

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
BASADO EN INDICADORES OEE DEL SISTEMA DE VAPOR PARA LA
REDUCCIÓN DE PARADAS DE EQUIPOS EN EL HOSPITAL REGIONAL
DE LAMBAYEQUE**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR

MARY ALEXANDRA QUIROZ GARCIA

ASESOR

JOSELITO SÁNCHEZ PÉREZ

<https://orcid.org/0000-0002-1525-8149>

Chiclayo, 2020

**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO BASADO EN INDICADORES OEE DEL SISTEMA
DE VAPOR PARA LA REDUCCIÓN DE PARADAS DE EQUIPOS
EN EL HOSPITAL REGIONAL DE LAMBAYEQUE**

PRESENTADA POR:

MARY ALEXANDRA QUIROZ GARCIA

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
Para optar el título de

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR:

Alejandro Vera Lázaro
PRESIDENTE

Edwin Juárez Marchena
SECRETARIO

Joselito Sánchez Pérez
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios por ser mi guía y mi fortaleza en todo momento, a mis padres: Mariela García y Marcos Quiroz por ser mi ejemplo de valentía y superación, por ser mi fuente de inspiración y ser mi soporte en cada momento de mi vida, por darme su apoyo en todo momento y ser mi apoyo incondicional.

A mi familia por creer en mí en todo momento y no dudar ni un segundo de que podría ser capaz de terminar mis estudios universitarios.

AGRADECIMIENTO

Al Hospital Regional Lambayeque por la oportunidad que me brindó por usar sus instalaciones y así desarrollar mis habilidades y empezar una vida laboral.

Al Ing. Joselito Sánchez por la valiosa orientación brindada en la elaboración de esta tesis por ser parte fundamental de mi formación profesional.

A nuestra prestigiosa Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo por recibirme en estos años y formarme no solo en conocimientos sino también en valores cívicos y religiosos.

ÍNDICE

RESUMEN.....	11
ABSTRACT	12
I. INTRODUCCIÓN	13
II. MARCO TEÓRICO.....	15
2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	15
2.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	19
2.2.1. Mantenimiento	19
2.2.2. Objetivos y finalidad del mantenimiento	19
2.2.3. Mantenimiento Preventivo	20
2.2.4. Plan de Mantenimiento Preventivo	20
2.2.5. Diferencia entre fallas y averías	20
2.2.6. Indicadores de gestión en mantenimiento	21
2.2.7. Indicador OEE.....	23
2.2.8. Metodologías	25
III. RESULTADOS.....	28
3.1 DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL Y FALLAS EN LOS PROCESOS DEL SISTEMA DE VAPOR.....	28
3.1.1. Misión.....	29
3.1.2. Visión	29
3.1.3. Organigrama.....	30
3.1.4. Número de trabajadores.....	32
3.1.5. Manual de Funciones.....	34
3.1.6. Costos de Producción	36
3.1.7. Descripción del proceso de producción y consumo	37
3.1.8. Ficha Técnica por equipo	45
3.1.9. Diagnóstico de la Situación Actual del Sistema de vapor y áreas usuarias.....	52
3.1.10. Costos de reparación	68
3.1.11. Equipos críticos por área	75
3.1.12. Indicadores Actuales	77
3.2.1. DISEÑO	85
3.2.2. Diagrama estructural del sistema de vapor.....	86
3.2.3. DESARROLLO DE LINEAMIENTOS DEL PLAN	88
3.2.4. PLANES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVOS POR MÁQUINAS	93
3.2.5. PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO POR MÁQUINAS.....	106

3.2.6. INDICADORES DESPUÉS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROPUESTO	125
3.2.4. Análisis de confiabilidad por el método Weibull	129
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	138
4.1. CONCLUSIONES	138
4.2. RECOMENDACIONES	139
V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	140
VI. ANEXOS.....	145
Anexo 01 Tipos de equipos en el sistema de vapor	145
Anexo 02 Hospital Regional Lambayeque - Atendidos y Atenciones en consulta externa médica - Año 2015.....	147
Anexo 03 Hospital Regional Lambayeque – Egresos Hospitalarios Finales 2015	147
Anexo 04 Hospital Regional Lambayeque – Pacientes Intervenido Quirúrgicamente	148
Anexo 05	149
Anexo 06	156
Anexo 07	158
Anexo 08	160
Anexo 09. Formatos de monitoreo	161

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación del OEE	25
Tabla 2: Especialidades Hospital Regional Lambayeque.....	28
Tabla 3. Listado de personal del área biomédica.....	32
Tabla 4. Listado de personal del área de servicios generales	32
Tabla 5. Listado de personal del área de servicios generales	33
Tabla 6. Salarios del Área Electromecánica– 2019	36
Tabla 7. Costos Fijos - Promedio Mensual - 2019	36
Tabla 8. Ficha técnica – Caldera	38
Tabla 9. Características de las tuberías.....	40
Tabla 10. Datos de equipos a vapor en el Hospital Regional de Lambayeque del año 2018 – Área de Lavandería.....	42
Tabla 11. Datos de equipos a vapor en el Hospital Regional de Lambayeque del año 2018 – Área de Esterilización.....	43
Tabla 12. Datos de equipos a vapor en el Hospital Regional de Lambayeque del año 2018 – Área de Cocina	44
Tabla 13. Ficha Técnica del Filtro multimedia automático.....	45
Tabla 14. Ficha Técnica del Ablandador automático M,PENTAIR.....	45
Tabla 15. Ficha Técnica del Quemador.....	45
Tabla 16. Ficha Técnica de Bomba de calderos	46
Tabla 17. Ficha Técnica de Bomba de agua fría	46
Tabla 18. Ficha Técnica de Bomba de agua blanda	46
Tabla 19. Ficha Técnica de Autoclave	47
Tabla 20. Ficha Técnica de Bomba de agua caliente	47
Tabla 21. Ficha Técnica de Cabecero de vapor.....	47
Tabla 22. Ficha Técnica de Lavadora.....	48
Tabla 23. Ficha Técnica de Marmita	48
Tabla 24. Ficha Técnica de Secadora	48
Tabla 25. Ficha Técnica de Calandria	49
Tabla 26. Ficha Técnica de Prensa Plancha	49
Tabla 27. Ficha Técnica de Calentadores de Agua	50
Tabla 28. Ficha Técnica de Tanque vertical de agua caliente	50
Tabla 29. Ficha Técnica de Tanque de condensado	50
Tabla 30. Producción diaria en las áreas de Cocina, Lavandería y Central de Esterilización	51
Tabla 31. Frecuencia de fallas anuales en el Área de Esterilización	56
Tabla 32. Consecuencia Técnica, Hospitalaria y Económica en el Área de Esterilización .	60
Tabla 33. Frecuencia de fallas anuales en el Área de Lavandería.....	61
Tabla 34. Consecuencia Técnica, Hospitalaria y Económica en el Área de Lavandería	64
Tabla 35. Frecuencia de fallas anuales en el Área de Cocina.....	65
Tabla 36. Consecuencia Técnica, Hospitalaria y Económica en el Área de Cocina	67
Tabla 37. Costos de falla sistema de vapor	68
Tabla 38. Costos de mano de obra sistema de vapor.....	69
Tabla 39. Costos totales central del sistema de vapor	69
Tabla 40. Costos de falla central de esterilización	70
Tabla 41. Costos de mano de obra central de esterilización.....	71
Tabla 42. Costos totales central de esterilización.....	71
Tabla 43. Costos de falla lavandería.....	72

