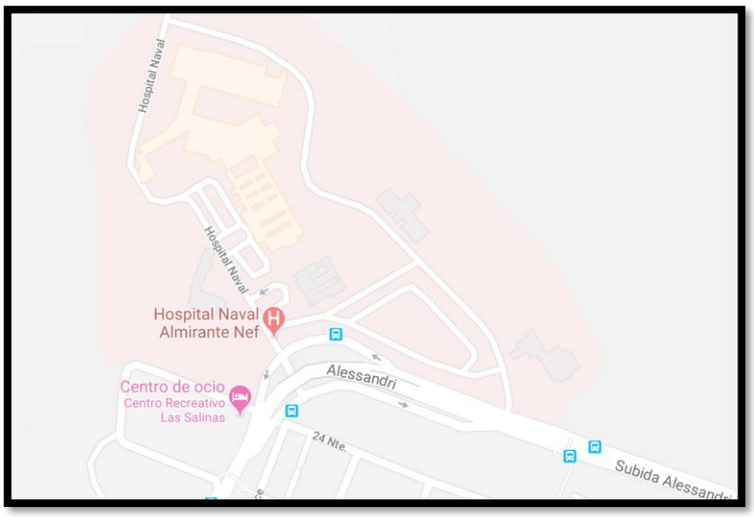
- SERVICIO DE MATERNIDAD Y GINECOLOGÍA: Brindar a las pacientes en el ámbito de las enfermedades de la mujer, embarazo, parto y puerperio, una atención completa y eficaz, de un alto nivel profesional, calidad, humanizada y que contemple su bienestar físico y espiritual, para devolverlas a la brevedad, sanas a su grupo familiar.

- SERVICIO PENSIONADOS INSTITUCIONAL: Brindar una atención oportuna, eficaz y de excelente calidad a los pacientes que presentan patologías médico-quirúrgicas y de especialidades, sean beneficiarios de la institución y a otros a quienes les corresponda por alguna forma de convenio personal o institucional, fiscal o privado que la armada establezca.

- SERVICIO PENSIONADO PARTICULAR: Brindar una atención oportuna, eficaz y de excelente calidad a los pacientes que presentan patologías médico quirúrgicas y de especialidades, beneficiario de convenio privado o fiscal que la armada establezca.

1.6. UBICACIÓN

Subida Alessandri S/N (cercano a 25 norte), Viña del Mar, V región de Valparaíso, Chile.



Fuente: Elaboración propia en base a búsqueda en “Google Maps”.

Figura 1-1. Ubicación Hospital.

Fuente: Elaboración propia en base a búsqueda en “Google Street View”.

Figura 1-2. Ubicación Hospital.

1.6.1. Antecedentes Cuantitativos

Según estudios realizados en el recinto hospitalario, las calderas son de suma importancia ya que sus procesos son utilizados en diferentes areas del hospital. Las calderas producen vapor a 110 ºC que ayuda a la esterilización, además envían agua a 98 ºC a todo el recinto, por otro lado tiene aplicaciones en lavandería y en el área de cocina. Esto genera una ayuda a la operación del hospital porque de un sólo equipo suplen distintas áreas. La presión de funcionamiento fluctúa entre lo 70 y 90 [Psi] lo que ayuda a enviar el vapor a presión por las cañerias de 3 [Plg].

1.6.2. Antecedentes cualitativos

Un elemento quirúrgico mal esterilizado puede ocasionar una infección al paciente y provocar graves daños o incluso la muerte. El uso de calderas en hospitales ha estado en aumento estos últimos años, ya que estos cumplen varias funciones de vital importancia en estos recintos. El uso de calderas debe estar regido por el decreto nº 10, que habla sobre las presiones manométricas de uso de calderas y autoclaves, además de la inscripción de los equipos con sus respectivos manuales de uso y mantenimiento.

El uso de agua en recintos hospitalario debe tener un tratamiento regido y normalizado según la legislación vigente, en este caso la NCH 409/1 of 2005 que refiere a los parámetros de desinfección contando con una concentración residual de desinfectante en las redes de agua de forma permanente, la concentración de cloro residual, esto para evitar cualquier microorganismo o patógeno causante de daños a la salud, en este caso hablamos sobre la prevención de E. Coli por la contaminación de agua por agentes externos (residuos de animales o aguas residuales), y la enfermedad del legionario (enfermedad infecciosa ocasionada por la bacteria legionela la que provoca una infección a los pulmones y vías respiratorias, no contagiosa). Por otro lado el recinto hospitalario debe atender a la de la dureza del agua para evitar la calcificación de líneas de agua y calderas, velando siempre para consumo humano.

1.6.3. Área de ingeniería

El área al cual nos enfocamos es el área de ingeniería del recinto, está ubicado en el piso 0. En éste piso se encuentran los equipos correspondientes a las calderas.

1.7. PROBLEMÁTICA

El sistema de calderas del “Hospital Naval Almirante Nef” cuenta con 3 calderas, dos de las cuales funcionan simultáneamente en paralelo y una caldera de apoyo. Estas conducen agua y vapor a sus respectivos servicios, teniendo un retorno de agua a los estanques. Lo ideal es tener funcionando las calderas en óptimas condiciones, para que estén disponibles para su uso en el caso de perder una caldera por falla. Se debe tener la certeza de que la caldera de apoyo esté apta para trabajar y no perder la producción de agua caliente y vapor.

El hospital no cuenta con acciones preventivas- predictivas, sólo correctivas. Por otro lado el sistema de ignición cumple una función de vital importancia por lo que se debe tener en óptimo funcionamiento.

Los procedimientos de estas acciones están fijados, pero no clasificados.

Existe otra problemática que va dirigida a la dureza del agua con que trabajan las calderas, ya que el agua en contacto con el calor se produce una calcificación o una capa de “sarro” producida por los materiales pesados del agua. Además se debe tener en cuenta que el hospital posee poca o nula disposición de repuesto en caso de alguna falla, por lo que se debiera tener un stock mínimo de repuestos para estar facultados para cualquier evento no previsto.

CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DE ACTIVOS CRÍTICOS

2. ANÁLISIS DE ACTIVOS CRÍTICOS

Los equipos ubicados en el área de ingeniería cumplen diferentes funciones en el proceso de producción de agua caliente y vapor, por lo cual se analizarán mediante la metodología FMECA la importancia de cada uno de éstos y su jerarquización en la línea productiva.

2.1. EQUIPOS

A continuación se indican los equipos que se encuentran en el área de ingeniería:

- Calderas piro tubulares a gas.
- Filtro amiad.
- Bomba centrífuga horizontal.
- Ablandadores de agua.
- Estanques de agua blanda.
- Bombas centrifugas verticales.

2.1.1. Calderas

Existen diversas definiciones del término caldera, pero en general se puede decir que:

- "Las calderas o generadores de vapor son aparatos metálicos de paredes altamente resistentes, construidos en planchas de acero, generalmente destinados a calentar y vaporizar el agua".

- La caldera es una cámara de combustión de construcción de acero soldado y consiste en un receptáculo de presión, quemador, sistema de ignición, ventilador de aire, bomba de aire, refractario.

- Las calderas deben enviar el vapor producido en cañerías de alta presión y temperaturas a todo el recinto. En un principio las calderas funcionaban mediante la quema de combustible diésel, pero por ahorro en tiempos de mantención y costos se decidió realizar el cambio a combustible gas.

2.1.2. Funcionamiento de calderas

Una caldera de vapor es un equipo que consta de diferentes elementos destinados a la producción de vapor de agua y agua caliente aplicando energía calorífica en su fase líquida.

Según su principio de funcionamiento y construcción, se clasifican entre acuotubulares y pirotubulares:

- Calderas de vapor acuotubulares: son aquellas en las que el agua circula por el interior de los tubos y los humos de combustión por el exterior de estos.

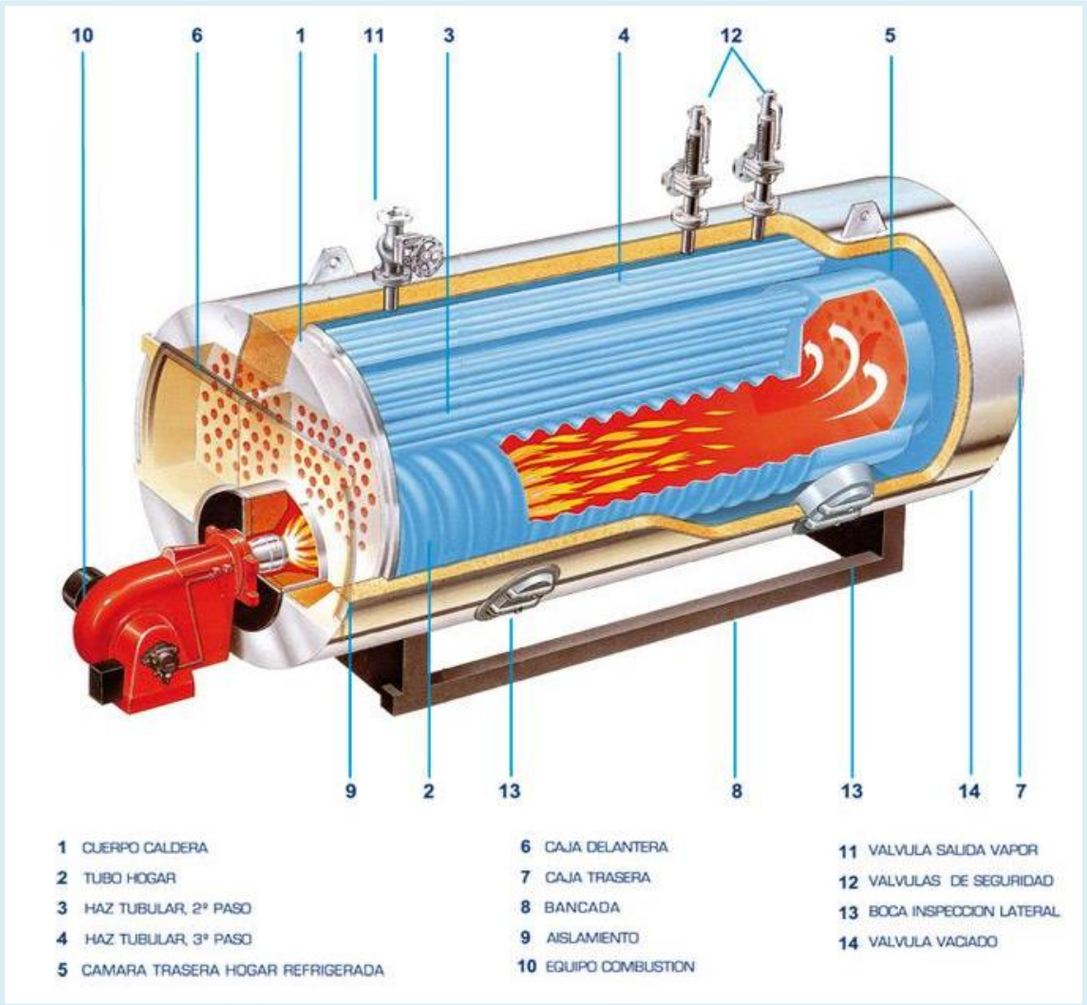
- Calderas de vapor pirotubulares: son aquellas en las que los humos de la combustión circulan por el interior de los tubos y el agua por el exterior.