Tabla 44. Costos de mano de obra lavandería.....	72
Tabla 45. Costos de totales de lavandería.....	73
Tabla 46. Costos de falla de cocina.....	73
Tabla 47. Costos de mano de obra de cocina.....	74
Tabla 48. Costos de totales de cocina.....	74
Tabla 49. Costos de materiales utilizados en la reparación de fallas.....	75
Tabla 50. Equipos críticos por área.....	75
Tabla 51. Disponibilidad – Área de Sistema de vapor.....	77
Tabla 52. Disponibilidad – Área de Esterilización.....	78
Tabla 53. Disponibilidad – Área de Lavandería.....	78
Tabla 54. Disponibilidad – Área de Cocina.....	79
Tabla 55. Rendimiento – Área de Lavandería.....	79
Tabla 56. Rendimiento – Área de Esterilización.....	80
Tabla 57. Rendimiento – Área de Cocina.....	80
Tabla 58. Etapas y Actividades para la elaboración de un Sistema de Gestión.....	84
Tabla 59. Codificación de equipos del sistema de vapor.....	88
Tabla 60. Codificación de equipos de área usuaria.....	89
Tabla 61. Listado de equipos Planta de Tratamiento de agua.....	90
Tabla 62. Listado de equipos del Área de Calderos.....	90
Tabla 63. Listado de equipos de la Red de tuberías.....	91
Tabla 64. Listado de equipos del Área de Calderos.....	91
Tabla 65. Plan de mantenimiento preventivo diario para el caldero.....	93
Tabla 66. Plan de mantenimiento preventivo trimestral para el caldero.....	94
Tabla 67. Plan de mantenimiento preventivo semestral para el caldero.....	95
Tabla 68. Plan de mantenimiento preventivo para el área de cocina.....	96
Tabla 69. Plan de mantenimiento preventivo para el área de cocina.....	97
Tabla 70. Plan de mantenimiento preventivo para el área de lavandería.....	98
Tabla 71. Plan de mantenimiento preventivo para el área de lavandería.....	99
Tabla 72. Plan de mantenimiento preventivo para el área de lavandería.....	100
Tabla 73. Plan de mantenimiento preventivo semestral para la secadora.....	101
Tabla 74. Plan de mantenimiento preventivo semestral para la secadora.....	102
Tabla 75. Plan de mantenimiento preventivo semestral para la calandria.....	102
Tabla 76. Plan de mantenimiento preventivo semestral para la calandria.....	103
Tabla 77. Plan de mantenimiento preventivo semestral para prensa.....	104
Tabla 78. Plan de mantenimiento preventivo semestral para autoclave.....	105
Tabla 79. Programa de mantenimiento preventivo semanal del caldero.....	106
Tabla 80. Programa de mantenimiento preventivo semanal del caldero.....	107
Tabla 81. Programa de mantenimiento preventivo trimestral del caldero.....	108
Tabla 82. Programa de mantenimiento preventivo trimestral del caldero.....	109
Tabla 83. Programa de mantenimiento preventivo semestral del caldero.....	110
Tabla 84. Programa de mantenimiento preventivo semestral del caldero.....	111
Tabla 85. Programa de mantenimiento preventivo trimestral para marmita.....	112
Tabla 86. Programa de mantenimiento preventivo semestral para lavadora.....	113
Tabla 87. Programa de mantenimiento preventivo semestral para lavadora.....	114
Tabla 88. Programa de mantenimiento preventivo semestral para lavadora.....	115
Tabla 89. Programa de mantenimiento preventivo semestral para secadora.....	116
Tabla 90. Programa de mantenimiento preventivo semestral para lavadora.....	117
Tabla 91. Programa de mantenimiento trimestral semestral para secadora.....	118
Tabla 92. Programa de mantenimiento preventivo semestral para lavadora.....	119

Tabla 93. Programa de mantenimiento preventivo semestral para calandria	120
Tabla 94. Programa de mantenimiento preventivo semestral para calandria	121
Tabla 95. Programa de mantenimiento preventivo semestral para calandria	122
Tabla 96. Programa de mantenimiento preventivo semestral para prensa	123
Tabla 97. Programa de mantenimiento preventivo trimestral para prensa	124
Tabla 98. Indicador de disponibilidad del sistema de vapor y áreas usuarias	125
Tabla 99. Cálculo de indicador de rendimiento del área de lavandería.....	126
Tabla 100. Cálculo de indicador de rendimiento del área de esterilización	126
Tabla 101. Cálculo de indicador de rendimiento del área de cocina.....	127
Tabla 102. Falla critica en el sistema de vapor.....	129
Tabla 103. Falla critica en el área de central de esterilización	130
Tabla 104. Falla critica en el área de lavandería	131
Tabla 105. Falla critica en el área de cocina.....	132
Tabla 106. Lista de costos fijos de la implementación del plan anual de mantenimiento preventivo HRL 2017	134
Tabla 107. Presupuesto de costo del plan de mantenimiento preventivo	135
Tabla 108. Lista de costos posibles herramientas utilizadas para la implementación del plan anual de mantenimiento preventivo.....	136
Tabla 109. Resumen de Costos para la Implementación del plan de Mantenimiento Preventivo - HRL.....	137

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de bloques del Sistema de vapor.....	37
Figura 2. Caldero Cimelco.....	39
Figura 3. Frecuencia de fallas de equipos críticos.....	76
Figura 4. Frecuencia de fallas de equipos.....	76
Figura 5. Calculo de Frecuencia de Fallas.....	129
Figura 6. Diagrama Weibull.....	130
Figura 7. Calculo de Frecuencia de Fallas.....	130
Figura 8. Diagrama Weibull.....	131
Figura 9. Calculo de Frecuencia de Fallas.....	131
Figura 10. Diagrama Weibull.....	132
Figura 11. Frecuencia de Fallas.....	132
Figura 12. Diagrama Weibull.....	133

RESUMEN

En la presente investigación se planteó la importancia que tiene el mantenimiento con referencia al cumplimiento de actividades en una empresa, basándose en la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo del sistema de vapor para la reducción de paradas de equipos en el Hospital Regional Lambayeque.

Actualmente el Hospital Regional Lambayeque no cuenta con un plan que permita gestionar de manera eficiente su mantenimiento ya que aplican mantenimiento correctivo en toda la maquinaria del sistema de vapor ocasionando paradas de equipos y pérdida de costos.

Realizando este plan de mantenimiento pretendemos facilitar al Hospital Regional Lambayeque una herramienta útil para el desarrollo de la conservación y correcto funcionamiento del generador de vapor, permitiendo de esta manera mantener la fiabilidad, productividad y la calidad del servicio que ofrece la máquina y el hospital en general.

A partir del diagnóstico realizado del sistema de vapor se determinó los indicadores actuales OEE, obteniendo como resultado un índice de disponibilidad de 90.47%, de rendimiento del 89.3% y de calidad del 99.96% generando un indicador inicial de OEE de 80.79%. Este indicador permitió conocer la situación actual que enfrenta el Hospital Regional Lambayeque con el mantenimiento correctivo que realizan.

Después de desarrollar el plan de mantenimiento propuesto se observa una mejora en el indicador OEE del 14.45%, es por ello que la importancia del presente trabajo es de diseñar un plan que permita evaluar, medir, controlar y mejorar las actividades, estrategias y técnicas inherentes a la función de mantenimiento, a fin de aumentar los niveles de productividad de los equipos que conforman estos sistemas, minimizando de esta manera la ocurrencia de fallas y como consecuencia se aumente la efectividad del servicio de sala de operaciones del Hospital, en cuanto al cumplimiento de las actividades programadas de manera oportuna.

Palabras claves:

Mantenimiento Preventivo, Indicadores OEE, Sistema de Vapor, Reducción de Paradas.

ABSTRACT

In this research the importance of the maintenance process within the execution of processes of a company, based on the proposal of a preventive maintenance plan steam system and return for reduced downtime of equipment arises the Lambayeque Regional Hospital.

Currently the Lambayeque Regional Hospital does not have a system that allows efficiently manage maintenance and implementing corrective maintenance on all machinery steam system and return causing equipment downtime and loss costs.

Based on the diagnosis made of the steam system, the current OEE indicators were determined, resulting in an availability index of 90%, a yield of 89% and a quality of 100%. This classification allowed to know the current situation that faces the Lambayeque Regional Hospital with the corrective maintenance that they perform.

Hence the importance of the development of this work in order to design an improvement plan for reducing downtime in the steam system, to assess, measure, monitor and improve activities, strategies and techniques inherent in the function maintenance, to increase the productivity levels of the teams that make up these systems, thereby minimizing the occurrence of failures and consequently the effectiveness of service operating room Hospital is increased, for compliance activities scheduled in a timely manner.

Keywords:

Preventive Maintenance, OEE Indicators, System Steam

I. INTRODUCCIÓN

Los equipos a vapor son de alta tecnología basados en una caldera la cual se llena de agua blanda y se presuriza con el fin de llevar esa agua hasta 120°C, temperatura a la cual prácticamente ningún micro organismo vive, sobre todo si hablamos de los de importancia epidemiológica, ésta agua gracias a la presión y temperatura se transforma en lo que llamamos “vapor seco” el cual es una de las formas físicas del agua que tiene el poder de eliminar el 99,9% de los patógenos prácticamente en segundos gracias al choque térmico que genera sobre una superficie que está entre 20° y 30° C cuando pasamos éste “vapor seco” a una temperatura de 100° C la superficie queda sanitizada en segundos.

En un hospital, es necesario que todo producto y material usado para el tratamiento de los pacientes sea absolutamente seguro en su uso ya que el riesgo de contagio de enfermedades debe mantenerse lo más bajo posible. La limpieza, la descontaminación y central de esterilización son métodos imprescindibles para combatir este peligro. La demanda para encontrar procedimientos apropiados para el control de infecciones se ha incrementado enormemente, especialmente desde la aparición de enfermedades como el SIDA, de rápida diseminación a escala mundial.

Actualmente el Hospital Regional de Lambayeque (HRL) presenta una baja efectividad en cuanto al cumplimiento del 100% de actividades programadas las cuales son: consulta externa, hospitalización, sala de operaciones y emergencia, esto obedece a las paralizaciones por causa de las constantes fallas presentadas en el sistema de vapor, debido a que el Departamento de Ingeniería y Mantenimiento del centro no cuenta con un cargo gerencial que permita evaluar, medir, controlar y mejorar las actividades, estrategias y técnicas, inherentes a la función de mantenimiento de estos sistemas. Este complejo hospitalario de 6 pisos consta de 144 camas de hospitalización, 5 salas de operaciones, 2 salas de parto, 23 camas en el área de cuidados intensivos, 33 consultorios externos, 10 laboratorios, unidad de emergencia, entre otros. Además, cuenta con modernos equipos médicos de alta tecnología que garantiza una atención de calidad siempre y cuando funcionen de la manera adecuada y en el momento adecuado.

En el HRL el objetivo principal es brindar servicio de alta complejidad que plantea retos cada vez mayores respecto a la seguridad del paciente; uno de los cuales es minimizar el riesgo de sufrir un evento adverso durante los procesos de atención o de mitigar sus consecuencias. Por todos es conocido que la seguridad del paciente es una prioridad sanitaria.

La presente investigación se justifica ya que en todo hospital la inyección de la línea de vapor y retorno debe ser la idónea, sin embargo en el HRL se observan problemas en el sistema de vapor y las áreas a la cual alimenta: lavandería, central de esterilización y cocina; en cada una de las cuales existen problemas debido a paralizaciones de las máquinas que componen cada área generando tiempos de retraso de entrega de ropa limpia a las áreas como sala de operaciones, consulta externa, Hospitalización, entre otras, para el caso de cocina, se paralizará la alimentación de los pacientes y la del personal médico los cuales trabajan las 24 horas del día, Y en el área de central de esterilización donde se detendrá el proceso de desinfección de vestimentas para médicos, instrumental médico para las distintas operaciones, entre otros materiales hospitalarios ocasionando la suspensión de procedimientos en consulta externa y sala de operaciones.

Por todo lo descrito esta investigación nace a raíz de responder la pregunta ¿Mediante el desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo basado en indicadores OEE del sistema de vapor se podrá reducir las paradas de equipos en el Hospital Regional Lambayeque?

De tal manera, el presente trabajo propone diagnosticar el estado actual y fallas en los procesos del sistema de vapor en las áreas de cocina, lavandería y central de esterilización, así como también realizar un plan de mantenimiento preventivo basado en indicadores OEE para el sistema de vapor en las áreas de cocina, lavandería y central de esterilización y realizar un análisis costo-beneficio.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Para realizar este proyecto de investigación se analizaron varias fuentes de bases científicas referidas a sistemas de gestión de mantenimiento, tanto para minimizar el número de riesgos de fallas como para aumentar la productividad, así como también la importancia que tiene para garantizar un óptimo funcionamiento de los equipos.

A nivel internacional, tenemos la investigación “Diseño del plan de mantenimiento preventivo del área de calderas del Hospital Regional de Santiago Pinotepa Nacional” [1] que tuvo como objetivo diseñar el plan de mantenimiento buscando un trabajo óptimo de las calderas, así como eficiencia en su red distributiva. Dentro de este plan se contempló la elaboración de formatos y bitácoras de programas de mantenimiento, lo que permitiría identificar posibles fallos en el sistema. Finalmente, los autores sugieren que el plan pueda ser extrapolado a otros nosocomios, con la finalidad de evitar posibles daños en los inyectores de las calderas, y así permitir que el hospital pueda gozar de un sistema de calefacción idóneo.

En el artículo “Determinación del nivel de seguridad en calderas pirotubulares, mediante la aplicación del software SOSCAL” [2] se tuvo como objetivo establecer el nivel de seguridad de estas máquinas mediante este software, el cual es uno de los primeros que se tiene conocimiento a nivel global. En la investigación se comprobó también que no se dispone actualmente de herramientas informáticas ni de estudios que permitan determinar el nivel de seguridad de las calderas de forma automática. Según la muestra analizada, 17 empresas de la ciudad de Medellín que utilizan calderas pirotubulares, se halló que 24% de las calderas poseen un nivel de seguridad deficiente, y un 41% aceptable. Asimismo, se recomienda el mencionado software por ser de uso libre y contribuir al mejoramiento de la seguridad de los empleados que laboran cerca al área de calderas.

Por otro lado tenemos la investigación “Método para la evaluación de la eficiencia e impacto ambiental de un generador de vapor” [3], en la que, valiéndose de equipos no invasivos como la cámara termográfica, medidor de flujo ultrasónico y analizador de gases de la combustión se “determina el perfil de temperatura superficial, el flujo de agua alimentar y la composición de los gases de la combustión, los cuales son necesarios para el cálculo del rendimiento energético aplicando los métodos convencionales directo e indirecto y la evaluación exergética que valora la irreversibilidad interna de la caldera”. Además, describieron los valores de las calderas y las pérdidas que se producen en la misma, los cuales son: de eficiencia energética, se tiene un rendimiento de 76,7 y 75,7 % por los métodos directo e indirecto respectivamente y un rendimiento exergético de 27 % para una temperatura de referencia de 27 °C y combustible diesel. 1029 18 154 219.00

En el artículo “Análisis de Fallos: El caso de Calderas Pirotubulares y su impacto ambiental” [4] el objetivo fue realizar un estudio integral basado en la teoría de la fiabilidad y técnicas de diseño para identificar las causas y efectos de los fallos en las calderas pirotubulares, del cual se derivan soluciones para la reducción de su frecuencia, consecuencias y riesgos asociados al medioambiente. Los subsistemas más críticos y con mayores riesgos asociados son los de combustión e intercambio de calor, según el análisis realizado a partir de los datos históricos y la documentación técnica de los fallos potenciales y reales que ocurren en las calderas pirotubulares de baja presión en las condiciones de explotación de los sistemas de servicio de la salud en la ciudad de Santiago de Cuba. Se elaboraron, según las causas identificadas, medidas técnicas, organizativas, operacionales y de mantenimiento para estos equipos; lo cual mitigó el impacto ambiental de los mismos. Se realizó un análisis de la contaminación ambiental producida por estos equipos, lo cual permitió determinar los principales contaminantes y el área afectada por las calderas de la muestra estudiada.