- Se distinguen 3 zonas importantes, estas son: interior, exterior y zona de tubos.

- Zona interior: se encuentra dentro del recipiente metálico rodeado cementos aislantes térmicos refrigerados por agua.

- Zona exterior: Carcasa de acero del equipo

- Zona de tubos: es la zona donde se produce la combustión de gases que transfieren el calor por convección.



Fuente: Consulta en www.sogecal.cl “SOGECAL”.

Figura 2-1. Esquema funcionamiento caldera.

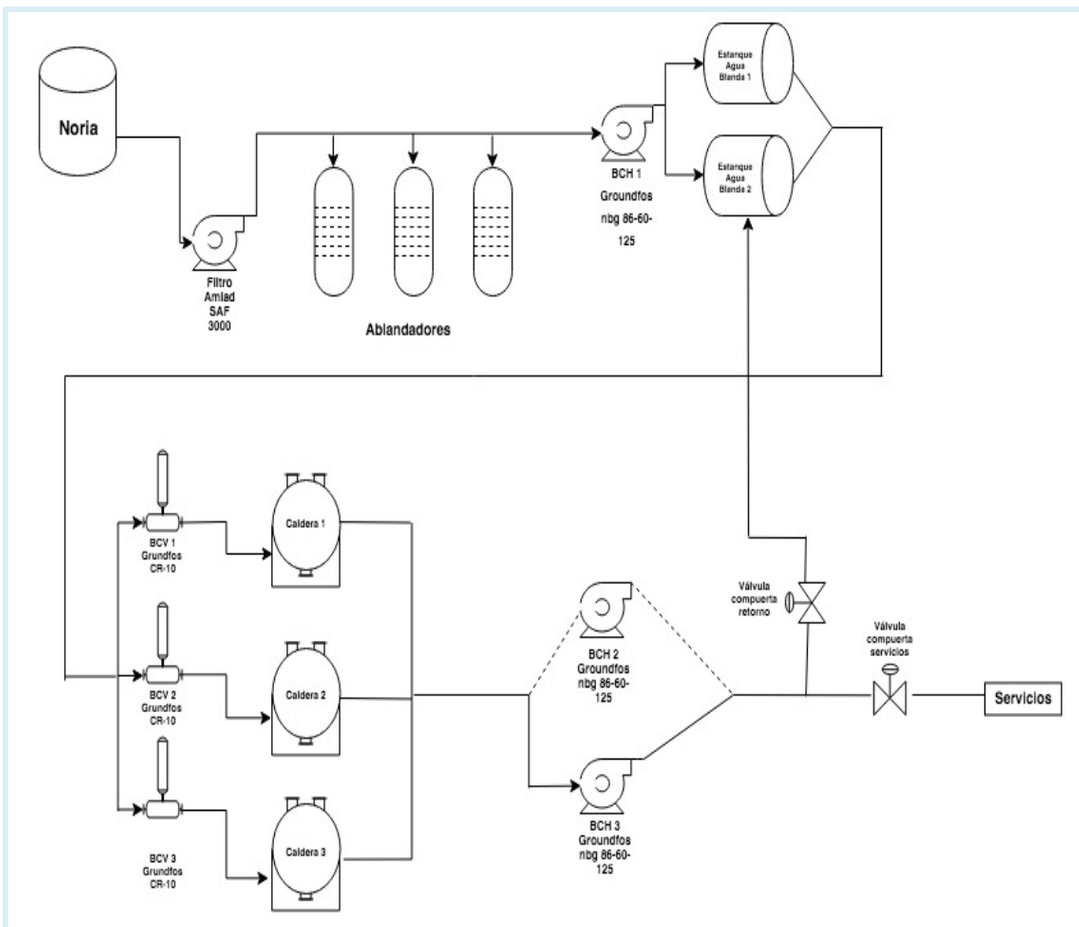
Fuente: Elaboración propia en base a fotografías de calderas.

Figura 2-2. Calderas hospital.

2.1.3. Generación de agua caliente

Por motivos de política de empresa se procede a esquematizar un sistema similar con los equipos utilizados en el estudio.

La extracción de agua comienza en la noria a través de una tubería de diámetro 4 [pulg]. Con la ayuda de la bomba filtradora SAF 3000 de ¼ [hp] con un Qmax de 150 [m^3/h] El agua pasa por el sistema de filtrado COTACO el cual trata el agua con resina de intercambio iónico para el ablandamiento del agua y la eliminación de impurezas, además de la aplicación de inhibidores de incrustación y corrosión. El agua tratada es depositada en dos cisternas, ubicadas en el área de ingeniería, de agua blanda por medio de 2 bombas centrífugas horizontales a través de cañerías de diámetro 3 [pulg] (Ver figura 2-3).



Fuente: Elaboración propia en base a generación de agua caliente.

Figura 2-3. Diagrama generación de agua caliente.

El agua blanda es enviada a las calderas a través de tres bombas centrífugas verticales de Qmax de 10 [m^3/s] por cañerías de 4 [pulg]. El agua entre 90 [ºC] - 96 [ºC] de temperatura aproximada es enviada por una bomba horizontal Qmax 69,5 [m^3/h] hacia los servicios. Por otro lado, el vapor generado es enviado a los servicios de esterilización y lavandería a una temperatura de 110 [ºC] aproximadamente a través de cañerías de alta presión. En caso de la disminución de uso de agua caliente hay 2 válvulas de compuerta, una de ella para el paso de agua hacia los servicios y la otra para el retorno de agua hacia los estanques de agua blanda. Existe una 3ra bomba que es de apoyo en caso de falla de la bomba que envía agua a los servicios.

Vapor y Agua Caliente
125 a 800 HP
Gas Natural, Aceite #2 , Aceite #6 y combinación
15 a 250+ psi en vapor, 30 a 125 psi en Agua Caliente
Disponible hasta en menos de 9 ppm de NOx

Fuente: Consulta en www.cleaverbrooks.com “CLEAVER BROOKS”.

Figura 2-4. Ficha técnica Cleaver Brooks CB- 100I.

2.1.4. Filtro Amiad SAF-3000

Filtro de agua auto limpiante propulsado por un motor eléctrico trifásico, con mallas que varían entre 800 y 10 micrones de grado de filtración y con diámetros de entrada y salida de 3” a 6”.

Fuente: Consulta en www.amiad.com “AMIAD”.

Figura 2-5. Ficha técnica Amiad SAF 3000.

Tabla 1-1. Ficha técnica AMIAD SAF 3000.

FICHA TÉCNICA AMIAD SAF 3000.	
Caudal máximo	150 [m^3/h]
Diámetro entrada/salida	3” 4” 6”
Grado de filtración	Malla alambre tejido de 10, 25, 50, 80, 100, 130, 200, 300, 500 y 800 micras
Presión mínima de trabajo	2 bar
Presión máxima de trabajo	10 bar
Temperatura máxima de trabajo	50 [ºC]
Suministro eléctrico	Motor trifásico, 220/380/440 VAC 50/60 [Hz]
Peso	110 [kg]

Fuente: Consulta en www.amiad.com “AMIAD”.

2.1.5. Bomba Centrífuga Horizontal GRUNDFOS NBG 80-65-125

En el área de caldera se encuentran 3 motobombas que ayudan a depositar y enviar el agua en las cisternas y a los servicios del recinto.

Fuente: Consulta en www.grundfos.com "GRUNDFOS".

Figura 2-6. Ficha técnica "BOMBA CENTRÍFUGA HORIZONTAL".

Tabla 1-2. Ficha técnica "BOMBA CENTRÍFUGA HORIZONTAL".

Caudal	69,5 m^3/h
Rango de temperatura de agua	Entre -20 y 120 ºC
Presión máx.	16 bar
Potencial nominal	4 kW
Frecuencia	50 Hz
Tensión nominal	3 X 380 – 415 D V
Corriente nominal	7.9 A
Velocidad	2920-2940
Número de polos	2

Fuente: Consulta en www.grundfos.com "GRUNDFOS".

2.1.6. Ablandadores de agua “COTACO”

La dureza residual se conoce como dureza no carbónico o permanente. Las aguas que poseen esta dureza pueden ablandarse añadiendo carbonato de sodio y cal, o filtrándose a través de zeolitas naturales o artificiales que absorben iones metálicos que producen la dureza, y liberan iones sodio en el agua. El proceso al cual es sometida el agua antes de entrar a los estanques ayuda a evitar la oxidación y acumulación de restos sólidos mediante la eliminación de la dureza del agua. Por último se realiza una medición pH del agua filtrada.

Fuente: Fotografía propia tomada a ablandadores de agua.

Figura 2-7. Ablandadores de agua.

2.1.7. Estanques almacenadores de agua blanda

En el área se ubican 2 estanques de acero inoxidable con capacidad de 8 y 9 [m^3] respectivamente.

Fuente: Fotografía propia tomada a estanques de agua blanda.

Figura 2-8. Estanques de agua blanda.

2.1.8. Bombas verticales GRUNDFOS MODELO CR 10

En el área de ingeniería se encuentran 3 bombas verticales que son las encargadas de canalizar el agua blanda hacia las calderas. Se deben mantener en funcionamiento mínimo 2 bombas para no disminuir el abastecimiento de agua hacia las calderas.

Fuente: Fotografía propia tomada a “BOMBA VERTICAL “GRUNDFOS”.

Figura 2-9. Ficha técnica “BOMBA VERTICAL GRUNDFOS”.

Tabla 1-3. Ficha técnica “BOMBA VERTICAL GRUNDFOS”.

Caudal	10 m3/s
Rango de temperatura de agua	Entre -20 y 120 ºC
Presión máx.	16 bar
Potencial nominal	0.37 kW
Frecuencia	50 Hz
Tensión	3x220-224/380-415Y V
Corriente	1.74/1.00 A
Velocidad	2850-2880
Numero de polos	2

Fuente: Consulta en www.grundfos.com “GRUNDFOS”.

2.2. IDENTIFICACIÓN DE ACTIVOS CRÍTICOS

Para la identificación de los activos críticos se realiza un análisis de criticidad que detalla y jerarquiza la importancia del equipo en el área.

2.2.1. Análisis de criticidad

El análisis de criticidad es una técnica que permite jerarquizar los sistemas que conforman un equipo, facilitando la toma de decisiones en cuanto a que componente prestarle más atención. Permite observar cuales son los elementos más críticos, o sea los más propensos a fallar; en el análisis de criticidad los elementos se pueden clasificar en: no crítico, semicrítico, crítico. Para realizar un análisis de criticidad se deben establecer los criterios de evaluación y seleccionar un método de evaluación para jerarquizar la selección de los sistemas bajo análisis.

Desde el punto de vista matemático la criticidad se puede expresar como:

Criticidad = Frecuencia x Consecuencia

Donde la frecuencia está asociada al número de eventos o fallas que presenta, y la consecuencia está relacionada con el impacto operacional, los costos de reparación, impactos a la seguridad y el medioambiente. Por lo tanto, los criterios fundamentales para realizar un análisis de criticidad son:

- Seguridad
- Ambiente
- Producción (Flexibilidad operacional)
- Costos (operacionales y mantenimiento)
- Tiempo promedio para reparar (MTTR)
- Frecuencia de falla

Tomando en cuenta estos parámetros podemos definir la consecuencia como:

Consecuencia = (Impacto Operacional X Flexibilidad Operacional) + Costo Mtto. + Impacto SAH

Tabla 2-1 Categoría de impacto.

Categoría	Impacto operacional	Flexibilidad operacional	Costo mantenimiento	Impacto socioambiental
5	Corte total de suministro de agua caliente	Requiere mano de obra especializada con cambio total de componentes	Superior a $6.000.000	Falla con riesgo gravísimo, incontrolable con consecuencias catastróficas
4	Corte de suministro de agua caliente con periodo de 24 a 72 horas	Cambio de componentes sin opción de repuesto	Superior a $2.500.000, Inferior a $6.000.000	Falla con riesgo grave, daño de consideración a terceros y medioambiente
3	Restricción del uso de agua caliente con periodo de 12 a 24 horas	Inexistencia del repuesto en stock, solo por encargo	Superior a $750.000, inferior a $2.500.00	Falla con riesgo serio, controlable
2	Restricción del uso de agua caliente con periodo 2 a 6 horas	Posibilidad de repuesto compartido	Superior a $350.000, inferior a $750.000.	Falla con riesgo menor, controlable.
1	Efecto nulo en la generación de agua caliente	Repuestos e insumos disponibles	Inferior a $350.000.	Falla que no genera un riesgo para la seguridad de trabajadores y medioambiente

Fuente: Elaboración propia en base a modelo de matriz de criticidad.

2.2.2. Selección de equipo crítico

En la tabla (Ver Tabla 2-2) se han seleccionado los equipos que pertenecen al área de ingeniería. A partir de la matriz de criticidad (Ver figura 2-10).

Tabla 2-2. Análisis crítico de equipos.

Equipos	Frecuencia de Fallas	Impacto Operacional	Flexibilidad Operacional	Impacto Seguridad Medio Ambiental	Costos de Mtto	Impacto Total	Jerarquización
Estanque 1	1	1	1	2	1	5	No crítico
Estanque 2	1	1	1	2	1	6	No crítico
Noria	1	1	1	2	1	6	No crítico
Filtro Amiad	1	1	1	1	2	6	No crítico
Ablandador	1	1	1	1	1	5	No crítico
Motobomba V1	2	2	2	2	2	10	Semicrítico
Motobomba V2	2	2	2	2	2	10	Semicrítico
Motobomba V3	2	2	2	2	2	10	Semicrítico
Motobomba H1	2	2	2	2	2	10	Semicrítico
Motobomba H2	2	2	2	2	2	10	Semicrítico
Motobomba H3	2	2	2	2	2	10	Semicrítico
Caldera 1	3	5	3	4	4	19	Crítico
Caldera 2	3	5	3	4	4	19	Crítico
Caldera 3	3	5	3	4	4	19	Crítico

Fuente: Elaboración propia en base a modelo de matriz de criticidad.

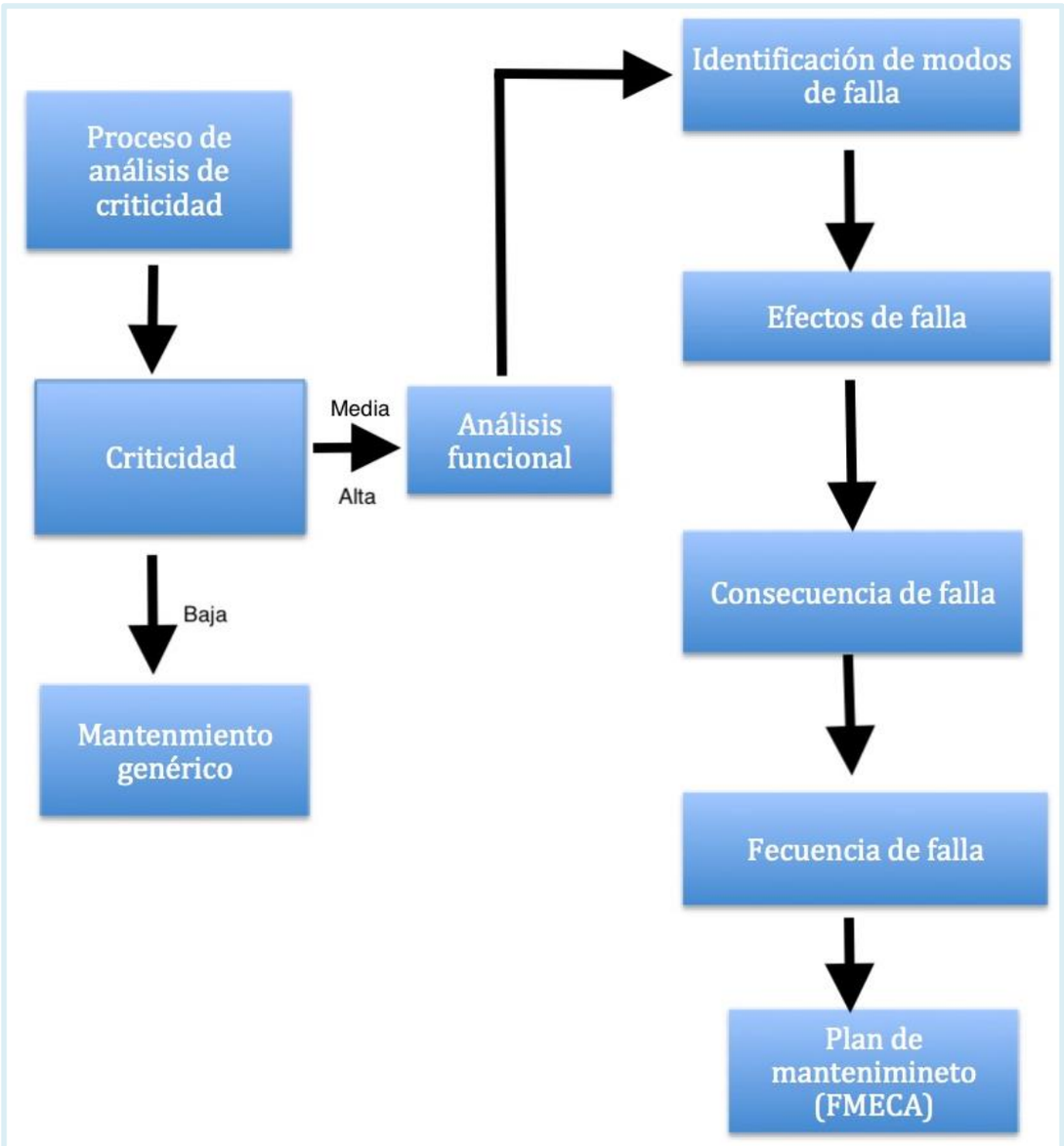
Fuente: Biblioteca de ingeniería “UNIVERSIDAD DE SEVILLA”

Figura 2-10. Matriz de criticidad.

2.3. DESCRIPCIÓN FMECA

El FMECA (Failure Mode and Effects and Criticality Analysis) es una extensión del modo de falla y análisis de efecto (FMEA). El cual es un modo analítico inductivo ascendente que se puede realizar a nivel estructural o por piezas

El FMECA es el complemento del FMEA al incluir el análisis de criticidad, con el cual se puede determinar la probabilidad de modos de fallas con sus consecuencias o impactos operacionales. Ver diagrama de metodológico (Figura 2-11).



Fuente: Proceso de Gestión del Mantenimiento aplicando FMECA.

Figura 2-11. Diagrama de construcción FMECA.

2.3.1. Clasificación de fallas

El número de prioridad de riesgos (RPN) es el producto matemático de la severidad de la falla, su ocurrencia y la detección.

$$RPN = S * O * D$$

Fuente: NORMA SAE 1739.

Dónde:

- S: Severidad
- O: Ocurrencia
- D: Detección

❖ OCURRENCIA

La ocurrencia muestra la frecuencia en que las fallas ocurren en un periodo de tiempo, en el cual se incluyen las fallas totales o inevitables norma SAE J1739

Tabla 2-3. Ocurrencia de falla.

PROBABILIDAD DE FALLA	POSIBLE TASA DE FALLA	RANKING
Muy alta: La falla es casi inevitable	1 en 2	10
	1 en 3	9
Alta: Generalmente asociadas a procesos similares o procesos previos, que presentan fallas con frecuencia.	1 en 8	8
	1 en 15	7
Moderada: Generalmente asociadas a procesos similares o procesos previos que experimentan fallas ocasionales, pero no en mayores proporciones.	1 en 40	6
	1 en 100	5
	1 en 500	4
Bajas: Fallas aisladas asociadas con procesos similares.	1 en 1.000	3
Muy baja: Solo fallas aisladas asociadas con procesos casi idénticos.	1 en 10.000	2
Remota: La falla es poco probable. No se repiten las fallas de procesos casi idénticos.	1 en 50.000	1

Fuente: Elaboración propia en base a NORMA SAE 1739.

❖ SEVERIDAD

La severidad es cuán graves puede ser la falla y en que podría afectar a los trabajadores o ambiente.

Tabla 2-4. Severidad de la falla.