En la investigación “Implementation of Total Productive Maintenance to Enhance the Overall Equipment Effectiveness in Medium Scale Industries” (Implementación del mantenimiento productivo total para mejorar la efectividad general del equipo en industrias de mediana escala) [5] se planteó la implementación del mantenimiento productivo total para lograr una efectividad general del equipo (OEE) cercana a los estándares de clase mundial. El análisis de resultados muestra que las pérdidas por tiempo de inactividad no son el único parámetro que influye, siendo el tiempo de inactividad de una máquina otro factor que se suma a las variaciones. Es evidente que el porcentaje de OEE se puede mejorar sustancialmente mediante la implementación de herramientas lean como Jishu Hozen, Kaizen, etc. A partir de los resultados, el porcentaje OEE se puede mejorar de 55,45% a 68,04% mediante la implementación de esta técnica en industrias de mediana escala.

Asimismo, en el artículo “Importancia para el mantenimiento de elementos mecánicos y fallos en turbinas de vapor. Análisis de históricos” [6] se buscó definir los elementos mecánicos y los fallos más comunes en las tareas de mantenimiento en las turbinas de vapor de una central termoeléctrica en Cuba durante 15 años de explotación de tres turbinas de 100 megavatios. Como resultados se obtuvo que “los elementos mecánicos más importantes para el mantenimiento son las chumaceras, los rotores y los deflectores, en ese orden, mientras que los fallos más importantes para el mantenimiento en las chumaceras son las roturas de babbitt inferior, las holguras superiores fuera de norma y los aprietes fuera de norma”.

En el estudio “Metodología para determinar la eficiencia energética de calderas de baja potencia” [7], se buscó desarrollar una metodología para definir la eficiencia energética y exergética de calderas piro tubulares. Concluyeron que la eficiencia energética es más sensible a variaciones de la temperatura de los gases de escape y el porcentaje de oxígeno presente en los gases secos. A mayor incremento de la temperatura de los humos, la eficiencia energética y exergética disminuye. Además, recomiendan el simulador en “EES” debido a su capacidad para realizar al mismo tiempo un análisis de la eficiencia energética y exergética, además de ser fácilmente extrapolable a cualquier caldera pirotubular, y poder trabajar con distintos tipos de combustibles.

Finalmente, en el artículo “Optimización energética de una planta con instalaciones a vapor, mediante la variación de temperatura” [8] se buscó la optimización de la eficiencia energética en instalaciones a vapor, mediante cambios en la temperatura del agua que alimenta la caldera. El cálculo y análisis se realizó mediante ecuaciones y del software Steam Tools, ejecutando experimentos con la variación de temperatura del agua, puesto que entre más lejana se encuentre el agua de su punto de hervor, mayor es la energía requerida para la generación de vapor, lo que involucra mayor empleo de combustible y, por ende, elevados costos, la temperatura ambiente fue de 25°C, y la temperatura de mejora de 84,4°C. Obteniéndose un ahorro energético de 28586,25 €/Año, debido a que la potencia calorífica se redujo el 10%, al igual que el consumo del combustible en 7.77%. La investigación consiguió la optimización de la energía que consume la caldera, y además probó que, al elevar la temperatura del agua, se logra una reducción de 139,18 KI/s de potencia útil, lo que se tradujo como menor consumo de agua, y en consecuencia, un ahorro económico significativo.

2.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.2.1. Mantenimiento

El mantenimiento habitualmente se define como el “conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones industriales en servicio durante el mayor tiempo posible, buscando la más alta disponibilidad y con el máximo rendimiento” [9].

Por otro lado, [10] plantean que el mantenimiento es la integración de las acciones técnicas, organizativas y económicas enfocadas a conservar o restituir el buen estado de los activos, a partir de la observancia y reducción de su desgaste y con el fin de prolongar su vida útil económica, con una mayor disponibilidad y confiabilidad para cumplir con calidad y eficiencia sus funciones, conservando el ambiente y la seguridad durante su ciclo de vida. Definición con la cual concuerda el autor de la presente investigación.

2.2.2. Objetivos y finalidad del mantenimiento

[9] Plantea que el objetivo fundamental de mantenimiento no es reparar urgentemente las averías que surjan, sino que debe dirigir su trabajo a:

- Cumplir un valor determinado de disponibilidad.
- Cumplir un valor determinado de fiabilidad.
- Asegurar una larga vida útil de la instalación en su conjunto, al menos acorde con el plazo de amortización de la planta.
- Conseguir todo ello ajustándose a un presupuesto dado, normalmente el presupuesto óptimo de mantenimiento para esa instalación.

2.2.3. Mantenimiento Preventivo

Según [11], el mantenimiento preventivo o proactivo es el sistema opuesto al sistema reactivo, es decir, las acciones de mantenimiento se realizan antes de presentarse la falla del equipo. En la operación proactiva la prevención de las fallas se hace a través de inspecciones y de acciones preventivas y predictivas. El objetivo del mantenimiento proactivo es por tanto, anticiparse a la probabilidad de ocurrencia de las fallas.

Por otro lado, para [12], tiene como función “permitir el conocimiento sistemático del estado de las máquinas y equipos para programar la tarea que debe realizarse, en los momentos más oportunos y de menor impacto”. Su finalidad del mantenimiento preventivo es encontrar y corregir los problemas menores antes de que provoquen fallas. También puede ser definido como una “lista completa de actividades, todas realizadas por usuarios, operadores y encargados de mantenimiento, para asegurar el correcto funcionamiento de la planta, edificios, máquinas, equipos, vehículos, etc.”

2.2.4. Plan de Mantenimiento Preventivo

El plan mantenimiento de equipos se basa en la inspección periódica de la maquinaria, equipo e instalaciones de la planta con el fin de prevenir condiciones que conduzcan a paros imprevistos de producción, pero de manera básica. Las actividades se programan siguiendo el Cronograma Anual de Mantenimiento de los equipos críticos [12].

2.2.5. Diferencia entre fallas y averías

Se define a una avería como el “deterioro o desperfecto en cualquier órgano o elemento de un equipo que impide el funcionamiento normal de éste” [13].

En la industria se entiende por avería la falla que impide que la instalación mantenga un nivel productivo. Ese concepto debe ampliarse incluyendo aquellas fallas que ocasionan falta de calidad en el producto, falta de seguridad, pérdidas energéticas y contaminación ambiental.

[13] clasifica las averías según la capacidad del trabajo y la forma en la que se presenta:

a) Según la capacidad del trabajo:

- Fallo total: implica paro de los equipos.
- Fallo parcial: se puede continuar trabajando.

b) Según la forma que se presenta:

- Progresivo: síntomas anteriores al desperfecto.
- Repentino: relacionados a roturas de piezas.

2.2.6. Indicadores de gestión en mantenimiento

Estos conceptos han sido, son y seguirán siendo los elementos centrales para el control y evaluación de la gestión de mantenimiento en cualquier parte del mundo y están vinculados con indicadores de gestión y con la generación de cultura de mantenimiento y confiabilidad en las empresas.

a) Confiabilidad

“Probabilidad de que el sistema desempeñe satisfactoriamente sus funciones por un espacio de tiempo dado y bajo un determinado conjunto de condiciones operativas [14].

También se define como “la capacidad de un componente, equipo o sistema, de no fallar durante el tiempo previsto para su funcionamiento bajo condiciones de trabajo perfectamente definidas” [12]. Sino existen fallas, el equipo sería 100% confiable; si la frecuencia de fallas es muy baja, entonces la confiabilidad del equipo es aún aceptable, pero si es muy alta, el equipo es poco confiable [15].

b) Disponibilidad

Es el trabajo completo que se le da a un equipo y la confiabilidad que este tiene en la operación. La disponibilidad de un equipo representa el tiempo disponible de un sistema al servicio de la unidad de producción, la cual se calcula en porcentaje en un tiempo determinado. “Es una característica que resume cuantitativamente el perfil de funcionabilidad de un elemento”. [12].