EFECTO	CRITERIO: SEVERIDAD DEL EFECTO	RANKING
Peligros sin advertencia	Pone en peligro la seguridad del operador. Muy alto ranking de severidad, cuando el modo de falla afecta la seguridad operativa y/o envuelve el no cumplimiento de regulaciones. La falla no se advierte al ocurrir.	10
Peligros con advertencia	Pone en peligro la seguridad del operativo. Muy alto ranking de severidad, cuando el modo de falla afecta la seguridad operativa y/o envuelve el no cumplimiento de regulaciones. La falla se advierte al ocurrir.	9
Muy alto	Perturbación grave a la línea productiva. Las perdidas pueden alcanzar al 100% del producto. Equipo inoperable, pérdida de la función primaria. Cliente muy insatisfecho.	8
Alto	Perturbación menor en la línea productiva. La producción puede tener que ser ordenada y una parte desechada (menor al 100%). Equipo operable, pero con un nivel de calidad reducido. Cliente insatisfecho	7
Moderado	Perturbación menor en la línea productiva. Una porción (menor al 100%) puede tener que ser desechada (no ordenada). Equipo operable, pero con algunos ítems de confort inoperables. El cliente experimenta insatisfacción	6
Bajo	Perturbación menor en la línea productiva. 100% del producto tiene que ser adaptado. Equipo operable pero con algunos ítems de confort con un nivel de calidad reducido. El cliente experimenta algo de insatisfacción.	5
Muy bajo	Perturbación menor en la línea productiva. El producto puede ser ordenado y una porción (menor al 100%) adaptado. Ajustes y terminaciones y sonido en el ítem no están en conformidad. Defecto notado por la mayoría de los clientes.	4

Fuente: Elaboración propia en base a NORMA SAE 1739.

Tabla 2-4. Severidad de la falla (Continuación).

EFECTO	CRITERIO: SEVERIDAD DEL EFECTO	RANKING
Menor	Perturbación menor en la línea productiva. Una parte (menor al 100%) puede ser modificada en línea, pero fuera de la estación. Se presentan desajustes y chirridos que no están en conformidad. Defecto notado por el promedio de los clientes.	3
Muy menor	Perturbación menor en la línea productiva. Una parte (menor al 100%) puede ser modificada en línea, pero fuera de la estación. Se presentan desajustes y pequeñas vibraciones en el ítem que no están en conformidad. Defecto notado por la minoría de los clientes.	2
Ninguno	Sin efectos.	1

Fuente: Elaboración propia en base a NORMA SAE 1739.

- DETECCIÓN

La detección es un criterio basado en la capacidad que tiene el personal para detectar la posible falla

Tabla 2-5. Detección de falla.

DETECCIÓN	PROBABILIDAD DE DETECCIÓN DE UN MODO DE FALLA	RANKING
Casi imposible	No existen controles disponibles para detectar el modo de falla.	10
Muy remota	Muy remota probabilidad de que los controles actuales puedas detectar el modo de falla.	9
Remota	Remota probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla.	8
Muy baja	Muy baja probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla.	7

Fuente: Elaboración propia en base a NORMA SAE 1739.

Tabla 2-5. Detección de falla (Continuación).

DETECCIÓN	PROBABILIDAD DE DETECCIÓN DE UN MODO DE FALLA	RANKING
Baja	Baja probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla.	6
Moderada	Moderada probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla.	5
Moderadamente alta	Moderadamente alta probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla.	4
Alta	Alta probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla.	3
Muy alta	Muy alta probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla.	2
Casi cierta	Los actuales controles son casi certeros para detectar el modo de falla. Detección confiable.	1

Fuente: Elaboración propia en base a NORMA SAE 1739.

2.4. ANÁLISIS DE FALLA.

Por medio del análisis de fallas se puede detectar en forma preventiva, predictiva o anticipada cualquier anomalía que pudiera ocurrir en la funcionalidad del equipo.

Este análisis permite identificar las fallas potenciales o de diseño, de funcionamiento y de proceso antes de que éstas ocurran, con la intención de eliminarlas o controlarlas para erradicar o minimizar los riesgos asociados a ellas.

El análisis de la falla parte de la base de la presencia o detección repentina de una situación fuera del estándar, que manifiesta la falta de funcionalidad total o parcial de una máquina. Para realizar el análisis se identificarán fallas funcionales, modos de falla, modos de falla potencial y soluciones.

2.4.1. Falla funcional

Una falla funcional es la perdida de la función del equipo, tanto si es total o parcialmente, es la inhabilidad del mismo para cumplir su propósito a un estándar satisfactorio en el contexto operativo en el que se encuentra.

2.4.2. Modo de falla

El modo de falla es lo que causa la ocurrencia de la falla. Es aquello que se intenta prevenir y en el caso de que no se pueda, es lo que tenemos que físicamente arreglar. Cada falla funcional puede tener varios modos de falla.

2.4.3. Modo de falla potencial

El modo de falla potencial son los síntomas previos que señalan que el modo de falla está ocurriendo o sucederá pronto, son indicadores que señalan que ocurrirá o está ocurriendo una falla funcional.

2.4.4. Identificación de falla mediante análisis "FMECA"

Tabla 2-6. Falla funcional de caldera.

FALLA FUNCIONAL CALDERA 1, 2 Y 3		
FALLA FUNCIONAL	*MODOS DE FALLA*	*EFECTOS DE FALLA*
Falla total. No genera temperatura ni presión requerida.	Fusibles quemados.	Quemador no arranca.
	Conexión eléctrica suelta.	
	Contactó de control de combustible sucios o en mal estado.	
	Aumente de medición desmesurado por el manómetro.	Obstrucción de sistemas de combustible.
	Partículas contaminantes en el combustible que pasan por boquilla de pulverización	
	Fundición de bobinado motor eléctrico de soplador.	Sobre voltaje de motor eléctrico de soplador.
	Existe chispa pero no hay combustión en caldera. Al observar por mirilla no se aprecia llama.	Soltura de sistema de ignición de las calderas.
	Cable de ignición suelto	
Falla parcial. No genera temperatura adecuada para los servicios.	No proporciona la cantidad de combustible adecuada lo que ocasiona baja o nula entrega de combustible.	Ineficiencia de válvulas de combustible.
	Lectura errónea de la temperatura.	Termostato del calentador de agua y/o combustible no calibrado.
	No genera llama para alcanzar la temperatura adecuada ni generar vapor.	Hay Llama piloto no llama principal.

Fuente: Elaboración propia en base a falla funcional de caldera.

Tabla 2-7. Falla funcional motobomba vertical.

FALLA FUNCIONAL BOMBAS VERTICALES GRUNDFOS CR-10		
FALLA FUNCIONAL	*MODOS DE FALLA*	*EFECTOS DE FALLA*
Falla total. No hay caudal	Fundición bobinado	Sobre voltaje de motor eléctrico
	Calcificación y oxidación de elementos internos y cañería	Obstrucción del paso de agua
	Rotación contraria del motor	Mala conexión de caja bornes
Falla parcial. Caudal insuficiente	Paso de piedrecillas de tamaño en el fluido	Rotura de álabes
	Cavitación	
	Vibración fuera de lo común	Rodamientos dañados
		Lubricación de rodamientos deficiente
	Filtración de agua o lubricante	Sello mecánico roto o desgastado
		Corrosión de cañerías
	Lubricante en mal estado	Aumento de temperatura de la motobomba

Fuente: Elaboración propia en base a falla funcional de bombas verticales “GRUNDFOS CR-10”.

Tabla 2-8. Falla funcional bombas horizontales.

FALLA FUNCIONAL BOMBAS HORIZONTALES NBG 80-65-125		
FALLA FUNCIONAL	*MODOS DE FALLA*	*EFECTOS DE FALLA*
Falla total. No hay caudal	Fundición bobinado	Sobre voltaje de motor eléctrico
	Calcificación y oxidación de elementos internos y cañería	Obstrucción del paso de agua
	Rotación contraria del motor	Mala conexión de caja bornes
Falla parcial. Caudal insuficiente	Paso de piedrecillas de tamaño en el fluido	Rotura de álabes
	Cavitación	
	Vibración fuera de lo común	Rodamientos dañados
		Lubricación de rodamientos deficiente
	Filtración de agua o lubricante	Sello mecánico roto o desgastado
		Corrosión de cañerías
	Lubricante en mal estado	Aumento de temperatura de la motobomba

Fuente: Elaboración propia en base a falla funcional de bombas horizontales NBG 80-65-125.

Tabla 2-9. Falla funcional Filtro AMIAD.

FALLA FUNCIONAL FILTRO AMIAD SAF 3000		
FALLA FUNCIONAL	*MODOS DE FALLA*	*EFECTOS DE FALLA*
Falla total. No arranca, no entrega fluido	Filtros y cañerías tapado con impurezas	Obstrucción de filtros
	Malla de filtros de otro tamaño no recomendadas por fabricante	
	Fundición de bobinado	Sobre voltaje de motor eléctrico
Falla parcial. No filtración, baja presión de funcionamiento	Manómetro no calibrado	Baja presión de entrega
	Filtración de fluidos	
	Conexión eléctrica suelta o mal conectada	
	Estanques, ablandadores y calderas con contaminación de metales pesados e impurezas	Filtros rotos o en mal estado

Fuente: Elaboración propia en base a falla funcional de filtro “AMLAD SAF 3000”.

2.4.5. Análisis funcional mediante la clasificación de fallas

Tabla 2-10. Análisis funcional calderas.

ANÁLISIS FUNCIONAL CALDERAS 1,2 Y 3						
Efecto de falla	*Consecuencias*	*Acción correctiva*	*Criticidad*			
			s	*o*	*d*	*RPN*
Quemador no arranca	No hay ignición ni llama que pueda generar poder calórico para el calentamiento de agua y posterior generación de vapor. Alto riesgo de explosión	Inspección visual por la mirilla de ignición, además de verificar las conexiones eléctricas, en caso de mal conexión o soltura de cables y de fusibles en buen estado	8	5	3	120

Fuente: Elaboración propia en base a análisis funcional de calderas.

Tabla 2-10. Análisis funcional calderas (Continuación).

ANÁLISIS FUNCIONAL CALDERAS 1,2 Y 3						
Efecto de falla	*Consecuencias*	*Acción correctiva*	*Criticidad*			
			s	*o*	*d*	*RPN*
Obstrucción de cañerías de combustible	No suple de combustible al sistema de ignición deteniendo proceso de generación de llama. Alto riesgo de explosión	Inspección visual de los medidores de presión de combustible, además de la revisión de los filtros de combustible	7	4	2	56
Sobre voltaje de motor eléctrico	Detención total del motor eléctrico sin tener la capacidad de dar fluencia de aire para la combustión.	inspeccionar conexión eléctrica de la caja bornes, por otro lado revisar la alimentación eléctrica	7	2	2	28
Soltura de sistema de ignición de calderas	Inexistencia de llama además de tener alto riesgo de explosión y daños al personal e infraestructura	Inspección visual de pernos y tornillos, además de elementos internos para corroborar que no tenga soltura.	9	6	8	432
Ineficiencia de válvulas de combustible	Llama principal no alcanza temperatura adecuada para el calentamiento de agua por la deficiencia de combustible	Revisar estado de válvulas, si estas han cumplido vida útil realizar un cambio por válvulas nuevas.	6	3	2	36
Termostato del calentador de agua	Lectura errónea de temperatura de entrega de agua, lo cual no cumple el requerimiento del hospital	Si el termostato ha cumplido su vida útil hacer cambio. Inspección funcionamiento con ayuda de un termómetro manual.	6	4	2	48
Hay llama piloto no hay llama principal	No genera la temperatura adecuada para el funcionamiento del recinto hospitalario	Inspección visual por la mirilla de ignición. En caso de no llama verificar elementos del sistema por la existencia de solturas de cables o partes en mal estado.	8	5	4	160

Fuente: Elaboración propia en base a análisis funcional de calderas.

Tabla 2-11. Análisis funcional de bombas verticales y horizontales.

ANÁLISIS FUNCIONAL BOMBAS VERTICALES GRUNDFOS CR-10 Y HORIZONTALES NBG 80-65-125						
Efecto de falla	*Consecuencias*	*Acción correctiva*	*Criticidad*			
			s	*o*	*d*	*RPN*
Sobre voltaje de motor eléctrico	Detención total del funcionamiento de la motobomba y flujo de agua	Inspeccionar componentes eléctricos para verificar elementos en mal estado	7	5	3	105
Obstrucción del paso de agua	Disminución o detención total del fluido	Inspeccionar líneas de agua de cañerías o equipo	5	4	2	40
Mala conexión caja bornera	Rotación contraria de la bomba evitando el fluido natural el agua	Inspeccionar conexión eléctrica	7	2	2	28
Rotura de impulsores	Disminución de entrega de agua hacia los servicios	Desarmado de equipo para la revisión de estado de elementos internos	8	3	6	144
Rodamientos dañados	Aumento de vibración y ruido para posterior falla del equipo	Inspección visual y auditiva en caso de sonidos extraños o aumento de movimiento con equipo en funcionamiento	6	5	4	120
Lubricación rodamientos deficiente	Aumento de vibración y ruidos	Inspección visual y auditiva en caso de sonidos extraños o aumento de movimiento con equipo en funcionamiento	6	5	4	120
Sello mecánico roto o desgastado	Filtración de fluido o lubricante contraproducente a la función principal de suplir con agua a la línea de producción	Inspección visual del ambiente para encontrar manchas de lubricante o charcos de agua	4	5	4	80

Fuente: Elaboración propia en base a análisis de bombas verticales y horizontales.

Tabla 2-12. Análisis funcional de filtro “AMIAD SAF 3000”.

ANÁLISIS FUNCIONAL FILTRO AMIAD SAF 3000						
Efecto de falla	*Consecuencias*	*Acción correctiva*	*Criticidad*			
			s	*o*	*d*	*RPN*
Obstrucción de filtros	Baja o nula entrega de agua	Cambio de filtros según manual de fabricante	6	3	4	72
Sobre voltaje de motor eléctrico	Paro total del equipo sin entrega de agua	Inspección del equipo para verificar conexión eléctrica, por otro lado verificar alimentación eléctrica	7	3	5	105
Baja presión de entrega	Insuficiencia en suplir con presión adecuada a la línea de producción	Verificar elementos de medición en caso de lectura errónea, inspección visual del ambiente en caso de charcos de fluidos.	6	5	4	120
Filtros rotos o en mal estado	Fluido con impurezas aumentando los riesgos de contaminación y daños de equipos y elementos de la línea de producción	Inspección de filtros y cambio correspondiente a la vida útil del elemento	6	7	2	84

Fuente: Elaboración propia en base a análisis funcional de filtro “AMIADSAF 3000”.

2.5. EQUIPO CRÍTICO

El equipo crítico según la tabla son las calderas, especificamente el quemador, ya que sin ellas se detendrán todas las funciones que suplen éstas. Es de vital importancia mantenerlas en funcionamiento y en óptimas condiciones para evitar imprevistos de provoquen daños a futuro.

2.6. ORIGEN DE LA FALLA

El origen de la falla proviene del sistema de ignición, debido a que es un falla en efecto dominó, se refiere a que si no hay ignición no hay llama piloto, por consiguiente la inexistencia o baja llama principal y finalmente no hay temperatura para el calentamiento de agua ni vapor. Por otro lado tenemos la dureza del agua ya que al entrar al contacto con el calor produce una calcificación, lo mismo que ocurre con los hervidores de agua domésticos pero a menor escala, que recubre los tubos por donde se combustiona el gas y por las líneas de agua en dirección a los servicios, durante un periodo prolongado de tiempo. Éste recubrimiento comienza a ocupar un volumen no deseado dentro de la caldera disminuyendo la funcionalidad y además dañando los elementos internos y externos de la caldera, a esto nos referimos a las paredes, tubos y cañerías.

CAPÍTULO 3: PLAN DE MANTENIMIENTO

3. PLAN DE MANTENIMIENTO

A continuación se explicará el mantenimiento, sus diferentes ramas y aplicaciones, ademas de cómo elaborar un plan teniendo en cuenta el objetivo principal de accion de mantenimiento.

3.1. MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

El mantenimiento industrial se puede definir como la combinación de todas las acciones técnicas y administrativas, incluyendo supervisoras, enfocadas a conservar algún elemento, o bien restaurarlo a un estado en el cual él pueda realizar una función requerida.

Existen diversos tipos de mantenimiento los que varían según las tareas que se le realizarán al activo, entre los más usados por la industria encontramos el mantenimiento correctivo, preventivo, predictivo y el proactivo:

3.1.1. Mantenimiento correctivo

Este tipo de mantenimiento no es programado, se realiza una vez ocurrida la falla en el mecanismo, por lo que presenta la ventaja de que el componente se aprovecha al máximo de su vida. Por lo tanto, la frecuencia de este mantenimiento es variable, puesto que no todos los mecanismos fallaran en el mismo periodo.

Para ciertos equipos puede resultar ser un tipo de mantenimiento de alto costo, ejemplo en equipos críticos, los que la detención por la falla puede traducirse en altos costos por pérdida de trabajo, en cambio para otros equipos puede ser el más conveniente desde el punto de vista de costos.

Una vez producida la falla puede resultar más conveniente reparar el componente del equipo o en otros casos será mejor reemplazarlo. Este tipo de mantenimiento es aplicable a componentes de máquinas que al fallar no interrumpen el proceso productivo.

3.1.2. Mantenimiento preventivo

Este tipo de mantenimiento es planificada y programada, técnicamente es cambiar los componentes antes de que fallen de forma imprevista, generalmente se cambian durante una detención programada del activo.

Su objetivo es mantener el equipo en óptimas condiciones de operación. Se ejecuta bajo recomendaciones del fabricante, fallas presentadas anteriormente y condiciones de trabajo dadas.

La aplicación de este mantenimiento requiere un análisis de costo, de modo que el costo por pérdida de vida útil del componente y de reemplazo debe ser menor al costo que signifique una falla por detención imprevista, costo de materia prima, entre otros.

Con el fin de maximizar la vida útil del componente, se debe llevar registros estadísticos del tiempo de trabajo, con el fin de determinar el momento adecuado para realizar el cambio.

3.1.3. Mantenimiento Predictivo

El objetivo de este tipo de mantención es determinar a base de indicios o síntomas, el momento más próximo a la falla de un componente, para lograrlo, se analiza el comportamiento de determinadas variables que manifiestan el estado del funcionamiento del equipo: temperatura, presión, vibraciones, ruidos, rendimiento, flujo, etc.

Para realizar estas mediciones el equipo debe estar dotado de instrumentos que permitan definir el estado de éstas. Requiere de un trabajo de recopilación registro y análisis de la información, con el fin de obtener bases estadísticas confiables que permitan realizar el análisis sintomático.

Se aplica a los mecanismos o componentes del equipo cuyo costo de mantención por falla imprevista resulte ser muy elevado por lo tanto justifique la inversión de este tipo de mantenimiento. La idea es obtener el máximo de vida útil del mecanismo, gracias al constante monitoreo de las variables de manera remota.

3.1.4. Mantenimiento Proactivo

La mantención proactiva se basa en el mantenimiento predictivo, el valor agregado de este tipo de mantenimiento es que añade el análisis de falla, el que permite establecer cuál fue la causa que originó el comportamiento anormal causante de la falla.

Al conocer el origen del comportamiento es posible solucionarlo, evitando la ocurrencia de futuras fallas producidas por este, maximizando la vida útil.

Algunas de las técnicas utilizadas son Análisis Causa Raíz (RCA); Análisis de modos, efectos y criticidad de falla (FMECA); mantenimiento basado en confiabilidad (RCM); análisis de modos y efectos de falla (FMEA); entre otros.

3.1.5. Formas de elaborar un plan de mantenimiento

Para elaborar un plan de mantenimiento se pueden utilizar 3 técnicas:

- Recopilando la información de los VENDORS o fabricantes asociados a las mantenciones.

- Realizando un plan basado en protocolos de mantenimiento disponibles según el mecanismo que lo requiera, estos parten de la idea de que a cada tipo de mecanismos se le realizan una serie de tareas independiente del fabricante y la carga a la que se someta.

- Realizando un plan basado en análisis de fallos que pretenden evitarse. Este método está basado en los problemas, las causas del problema y las soluciones a dicha falla; sirve para erradicar o controlar fallas reales o potenciales en los elementos o equipos. En este caso la elaboración del plan está con base al análisis de modos de falla y efecto y criticidad.

3.2. PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA PREDICCIÓN DE FALLAS PARA LAS CALDERAS DEL HOSPITAL

Un buen mantenimiento evita interrupciones innecesarias, fallas de alto costo, accidentes de distinta índole, además de ayudar a tener un orden en las tareas diarias en el área. Se recomienda realizar inspecciones periódicas, semanales, mensuales y anuales. Por otro lado se recomienda el uso de registro de actividades junto a la lista de procedimientos para el plan sea eficiente y perdure en el tiempo.

Este capítulo tiene como principal establecer los procedimientos especializados que requiere el activo crítico del área y semi crítico del área, hablamos de las calderas y motobombas.

Para que el plan tenga un efecto positivo se debe tener un buen orden y limpieza para trabajar de la mejor manera, además de tener personal idóneo y capacitado para la intervención de equipos evitando así cualquier peligro o riesgo por poco manejo de la materia. El área de ingeniería, donde se encuentran las calderas, debe estar solo los equipos que formen parte de la línea de producción de agua y vapor, ya que al tener equipos ajenos puede provocar desorden y confusión al momento de realizar las mantenciones.

3.3. INSPECCIONES

Las inspecciones son acciones que sirven para examinar y medir un producto o equipo, tales como los componentes, materiales y funcionamiento o proceso, utilizando instrumentos de medición, patrones de comparación o pruebas y ensayos con el fin de verificar si cumple los requisitos especificados.

3.3.1. Inspección periódica

Una inspección periódica consiste en revisar el equipo diariamente para establecer su estado actual y así poder iniciar un historial del equipo, que posteriormente facilita las mantenciones a realizar en el futuro.