También es definida como el “tiempo probable durante el cual el sistema esté en capacidad de cumplir su función” [14].

c) Mantenibilidad

La mantenibilidad es la probabilidad de que el sistema sea reparado a condiciones normales de operación dentro de un tiempo dado [14].

Es la propiedad de que una máquina, equipo o un sistema pueda ser reparado a una condición especificada en un período de tiempo dado, en tanto su mantenimiento sea realizado de acuerdo con ciertas metodologías y recursos determinados con anterioridad [15].

2.2.7. Indicador OEE

Según [11] el OEE es el único índice de clase mundial usado por el TPM (Mantenimiento Productivo Total) se mide mediante la determinación de tres factores, la disponibilidad del equipo, el desempeño (tasa de ejecución) y el porcentaje de productos de calidad (tasa de calidad).

Según [17], el OEE (Overall Equipment Effectiveness) o Eficiencia Global de los Equipos, propuesto por Nakajima en 1988 tiene como objetivo medir la efectividad productiva de los equipos y reducir sus pérdidas a lo más próximo de cero, y que sea reconocido como una necesidad por diferentes organizaciones. Es un método de medición de la efectividad productiva con un resultado porcentual y que integra datos tales como la disponibilidad del equipamiento, el rendimiento y la tasa de calidad que se logra.

$$OEE = Disponibilidad \times Rendimiento \times Calidad$$

Este indicador se puede descomponer en el producto de 3 factores, relacionados a su vez, con los 3 grandes grupos de pérdidas.

a) Disponibilidad

Proporción de tiempo que la máquina estuvo lista para operar o producir respecto al tiempo planificado de producción, es decir, mide el tiempo realmente productivo [17].

$$Disponibilidad (D) = \frac{TPdP - Paradas \text{ o } averías}{TPdp}$$

Donde:

TPdP: Tiempo planificado de producción

b) Rendimiento

Muestra el correcto aprovechamiento de la capacidad de la máquina en el tiempo que estuvo operativa. Las disminuciones del rendimiento son provocadas generalmente por pequeñas paradas o por variaciones de la velocidad, a valores menores que la capacidad nominal de la máquina [17].

$$\text{Rendimiento (R)} = \frac{\text{Total unidades producidas}}{\text{TdO} \times \text{Cn}}$$

Donde:

TdO: Tiempo de operación

Cn: Capacidad nominal

c) Calidad

Cuántas unidades producidas dentro de los parámetros de calidad establecida respecto al total de producción realizada, sean productos buenos o malos [17].

$$\text{Calidad (C)} = \frac{\text{Total unidades buenas}}{\text{Total unidades producidas}}$$

Tabla 1. Clasificación del OEE

OEE	Valoración	Descripción
OEE<65%	Deficiente	Se producen importantes pérdidas económicas. Baja competitividad.
65%<OEE<75%	Regular	Aceptable sólo si se está en proceso de mejora. Se producen pérdidas económicas.
75%<OEE<85%	Aceptable	Debe continuar la mejora para alcanzar una buena valoración. Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.
85%<OEE<95%	Buena	Entra en valores de Clase Mundial. Buena competitividad.
95%<OEE<100%	Excelente	Valores de Clase Mundial. Alta competitividad.

Fuente: Díaz, et al, 2020.

Las características que tiene el indicador OEE, que lo hacen imprescindible son:

- ✓ Constituye una forma estructurada y estandarizada de conocer la eficiencia de un proceso y lo que es más importante, la composición de las pérdidas del mismo.
- ✓ Prioriza las líneas de actuación, consiguiendo elevar la eficiencia, con los mínimos recursos. Guía la actuación de los grupos de mejora continua, permitiendo cuantificar rápidamente los avances conseguidos.
- ✓ Se trata de un indicador universal, que permite la comparación entre procesos totalmente distintos [17].

2.2.8. Metodologías

a) Análisis de Causa Raíz (RCA)

Es considerada como la “revisión de las características y causas de las fallas de las máquinas. Es común el empleo de evidencia física y el uso de los principios de ingeniería y científicos mediante herramientas analíticas” [18].

Por otro lado, [19] agrega que “se utiliza para investigar cuáles son las causas que han originado un determinado problema o incidencia, poder actuar sobre ellas evitando así su recurrencia en el futuro”, y que el análisis será tan bueno o malo como sea la calidad de la información recopilada.

Tiene como finalidad determinar las causas que provocan ciertos daños para realizar medidas preventivas o mitigadoras de los factores de riesgos a los que está expuesto el dispositivo mecánico o pieza crítica dentro de una máquina. Esta metodología tiene una serie de pasos que permiten hallar la causa raíz de los problemas o las fallas encontradas. Estas son:

- Obtener de los hechos.
- Conocer las funciones (componentes y sistema)
- Definir las condiciones anormales de operación.
- Listar todas las posibles causas.
- Eliminar causas.
- Establecer las causas raíz.
- Desarrollar un plan de acción [18].

b) Técnica de los 5 porque

Los 5 porqués se refieren a la práctica de preguntar 5 veces por qué el fallo ha ocurrido, a fin de obtener la causa o las causas raíz del problema. Ninguna técnica especial o forma es necesaria, pero los resultados deben ser registrados en una hoja de trabajo. Los 5 porqués es una técnica muy útil para desarrollar un análisis de causa raíz [20].

c) Diagrama de Pareto

El análisis de Pareto es una técnica simple y nada difícil de aplicar que ayuda a elegir la mejora más efectiva a implementar. El principio de Pareto o la regla 80/20, “utiliza la idea de que el 20 % de los defectos afectan en el 80 % de los procesos”. Por lo tanto, “si las soluciones se enfocan al 20% de los problemas más relevantes que afectan a los procesos, es seguro que el 80% de los procesos mejoraran considerablemente” [20].

d) Método de Weibull

La distribución Weibull se utiliza para analizar datos de prueba de falla de diferentes componentes y equipos y de esta forma caracterizar el tipo de falla con el análisis e interpretación de los parámetros de la distribución. Es usado para la planeación del mantenimiento, particularmente en el Reliability Centered Maintenance (RCM).

El Análisis Weibull es un tratamiento especial de la distribución de la confiabilidad que incluye el perfil de riesgo como una función del tiempo. Utilizando papel gráfico especial (log/log-log) o software especializado, se trazan las fallas y se dibuja una línea de regresión de mínimos cuadrados.

La pendiente lineal de esa línea representa el parámetro Beta (β), o parámetro de forma, que se incorpora en fórmulas modificadas basadas en la distribución exponencial, lo que permite que los cálculos previstos reflejen el perfil de riesgo a lo largo del tiempo. En resumen, si el $\beta < 1.0$, el riesgo de falla disminuye con el tiempo; Si $\beta = 1,0$, el riesgo de fallo es constante en el tiempo; Y, si $\beta > 1,0$, el riesgo de falla aumenta con el tiempo [22].

Entre las ventajas de la distribución de Weibull están su manejo matemático sencillo y la flexibilidad para adoptar diferentes formas, “desde la ‘J’ invertida hasta distribuciones en forma de campana, con diferentes grados de sesgo; además, se puede integrar analíticamente para generar una función de distribución acumulativa de forma cerrada” [23].

III. RESULTADOS

3.1 DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL Y FALLAS EN LOS PROCESOS DEL SISTEMA DE VAPOR

El Hospital Regional Lambayeque inicia sus labores el 5 de noviembre del 2011 se encuentra ubicado en la vía de Evitamiento norte con avenida el progreso, es una de las instituciones de mayor importancia y complejidad de la Región Lambayeque, tanto que constituye un Hospital con nivel III-1, es decir nosocomio de alta complejidad. Cuenta con más de 30 especialidades además de contar con el mejor Cuerpo Médico, apto y capacidad para atender a toda la Macro Región [24].