3.3.2. Inspección semanal y mensual

Las inspecciones semanales y mensuales tratan las tareas que son de mediano – corto plazo. Las tareas deben ser estipuladas y no se requieren la aplicación a diario. Estas inspecciones contemplan el cambio de repuestos, paradas de equipo, toma de muestras (vibración, lubricante, solturas del equipo), limpieza y engrase de elementos que estén en constante movimiento.

3.3.3. Inspecciones anuales

Para realizar una inspección anual se debe proyectar a través del historial de fallas del equipo, además de la vida útil de los elementos en constante movimiento (rodamientos, ejes). Este tipo de inspección suelen durar un largo periodo de tiempo, por lo cual se debe

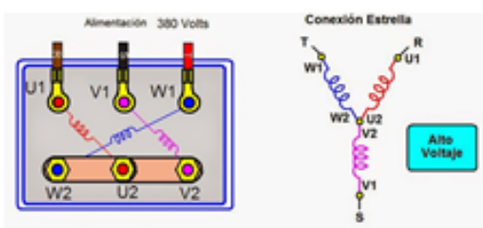
programar en momento más idóneo para detener el equipo, todo esto para evitar pérdidas de tiempo, producción y costos.

3.4. ACTIVIDADES DEL MANTENIMIENTO

Según los resultados de los análisis realizados se podrá establecer actividades para mantener la disponibilidad de las calderas sin detener el proceso de generación de agua caliente y vapor. Estas actividades surgen principalmente a través del análisis funcional FMECA.

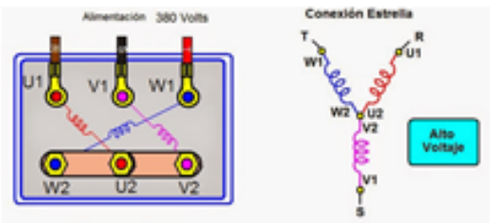
3.4.1. Planillas de trabajo para bombas centrifugas verticales 1, 2 y 3

Tabla 3-1. Planilla de trabajo BCV.

Planilla de trabajo			
Inspección eléctrica bombas verticales Grundfos CR-10			
Área:	Ingeniería	Fecha:	
Sector:	Calderas	Tiempo:	30 [min]
Equipo:	BCV 1 / BCV 2 / BCV 3	Frecuencia:	2 meses
Responsable:		Autorizado:	
EPP:	Zapatos de seguridad dieléctricos. Lentes de seguridad. Overol o buzo. Guantes de seguridad	Firma:	
Herramientas:	Multitester. Set de destornilladores. Set de alicates. Busca polos. Megger.		
Precauciones:	Manipular con precaución. Evitar contacto de agua. Peligro de electrocución. Alta tensión.		
Actividades:	1. Desenergizar y bloquear equipo. 2. Verificar la presencia de energía. 3. Inspeccionar el estado de cables y conexión eléctrica (Ver Figura 3.1). 4. Ensayo de aislamiento a carcasa con Megger. 5. Desbloquear equipo y energizar. 6. Comprobar funcionamiento  Figura 3.1		
Observaciones:			

Fuente: Elaboración propia en base a diseño de planilla de trabajo e información técnica.

Tabla 3-2. Planilla de trabajo BCH.

Planilla de trabajo			
Inspección eléctrica bombas horizontales Grundfos NBG 85-60-125			
Area:	Ingeniería	Fecha:	
Sector:	Calderas	Tiempo:	30 [min]
Equipo:	BCH 1 / BCH 2 / BCH 3	Frecuencia:	2 meses
Responsable:		Autorizado:	
EPP	Zapatos de seguridad dieléctricos. Lentes de seguridad. Overol o buzo. Guantes de seguridad	Firma:	
Herramientas	Multitester. Set de destornilladores. Set de alicates. Busca polos. Megger. Limpia contacto		
Precauciones	Manipular con precaución. Evitar contacto de agua. Peligro de electrocución. Alta tensión.		
Actividades:	1. Desenergizar y bloquear equipo. 2. Verificar la presencia de energía. 3. Inspeccionar el estado de cables y conexión eléctrica (Ver Figura 3.2). 4. Ensayo de aislamiento a carcasa con Megger. 5. Desbloquear equipo y energizar. 6. Comprobar funcionamiento  Figura 3.2		
Observaciones:			

Fuente: Elaboración propia en base a diseño de planilla de trabajo e información técnica.

Tabla 3-3. Planilla de trabajo BCV.

Planilla de trabajo			
Desarme y armado bombas verticales Grundfos CR-10			
Area:	Ingeniería	Fecha:	
Sector:	Calderas	Tiempo:	5 [h]
Equipo:	BCV 1 / BCV 2 / BCV 3	Frecuencia:	6 meses
Responsable:		Autorizado:	
EPP	Zapatos de seguridad dieléctricos. Lentes de seguridad. Overol o buzo. Guantes de seguridad	Firma:	
Herramientas	Set de dados. Llave de trinquete (chicharra) Set de destornilladores. Set llaves hexagonales o allen. Llave de torque Paños. Set de llaves punta corona		
Precauciones	Manipular con precaución. Evitar contacto de agua. Peligro de atrapamiento. Maniobra de izaje.		
Actividades:	1. Desenergizar y bloquear equipo. 2. Retirar pernos de sujeción de motor eléctrico y cuerpo de la bomba. 3. Retirar pernos de junta de transmisión. 4. Con ayuda de un tecle levantador retirar el motor eléctrico. 5. Retirar sello mecánico tipo cartucho Figura 3.2. Figura 3.3 6. Retirar sucesor cuerpo-motor. 7. Retirar carcasa de ensamble giratorio. 8. Retirar ensamble giratorio. Figura 3.4. Figura 3.3 9. Retirar 2 pernos basales del ensamble giratorio y 1 perno de eje. 10. Desarme elementos internos del ensamble giratorios y verifique posibles daños en álabes en caso de cavitación. 11. Limpiar con paños limpios. 12. Armado de ensamble giratorio. Apriete de pernos con torque recomendado por fabricante 13. Colocar carcasa de ensamble 14. Instalar sujesor cuerpo-motor		

Fuente: Elaboración propia en base a diseño de planilla de trabajo e información técnica.

Tabla 3-3. Planilla de trabajo BCV (Continuación).

	15. Instalar sello mecánico (rocíe en spray agua y jabón) 16. Instalar en su lugar motor eléctrico 17. Instalar junta de transmisión 18. Instalar pernos de sujeción del motor eléctrico bajo torque recomendado por fabricante 19. Desbloquear y energizar equipo 20. Testeo de funcionamiento.
Observaciones:	Engrase todos lo pernos antes de dar torque final, esto para evitar contacto agua-perno y así formar corrosión o herrumbre.

Fuente: Elaboración propia en base a diseño de planilla de trabajo e información técnica.

Tabla 3-4. Planilla de trabajo BCV.

Planilla de trabajo			
Cambio de sello mecánico bombas verticales Grundfos CR-10			
Area:	Ingeniería	Fecha:	
Sector:	Calderas	Tiempo:	3.5 [h]
Equipo:	BCV 1 / BCV 2 / BCV 3	Frecuencia:	9 meses
Responsable:		Autorizado:	
EPP	Zapatos de seguridad dieléctricos. Lentes de seguridad. Overol o buzo. Guantes de seguridad	Firma:	
Herramientas	Set de dados. Llave de trinquete (chicharra) Llave de torque Set de destornilladores. Set llave hexagonales o allen. Paños. Set de llaves punta corona		
Precauciones	Manipular con precaución. Evitar contacto de agua. Peligro de atrapamiento.		
Actividades:	1. Desenergizar y bloquear equipo. 2. Retire placas protectoras de junta de transmisión. 3. Retire con llave allen la junta de transmisión. 4. Con llave punta corona suelte y retire el sello mecánico tipo cartucho. Figura 3.5. Figura 3.5 5. Rocíe en spray mezcla de agua y jabón el lugar donde va ubicado el sello. 6. Instale el sello nuevo. 7. Apriete con llave punta corona perno del sello. Bajo torque recomendado por fabricante. 8. Instale junta de transmisión. 9. Instale placas protectoras de junta de transmisión. 10. Desbloquee y energice equipo. 11. Testeo de funcionamiento		
Observaciones:	Evite el uso de contaminantes ya que puede dañar el sello nuevo.		

Fuente: Elaboración propia en base a diseño de planilla de trabajo e información técnica.

Tabla 3-5. Planilla de trabajo BCV.

Planilla de trabajo			
Cambio de sello mecánico bombas verticales Grundfos CR-10			
Area:	Ingeniería	Fecha:	
Sector:	Calderas	Tiempo:	3.5 [h]
Equipo:	BCV 1 / BCV 2 / BCV 3	Frecuencia:	9 meses
Responsable:		Autorizado:	
EPP	Zapatos de seguridad dieléctricos. Lentes de seguridad. Overol o buzo. Guantes de seguridad	Firma:	
Herramientas	Set de dados. Llave de trinquete (chicharra) Llave de torque Set de destornilladores. Set llave hexagonales o allen. Paños. Set de llaves punta corona		
Precauciones	Manipular con precaución. Evitar contacto de agua. Peligro de atrapamiento.		
Actividades:	12. Desenergizar y bloquear equipo. 13. Retire placas protectoras de junta de transmisión. 14. Retire con llave allen la junta de transmisión. 15. Con llave punta corona suelte y retire el sello mecánico tipo cartucho. Figura 3.5. Figura 3.5 16. Rocíe en spray mezcla de agua y jabón el lugar donde va ubicado el sello. 17. Instale el sello nuevo 18. Apriete con llave punta corona perno del sello. Bajo torque recomendado por fabricante. 19. Instale junta de transmisión. 20. Instale placas protectoras de junta de transmisión. 21. Desbloquee y energice equipo. 22. Testeo de funcionamiento		
Observaciones:	Evite el uso de contaminantes ya que puede dañar el sello nuevo.		

Fuente: Elaboración propia en base a diseño de planilla de trabajo e información técnica.

Tabla 3-6. Planilla de trabajo BCH.

Planilla de trabajo			
Inspeccion de impulsor bombas horizontales Grundfos NBG 80-65-125			
Area:	Ingeniería	Fecha:	
Sector:	Calderas	Tiempo:	5 [h]
Equipo:	BCH 1 / BCH 2 / BCH 3	Frecuencia:	6 meses
Responsable:		Autorizado:	
EPP	Zapatos de seguridad dieléctricos. Lentes de seguridad. Overol o buzo. Guantes de seguridad	Firma:	
Herramientas	Set de dados. Llave de trinquete (chicharra) Set de destornilladores. Set llave hexagonales o allen. Llave de torque Paños. Set de llaves punta corona		
Precauciones	Manipular con precaución. Evitar contacto de agua. Peligro de atrapamiento.		
Actividades:	1. Desenergizar y bloquear equipo. 2. Retirar pernos fijación de entrada y salida de agua. 3. Retirar pernos de fijación carcasa. 4. Con llave trinquete retirar perno de impulsor. 5. Retirar impulsor. 6. Verificar y limpiar impulsor en caso de óxido. 7. Verificar estado sello mecánico. 8. Retirar cuña. 9. Verifique estado físico impulsor. En caso de tener daño en sus álabes cambiar impulsor. 10. Lubricar. 11. Montar cuña. 12. Montar impulsar. 13. Con el torquimetro dar torque recomendado al perno de fijación de impulsor. 14. Instalar o ring. 15. Apriete pernos de carcasa en secuencia de apriete cruzado. Figura 3.6		

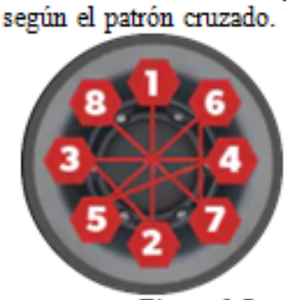
Fuente: Elaboración propia en base a diseño de planilla de trabajo e información técnica.

Tabla 3-6. Planilla de trabajo BCH (Continuación).

	16. Desbloquear y energizar equipo. 17. Purgar bomba. Dando leve soltura a tornillo de purga. 18. Testeo de equipo
Observaciones:	

Fuente: Elaboración propia en base a diseño de planilla de trabajo e información técnica.

Tabla 3-7. Planilla de trabajo BCH.

Planilla de trabajo			
Cambio de rodamientos bombas horizontales Grundfos NBG 80-65-125			
Area:	Ingeniería	Fecha:	
Sector:	Calderas	Tiempo:	5 [h]
Equipo:	BCH 1 / BCH 2 / BCH 3	Frecuencia:	6 meses
Responsable:		Autorizado:	
EPP	Zapatos de seguridad dieléctricos. Lentes de seguridad. Overol o buzo. Guantes de seguridad	Firma:	
Herramientas	Set de dados. Llave de trinquete (chicharra) Set de destornilladores. Set llave hexagonales o allen. Llave de torque Paños. Set de llaves punta corona. Extractor de rodamientos		
Precauciones	Manipular con precaución. Evitar contacto de agua. Peligro de atrapamiento.		
Actividades:	1. Desenergizar y bloquear equipo 2. Retirar pernos fijación de entrada y salida de agua 3. Retirar pernos de fijación carcasa 4. Con llave trinquete retirar perno de impulsor 5. Retirar impulsor 6. Verificar y limpiar impulsor en caso de oxido 7. Verificar estado de sello mecánico 8. Retirar cuña 9. Retirar rotor con los ejes 10. Con el extractor de retirar rodamientos dañados 11. Según catálogo de fabricante Grundfos utilizar rodamientos 6211-2Z/C3 SKF. 12. Lubricar, montar y rodar rodamientos 13. Instalar aspas de ventilación con el cuerpo de la bomba y apretar pernos según el patrón cruzado. `  Figura 3.7		

Fuente: Elaboración propia en base a diseño de planilla de trabajo e información técnica.

Tabla 3-7. Planilla de trabajo BCH (Continuación).

	14. Montar cuña 15. Montar impulsor 16. Apretar con torque recomendado el perno del impulsor 17. Instalar o ring nuevo 18. Montar y apretar pernos de carcasa según patrón de apriete. Figura 3.7 19. Desbloquear y energizar 20. Purgar bomba. Dando leve soltura a tornillo de purga 21. Testeo de equipo
Observaciones:	

Fuente: Elaboración propia en base a diseño de planilla de trabajo e información técnica.

Tabla 3-8. Planilla de trabajo “CALDERA 1, 2 Y 3”.

Planilla de trabajo			
Inspección sistema de ignición caldera 1, 2 y 3			
Area:	Ingeniería	Fecha:	
Sector:	Calderas	Tiempo:	5 [h]
Equipo:	CP 1 / CP 2 / CP 3	Frecuencia:	6 meses
Responsable:		Autorizado:	
EPP	Zapatos de seguridad dielectricos. Lentes de seguridad. Overol o buzo. Guantes de seguridad	Firma:	
Herramientas	Busca polo Set destornilladores Set llave dados Llave de trinquete Pie de metro		
Precauciones	Manipular con precaución. Precaución equipo energizado. Peligro de electrocución		
Actividades:	1. Acercarse a la caldera 2. Observar por la mirilla y escuchar la existencia de chispa. 3. Desenergizar y bloquear equipo. 4. Verificar la presencia de energía con buscapolo. 5. Retirar pernos de carcasa de mirilla 6. Retirar sensor de combustible (este sensor interrumpe el suministro de combustible en ausencia de llama) 7. Remover electroválvula 8. Remover alimentador de combustible 9. Remover tuerca de retorno de combustible 10. Retirar estructura de sistema de ignición 11. Verificar estados de elementos internos en caso de soltura o fundición de cables. 12. Revisar parámetros de medidas y posición 13. Instalar sistema de ignición 14. Instalar tuerca retorno combustible 15. Instalar alimentador de combustible 16. Instalar electroválvula 17. Instalar sensor de combustible 18. Apretar pernos de carcasa con apriete máximo natural* 19. Desbloquear y energizar equipo 20. Testear de forma visual y auditiva la existencia de chispa y7o llama		
Observaciones:	En caso de los pasos 1 y 2 no sean exitosos, seguir con los pasos siguiente. *El apriete máximo natural es el apriete que se da al elemento hasta que la maniobra lo permita		

Fuente: Elaboración propia en base a diseño de planilla de trabajo e información técnica.

Tabla 3-8. Planilla de trabajo “CALDERA 1, 2 Y 3” (Continuación).

Planilla de trabajo			
Inspección pulverizador de combustible caldera 1, 2 y 3			
Area:	Ingeniería	Fecha:	
Sector:	Calderas	Tiempo:	2 [h]
Equipo:	CP 1 / CP 2 / CP 3	Frecuencia:	4 meses
Responsable:		Autorizado:	
EPP	Zapatos de seguridad dielecticos. Lentes de seguridad. Overol o buzo. Guantes de seguridad	Firma:	
Herramientas	Busca polo Set destornilladores Set llave dados Llave de trinquete Pie de metro Limpia contacto Pie de metro Solvente		
Precauciones	Manipular con precaución. Peligro de explosión. Peligro de electrocución.		
Actividades:	1. Desenergizar y bloquear equipo 2. Verificar con buscapolo la presencia de energía 3. Remover cascasa de la mirilla del soplador 4. Remover sensor de llama (al no tener presencia de llama el Sensor envía señar y corta el suministro combustible) 5. Remover eléctrovalvula 6. Remover alimentador de combustible 7. Remover retorno de combustible 8. Retirar el sistema de ignición 9. Remover pulverizadores 10. Remojar pulverizadores en un pocillo con solvente 11. Con un paño retirar exceso de solvente 12. Aplicar limpia contacto y dejar secar por 10 min 13. Instalar pulverizadores 14. Instalar y ajustar sistema de ignición 15. Instalar retorno de combustible 16. Instalar alimentador de combustible 17. Instalar eléctrovalvula 18. Instalar sensor de llama 19. Instalar carcasa de la mirilla del soplador 20. Desbloquear y energizar equipo 21. Testeo de equipo		
Observaciones:	Antes de comenzar procedimiento asegure que el equipo este totalmente desenergizado, ya que cualquier chispa puede hacer reacción con el combustible y provocar explosión		

Fuente: Elaboración propia en base a diseño de planilla de trabajo e información técnica.

Tabla 3-8. Planilla de trabajo “CALDERA 1, 2 Y 3” (Continuación).

Planilla de trabajo			
Inspección elementos internos y externos caldera 1, 2 y 3			
Area:	Ingenieria	Fecha:	
Sector:	Calderas	Tiempo:	3 [h]
Equipo:	CP 1 / CP 2 / CP 3	Frecuencia:	6 meses
Responsable:		Autorizado:	
EPP	Zapatos de seguridad dielecticos. Lentes de seguridad. Overol o buzo. Guantes de seguridad	Firma:	
Herramientas	Busca polo Set destornilladores Set llave dados Llave de trinquete Pie de metro Limpia contacto Pie de metro Solvente		
Precauciones	Manipular con precaución. Peligro de explosión. Peligro de atrapamiento.		
Actividades:	1. Desenergizar y bloquear equipo 2. Verificar con buscapolo la presencia de energía 3. Abrir tapa trasera 4. inspeccionar cemento refractario 5. inspeccionar tubos en caso de calcificación 6. inspeccion tapa trasera en caso de fractura de cemento refractario. 7. Inspeccionar válvulas de seguridad 8. Inspeccionar manómetros y presostato 9. Inspeccionar sensores de nivel de agua 10. Inspeccionar bornera 11. Inspeccionar quemador no atmosférico 12. Inspeccionar linea de alimentación y salida de agua 13. Inspeccionar sistema controlador de agua 14. Inspeccionar salidas de vapor 15. Inspeccionar cañerías de vapor		
Observaciones:	Antes de comenzar procedimiento asegure que el equipo este totalmente desenergizado, ya que cualquier chispa puede hacer reacción con el combustible y provocar explosión		

Fuente: Elaboración propia en base a diseño de planilla de trabajo e información técnica.

3.5. ESTIMACIÓN DE COSTOS ASOCIADOS

Para realizar la estimación de costos involucrados en el plan de mantenimiento se debe tener en cuenta los factores que influyen en el valor final, tales como mano de obra, repuestos, insumos y herramientas utilizadas.

El propósito de esta estimación es el costo que deberá tener en cuenta la empresa para realizar los mantenimientos a los equipos.

3.5.1. Costo mano de obra

Tabla 3-9. Costos asociados trabajadores.

VALOR H.H TRABAJADORES	
REMUNERACIÓN BRUTA MENSUALIZADA	$895.658
TOTAL HORAS TRABAJADAS-MES	200
VALOR HORA TRABAJADA	$4.478

Fuente: Elaboración propia con información entregada por Ley de Transparencia.

3.5.2. Costo de herramientas e insumos

Se considera insumo a todo elemento requerido involucrado en el plan de mantenimiento.

El hospital al no contar con un plan de mantenimiento sólo realizaba procedimientos correctivos y el uso de herramientas e insumos no estaban clasificadas, por lo tanto, el plan de mantenimiento entrega el listado de herramientas e insumos a utilizar en cada acción de mantenimiento.

Tabla 3-10. Costos asociados a insumos.