En la Tabla 2. Se muestra el listado de las especialidades a la actualidad que ofrece el Hospital Regional Lambayeque a la actualidad.

Tabla 2: Especialidades Hospital Regional Lambayeque

Especialidades			
1	Anestesiología	22	Medicina Interna
2	Cardiología	23	Medicina Ocupacional
3	Cirugía de tórax y Cardiovascular	24	Nefrología
4	Cirugía General	25	Neumología
5	Cirugía Pediátrica	26	Neurocirugía
6	Cirugía Plástica	27	Neurología
7	Cirugía Oftalmológica	28	Neurología Pediátrica
8	Cirugía Oncológica	29	Nutrición
9	Dermatología	30	Odontología
10	Endocrinología	31	Oftalmología
11	Gastroenterología	32	Oncología
12	Gastropediatria	33	Otorrinolaringología
13	Geriatría	34	Pediatría
14	Ginecología	35	Psicología
15	Ginecología Materno Neonatal	36	Psicología de SUCAMEC
16	Ginecología Oncológica	37	Psiquiatría
17	Hematología	38	Reumatología
18	Infectología	39	Tópico
19	Medicina Familiar	40	Traumatología
20	Medicina Física	41	Urología
21	Medicina Intensiva		

Fuente: Portal Web Hospital Regional Lambayeque

Este complejo Hospitalario de 6 pisos consta de 144 camas de Hospitalización, 5 salas de operaciones, 2 salas de parto, 23 camas en el área de cuidados intensivos, 33 consultorios externos, 10 laboratorios, unidad de emergencia, entre otros. Además, cuenta con modernos equipos médicos de alta tecnología que garantiza una atención de calidad siempre y cuando funcionen de la manera adecuada y en el momento adecuado.

3.1.1. Misión

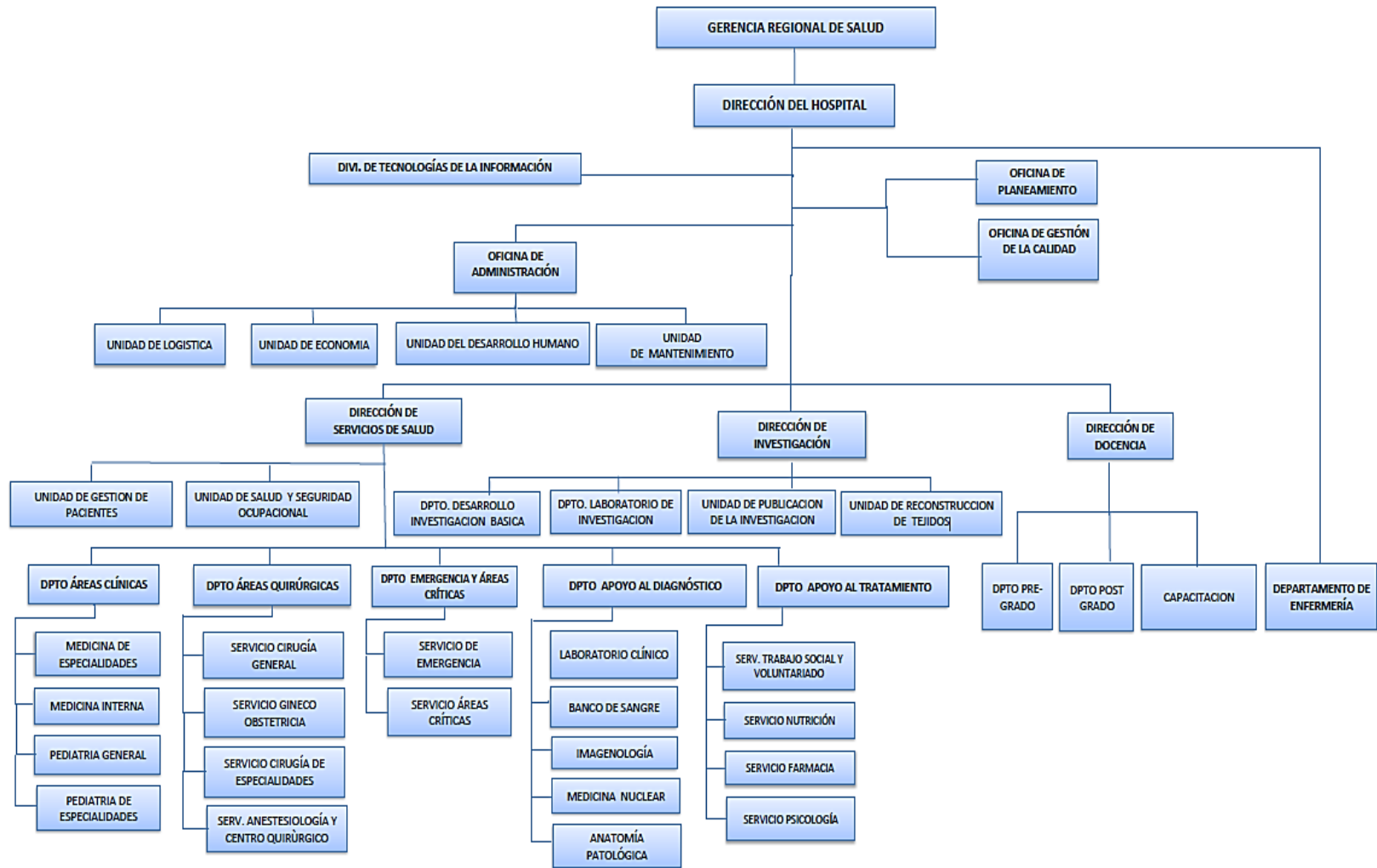
Somos el Hospital Regional Lambayeque de alta complejidad que brinda servicios integrales de salud, con calidad, equidad y eficiencia, con personal calificado, competente y comprometido, desarrollando Investigación y Docencia, contribuyendo a mejorar la calidad de vida de las personas.

3.1.2. Visión

Ser al 2019 un hospital docente y de investigación, líder, competitivo y reconocido a nivel nacional e internacional, que satisface las necesidades de salud de las personas [24]

3.1.3. Organigrama

a) Organigrama General

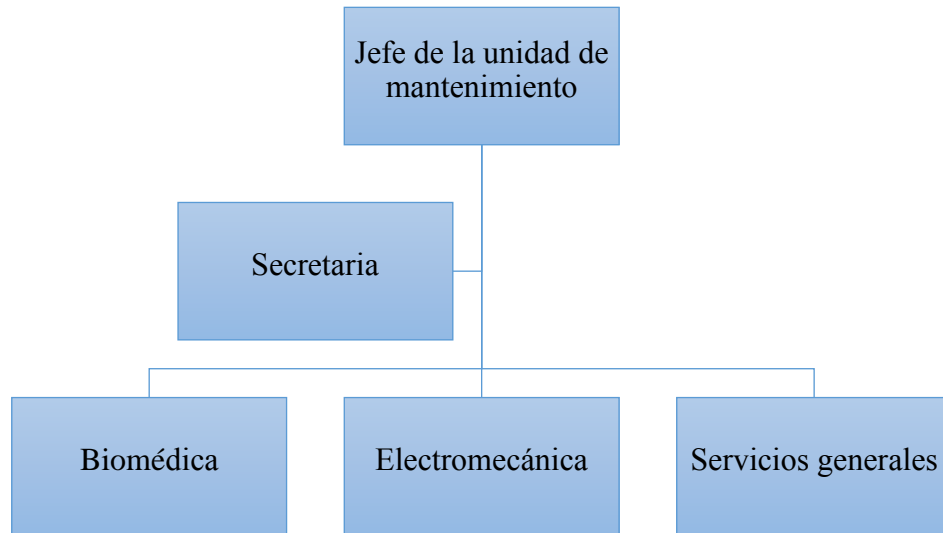


Fuente: Plan Operativo Institucional Hospital Regional Lambayeque 2017

b) Organigrama Unidad de Mantenimiento

La unidad de mantenimiento del Hospital Regional Lambayeque se mantiene estructurada en base al siguiente organigrama.

Esquema 2: Organigrama Unidad de Mantenimiento

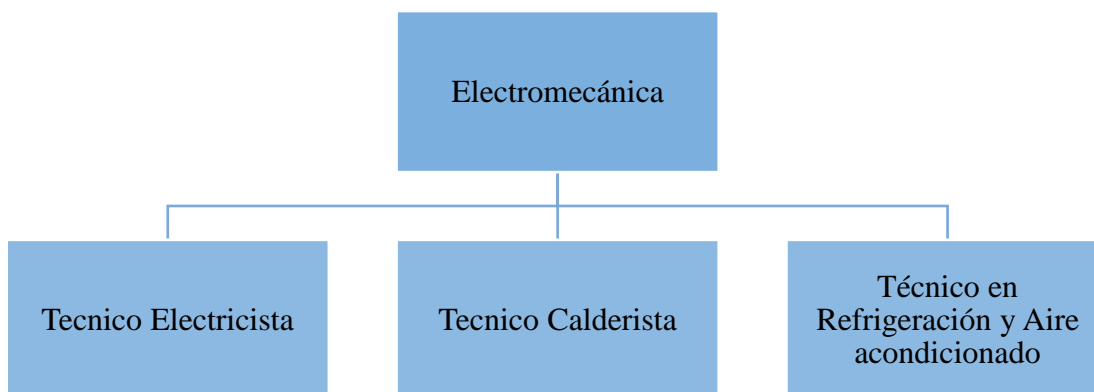


Fuente: Plan Operativo Institucional Hospital Regional Lambayeque 2017

En el Esquema 1 presentado se puede apreciar la estructura organizacional, siendo solamente el área Electromecánica la involucrada en la investigación presente ya que ahí desempeñan sus funciones los técnicos calderistas [25].

c) Organigrama del Área de Electromecánica

Esquema 3: Organigrama del Área de Electromecánica



Fuente: Plan Operativo Institucional Hospital Regional Lambayeque 2017

3.1.4. Número de trabajadores

La unidad de mantenimiento cuenta con 59 trabajadores que trabajan los 7 días de la semana en tres turnos de 7 a.m. a 1 p.m.; 1 p.m. a 7 p. m y 7 p.m. a 7 a.m. [26].

Tabla 3. Listado de personal del área biomédica

N° ORDEN	CARGO FUNCIONAL
1	Coordinador de la unidad de mantenimiento
2	Secretaria
3	Responsable del Área Biomédica
4	Especialista Biomédico (Equipamiento Biomédico)
5	Asistente Biomédico (Equipamiento Biomédico)
6	Técnico en Electrotecnia (Equipamiento Biomédico)
7	Técnico en Electrotecnia (Equipamiento Biomédico)
8	Técnico Electrónico en Equipamiento Hemodiálisis Turno
9	Técnico Electrónico en Equipamiento Hemodiálisis Turno
10	Técnico Electrónico en Equipamiento Hemodiálisis Turno
11	Técnico Electrónico en Equipamiento Hemodiálisis Turno
12	Técnico Electrónico en Equipamiento Hemodiálisis Turno

Fuente: Guía de Operatividad de la Unidad de Mantenimiento HRL - 2017

Tabla 4. Listado de personal del área de servicios generales

N° ORDEN	CARGO FUNCIONAL
13	Responsable del Área de Electromecánica
14	Técnico Electricista Turno Mañana
15	Técnico Electricista Turno Tarde
16	Técnico Calderista Turno Mañana
17	Técnico Calderista Turno Mañana
18	Técnico Calderista Turno Tarde
19	Técnico Calderista Turno Tarde
20	Técnico Calderista Turno Noche
21	Técnico en Refrigeración y Aire acondicionado Turno Mañana
22	Técnico en Refrigeración y Aire acondicionado Turno Tarde
23	Técnico en Refrigeración y Aire acondicionado Turno Noche

Tabla 5. Listado de personal del área de servicios generales

N° ORDEN	CARGO FUNCIONAL
24	Responsable del Área de Servicios Generales
25	Especialista en seguridad
26	Auxiliar de costura Turno Mañana
27	Auxiliar de costura Turno Mañana
28	Auxiliar de costura Turno Mañana
29	Auxiliar de costura Turno Tarde
30	Auxiliar de costura Turno Tarde
31	Auxiliar de costura Turno Tarde
32	Operador de lavandería Turno Mañana
33	Operador de lavandería Turno Mañana
34	Operador de lavandería Turno Mañana
35	Operador de lavandería Turno Mañana
36	Operador de lavandería Turno Tarde
37	Operador de lavandería Turno Tarde
38	Operador de lavandería Turno Tarde
39	Operador de lavandería Turno Tarde
40	Chófer de Ambulancia Turno Mañana
41	Chófer de Ambulancia Turno Mañana
42	Chófer de Ambulancia Turno Tarde
43	Chófer de Ambulancia Turno Tarde
44	Chófer de Ambulancia Turno Noche
45	Chófer de Ambulancia Turno Noche
46	Chófer de Camioneta Turno Mañana
47	Chófer de Camioneta Turno Mañana
48	Operador de jardinería Turno Mañana
49	Operador de jardinería Turno Mañana
50	Técnico en tratamiento de residuos sólidos Turno Mañana
51	Técnico en tratamiento de residuos sólidos Turno Mañana
52	Técnico en tratamiento de residuos sólidos Turno Mañana
53	Técnico en tratamiento de residuos sólidos Turno Tarde
54	Técnico en tratamiento de residuos sólidos Turno Tarde
55	Técnico en tratamiento de residuos sólidos Turno Noche
56	Técnico en tratamiento de residuos sólidos Turno Noche
58	Albañil
59	Técnico en Mecánica de Producción

Fuente: Guía de Operatividad de la Unidad de Mantenimiento HRL – 2017

3.1.5. Manual de Funciones

Dadas las condiciones y actividades que se realizan en la actualidad en la unidad de mantenimiento las cuales atienden a una demanda de servicio propia del nivel Operativo de la institución, se definen a continuación las funciones generales de la Unidad.

Funciones Generales:

- A) Garantizar la seguridad de los pacientes y del personal que administra y utiliza los recursos físicos del hospital
- B) Conservar la infraestructura, equipamiento médico e instalaciones del Hospital, en las mejores condiciones de operación, funcionalidad y seguridad, con el propósito de facilitar la prestación óptima de los servicios.
- C) Planificar, supervisar, ejecutar y coordinar todas aquellas acciones que permitan alcanzar un alto grado de productividad, eficiencia, calidad y disponibilidad de todos nuestros equipos e infraestructura hospitalaria.
- D) Programar los diversos mantenimientos preventivos y correctivo sustentado en un adecuado planeamiento con la intención de alcanzar la más alta competitividad dado que el mundo moderno por ser cada vez más cambiante así lo requiere.
- E) Buscar la eliminación o en su defecto minimizar cualquier desperfecto de la maquinaria, equipo e infraestructura de la institución, ya que muchas veces una pequeña avería puede ser el preludio de un grave daño a los mismos, incrementándose de esta manera los costos de reparación y operatividad en general.
- F) Lograr la capacitación y el fortalecimiento cognitivo y práctico del personal, de tal manera que se optimicen los tiempos de respuesta y solución de contingencias.
- G) Mantener en adecuadas condiciones de funcionamiento y operatividad los equipos y herramientas a emplear en la solución de desperfectos surgidos en el trabajo cotidiano del hospital.
- H) Lograr las mejores condiciones de seguridad para el personal del área y la institución mediante el análisis de las actividades y la implementación de una cultura de prevención cumpliendo con la normatividad vigente.
- I) Mejorar las actuales condiciones de los diversos procesos de las áreas conformantes de la Unidad con el fin de alcanzar la optimización de tiempo y recursos asignados.
- J) Involucrar a todos los entes correspondientes como la alta dirección, logística, planeamiento estratégico y otras áreas afines para poder anticipar y planificar con precisión los requerimientos.
- K) Mantener el adecuado stock de repuestos para refacciones eliminando actividades en tiempo fuera de horarios de trabajo.