Tabla de costos insumos				
Articulo	Unidad	Valor C/U	Total $	Total UF*
Limpia contacto	2	$4.990	$9.980	0.36
Multitester	1	$28.990	$28.990	1.05
Busca polos	2	$2.100	$4.200	0.15
Megger	1	$84.150	$89.000	3.22
Sello mecánico tipo cartucho	3	$80.000	$240.000	8.70
Paños	5 kg	$1.990	$1.990	0.07
Set llaves hexagonales	1	$8.990	$8.990	0.32
Llave de trinquete	1	$12.990	$12.990	0.47
Llave de torque	1	$27.990	$27.990	1.01
Set llaves punta corona	1	$14.990	$14.990	0.54
Set de dados	1	$9.840	$9.840	0.35
Set destornilladores	1	$7.450	$7.450	0.27
Pie de metro	1	$15.000	$15.000	0.54
Rodamientos	8	$14.000	$112.000	4.06
Solvente	1	$3.850	$3.850	0.13
Total			$587.260	21.24

Fuente: Elaboración propia en base a costos asociados a insumos

*Valor UF Enero 2019.

3.5.3. Costos de mantenimiento

Tabla 3-11. Costos mantenimiento motobombas verticales y horizontales.

Tabla costos mantenimiento motobombas verticales y horizontales				
Total hora de planes (h)	Costos H/H		Total $	Total UF*
	Mecánico	Eléctrico		* UF enero 2019 $27.565
23	$4.478	$4.478	$205.988	7.47 UF

Fuente: Elaboración propia en base a costos de mantenimiento de motobombas.

Tabla 3-12. Costos mantenimiento calderas 1, 2 y 3.

Tabla costos mantenimiento calderas 1, 2 y 3				
Total hora de planes (h)	Costos H/H		Total $	Total UF *
	Mecánico	Eléctrico		* UF enero 2019 $27.565
10	$4.478	$4.478	$89.560	3.25 UF

Fuente: Elaboración propia en base a costos de mantenimiento de calderas.

Estimación Costo de Mano de Obra Actividades de Mantenimiento

	Actividades del Mantenimiento	N° Personas	Tiempo Requerido x Persona (hrs)	Horas Hombre Totales Actividad (hrs)	Frecuencia de la Actividad (mes)	N° actividades al año	Costo Horario H/H ($/hr)	Costo de la Actividad ($/act)	Costo Anual de la Actividad ($/año)	Costo Anual de la Actividad (UF/año)
1.-	Inspección eléctrica a bombas verticales Grundfos CR-10	2	0,5	1,0	2	6,0	$4.478	$4.478	$26.870	0,97
2.-	Inspección eléctrica a bombas horizontales Grundfos NBG 65-60-125	2	0,5	1,0	2	6,0	$4.478	$4.478	$26.870	0,97
3.-	Desarme y armado bombas verticales Grundfos CR-10	2	5,0	10,0	6	2,0	$4.478	$44.783	$89.566	3,25
4.-	Cambio de sello mecánico bombas verticales Grundfos CR-10	2	3,5	7,0	9	1,3	$4.478	$31.348	$41.797	1,52
5.-	Cambio de sello mecánico bombas verticales Grundfos CR-10	2	3,5	7,0	9	1,3	$4.478	$31.348	$41.797	1,52
6.-	Inspección de impulsor bombas horizontales Grudfos NBG 65-65-125	2	5,0	10,0	6	2,0	$4.478	$44.783	$89.566	3,25
7.-	Cambio de rodamiento bombas horizontales Grundfos NBG 65-65-125	2	5,0	10,0	6	2,0	$4.478	$44.783	$89.566	3,25
8.-	Inspección sistema de ignición caldera 1, 2 y 3	2	5,0	10,0	6	2,0	$4.478	$44.783	$89.566	3,25
9.-	Inspección pulverizador de combustible caldera 1, 2 y 3	2	2,0	4,0	4	3,0	$4.478	$17.913	$53.739	1,95
10.-	Inspección elementos internos y externos caldera 1, 2 y 3	2	3,0	6,0	6	2,0	$4.478	$26.870	$53.739	1,95
	Costo Total Mano de Obra								**$603.076**	**UF 21,88**

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conocer el proceso de generación de agua caliente y vapor nos muestra la funciones que cumplen cada equipo en la línea de producción, por ello es de vital importancia conocer su funcionamiento, componentes y sus posibles fallas que se produzcan a lo largo de su vida de uso. Es por eso que se logró establecer cuáles fueron las deficiencias que los equipos tenían y la forma de cómo se llegó a determinar los equipos de mayor importancia.

Para la elaboración del plan de mantenimiento al hospital se utilizó la metodología FMECA, en conjunto con el historial de fallas y los datos obtenidos in situ, se logró establecer la jerarquización de equipos críticos, siendo las calderas y su sistema de ignición el equipo de mayor importancia. El hospital al no tener de manera jerarquizada, además de poca información archivada de las reparaciones que se realizaban, efectuaba reparaciones de manera poco eficiente teniendo mayor tiempo de reparación, por consiguiente un aumento de los costos. La metodología FMECA nos ayudó a identificar las fallas de mayor recurrencia e importancia que afectan a un gran porcentaje de la línea productiva. Además de la aplicación RPN (número de prioridad de riesgos en ingles) que nos establece, según el criterio de parámetros normalizados, las probabilidades y efectos de las fallas que nos orienta a la planificación de planillas de mantenimiento programadas (periódicas, semanales, mensuales y anuales).

Según los datos obtenidos para mantener a los equipos funcionando al 100% es necesario contar con planillas de trabajo de mantenimiento para asegurar la manipulación segura de los equipos y evitar daños, tanto al personal como al equipo. Por otro lado, los costos estimados nos dan una idea de los gastos producidos en cada mantención, lo cual ayuda a la reducción de costos que es importante la hora de intervenir equipos a nivel financiero. Estas planillas ayudarán como guías al personal a cargo para las futuras intervenciones.

Teniendo en vista la mejora continua, se debe tener al equipo de trabajo en constante aprendizaje de nuevas metodologías de mantenimiento, para así perfeccionar técnicas en procedimientos y en constante conocimiento de nuevas aplicaciones de tecnologias para a enfrentar cualquier imprevisto.

Finalmente a continuación se darán recomendaciones para el area de ingenieria:

- Mantener una planilla registro de actividades e intervenciones que ayudara al equipo a tener el historial actualizado de fallas y mantenciones. (Ver anexo A).

- La implementación de ARO (análisis de riesgo operacional) que consta de una planilla con los posibles riesgos y peligros hacia los trabajadores. (Ver anexo C).

- La implementación de LOTOTO (lock out, tag out y try out, en sus siglas en inglés) (Ver Anexo B)

BIBLIOGRAFÍA

1. Historia y reseñas hospital naval [en línea] https://www.hospitalnaval.cl/ servicios-y-especialidades/> [consulta 28 Octubre 2018].

2. DESARROLLANDO UN PLAN DE MANTENIMIENTO APOYADOS EN RCM [en línea]. <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/desarrollando-un plan-de-mantenimiento apoyados-en-rcm.>. [Consulta: 7 Octubre 2018].

3. ARÁNGUIZ G., Andrés. Introducción al Mantenimiento Industrial [diapositiva] Viña del Mar. Chile. Departamento de Mecánica. 2015. 37 diapositivas, col.

4. BALDI G., Carlos. Ciclo de gestión de mantenimiento [diapositiva] Viña del Mar. Chile Departamento de Mecánica. 2015. 171 diapositivas, col.

ANEXOS

ANEXO A: PLANILLA DE REGISTRO DE ACTIVIDADES

Planilla de registro			
Tarjeta de registro de fallas equipos ingenieria			
Funcion		Fecha:	Firma:
Nº Orden de trabajo			
Equipo		Código equipo	
Maquinaria	Conjunto	Descripcion de falla	Tipo de falla

ANEXO B: IMPLEMENTACIÓN LOTOTO

LOTOTO (lock out, tag out y try out en inglés) es una práctica de bloqueo de equipos industriales para asegurar la integridad de los trabajadores. Se basa en una tarjeta de identificacion del trabajador que procede a manipular el equipo ya sea eléctrica como mecanicamente.

ANEXO C: ANÁLISIS DE RIEGOS OPERACIONALES

ANÁLISIS DE RIESGO OPERACIONAL			
Área:			Tarea:
Departamento :		Fecha:	
Encargado :			
PASOS DE LA TAREA	PELIGROS ASOCIADOS	RIESGOS ASOCIADOS	METODOLOGIA SEGURA DE TRABAJO
DELIMITACIÓN ÁREA DE TRABAJO	EXPOSICIÓN A LÍNEA DE FUEGO	- ATRAPADO POR O CONTRA - APLASTADO POR O CONTRA - GOLPEADO POR O CONTRA	- DELIMITAR ÁREA DE TRABAJO
BLOQUEO EQUIPO	EQUIPO ENERGIZADO	- ELECTROCUCION - ATRAPAMIENTO	- APLICAR LOTOTO - VERIFICAR AUSENCIA DE ENERGIAS
INSTALACIÓN SOPORTES EN EQUIPO	MANIPULACION DE CARGA	- ATRAPADO POR O CONTRA - APLASTADO POR O CONTRA - GOLPEADO POR O CONTRA - CAIDA DE	- NO EXPONERSE A LINEA DE FUEGO - COORDINACIÓN DE LA TAREA - CONOCER PESO Y DIMENSIONES DE LA CARGA (COMPONENTE) - USO ELEMENTOS DE APOYO PARA LA CARGA (SI FUESE NECESARIO) - EXPOSICIÓN A LÍNEA DE FUEGO

TRASLADO E INSTALACIÓN ESCALERA	MOVIMIENTO DE ESCALERA	- ATRAPAMIENTO - ATROPELLAMIENTO - APLASTAMIENTO - DAÑO MATERIAL - DAÑO A PERSONAS - GOLPEADO POR O CONTRA - CAIDAS DE	- USO EPP - COORDINACION / PLANIFICACIÓN DE LA TAREA - USO 3 PUNTOS DE APOYO - MANTENER COMUNICACIÓN OPERADOR / TECNICO MECANICO - NO EXPONERSE A LINEA / AREA DE FUEGO - BUENA POSTURA DE TRABAJO
USO ESCALERA	TRABAJO DISTINTO NIVEL	- CAIDA - GOLPEADO CONTRA - PROBLEMAS ERGONOMICOS	- USO TRES PUNTOS DE APOYO - USO ESCALA EN BUEN ESTADO - SUPERFICIES LIBRE DE HIDROCARBUROS - POSTURA ADECUADA PARA LA TAREA - USO DE ARNES DE SEGURIDAD
CHEQUEO OPERACIONAL Y ENTREGA DE EQUIPO	EQUIPO EN FUNCIONAMIENTO	- ATRAPAMIENTO - ATROPELLAMIENTO - APLASTAMIENTO - DAÑO MATERIAL - DAÑO A PERSONAS	- USO EPP - NO EXPONERSE A ELEMENTOS MOVILES (CARDANES, EJES, ETC) - COMUNICACIÓN OPERADOR / MECANICO - USO SEÑALEROS - NO EXPONERSE A LINEA DE FUEGO
Observaciones / Modificaciones			