L) Garantizar la disponibilidad de la Infraestructura, Equipos Médicos y los recursos físicos de la institución.

Funciones específicas:

- a) Implementar procesos que garanticen la minimización de riesgos asociados con la adquisición de las tecnologías
- b) Proporcionar un entorno seguro y funcional, mediante el mantenimiento adecuado de todos los equipos
- c) Proporcionar Documentación esencial y necesaria de todos los equipos y su ubicación
- d) Identificar y reportar los incidentes adversos asociados al uso de los dispositivos médicos
- e) Realizar y mantener un inventario técnico actualizado de los Equipos Biomédicos de la Institución
- f) Establecer la organización, métodos y procedimientos para el cumplimiento en forma permanente de los programas de mantenimiento preventivo diseñados para cada uno de los Equipos Biomédicos.
- g) Suministrar a las directivas de la Institución y demás dependencias el cronograma de mantenimiento para que estas actúen coordinadamente, de igual manera proporcionar medios para el control y evaluación de la gestión de mantenimiento

Para el desarrollo de todas las actividades descritas, la Unidad de Mantenimiento cuenta con un jefe de mantenimiento quien con el apoyo de su secretaria [26].

3.1.6. Costos de Producción

La identificación y explicación de los Costos Variables se harán mediante las tablas posteriores, tal como se mencionaron anteriormente. Con respecto al salario de la unidad de mantenimiento se hace un descuento de 12% por el AFP.

Tabla 6. Salarios del Área Electromecánica– 2019

Área Electromecánica	Salario Mensual
Responsable del Área de Electromecánica	2352.00
Técnico Calderista	1,724 soles
Técnico Electricistas	
Técnico en Refrigeración y Aire acondicionado	

Fuente: Portal Web HRL – Transparencia Regional

Los servicios están dentro de los costos fijos, porque mensualmente es aproximadamente la misma cantidad.

Tabla 7. Costos Fijos - Promedio Mensual - 2019

Importe Mensual	
Luz	80,000.00
Agua	30,000.00
Internet	5,864.00
Teléfono	1000.00

Fuente: Área de Planificación HRL

3.1.7. Descripción del proceso de producción y consumo:

A continuación, se presenta un diagrama de bloques el cual representa cómo se desarrolla el proceso y el consumo de vapor en las áreas de cocina, lavandería y central de esterilización.

El funcionamiento del sistema de vapor empieza con la entrada de agua de Epsel a la cisterna para después pasar al sistema de ablandamiento seguidamente al manifold el cual ingresará al tanque de condensado luego a las bombas el cual servirá para iniciar el proceso con el ingreso de agua blanda al caldero el cual se elevará a altas temperaturas formando el vapor el cual será conducido por medio de las redes de vapor al área usuaria respectiva. Este proceso termina con el retorno del condensado.

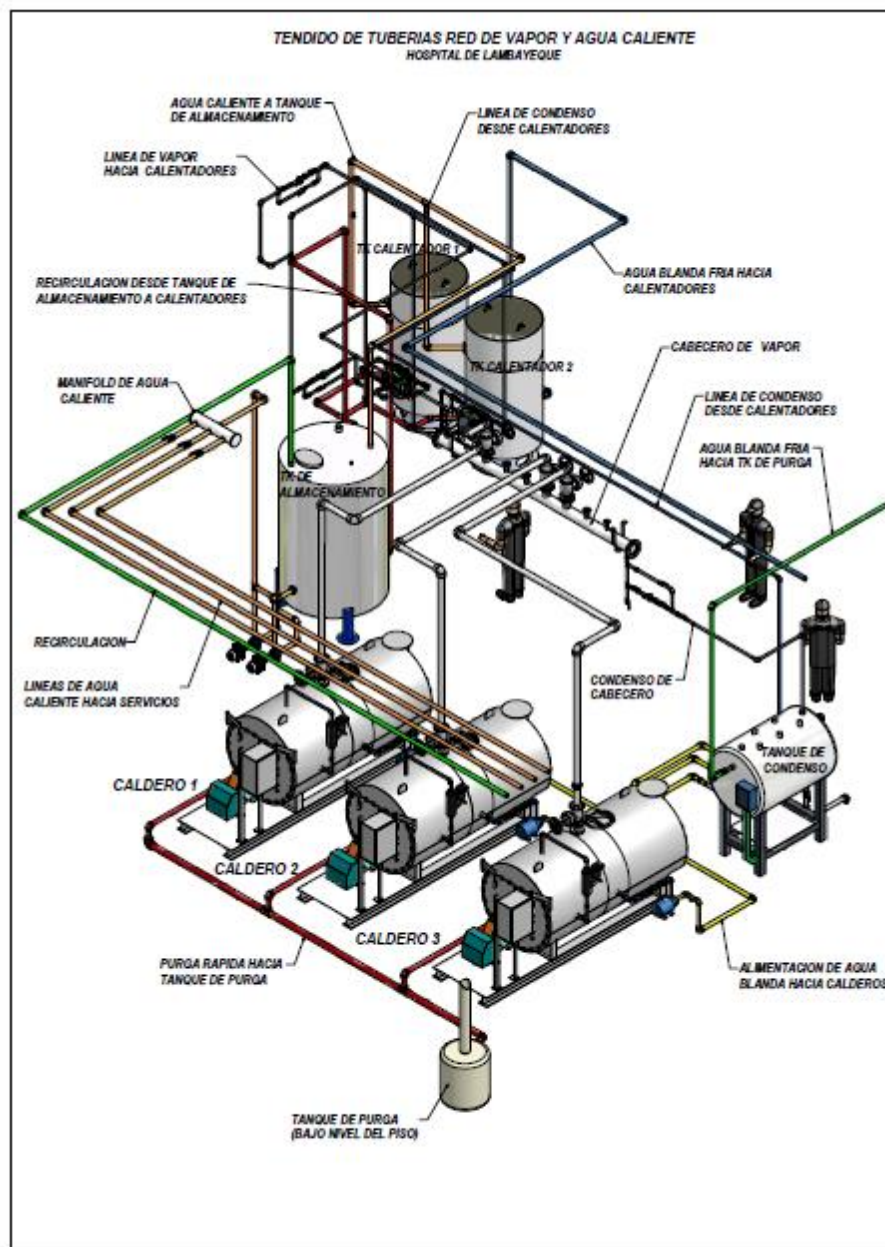


Figura 1. Diagrama de bloques del Sistema de vapor


a) Caldero:

El sistema de vapor está conformado por 3 calderos, cuyas características de operación se describen en la tabla 8 los cuales funcionan con GLP. El objetivo de las calderas es la producción de vapor por medio de transferencia de calor de los gases de combustión a través de las tuberías a una presión de 100 Psi y temperatura de 275°C, partiendo de la energía del combustible utilizado.

El funcionamiento comienza cuando se aplica calor al agua de alimentación para elevar su temperatura. Después de que el agua se ha evaporado, el vapor resultante pasa a la etapa de distribución que consiste en el movimiento del vapor de agua en un sistema cerrado a su punto de consumo. Finalmente se da el retorno del condensado.

Adicionalmente se debe considerar el sistema de alimentación de agua de la caldera (agua blanda) ya que es un factor muy importante para lograr el buen funcionamiento del sistema de vapor.

Tabla 8. Ficha técnica – Caldera

	
Caldera	PIROTUBULAR HORIZONTAL DE 80 BHP
Modelo	CH-80
Potencia nominal	80 BHP
Producción de vapor desde 212 °f	2760 LBS/H
Presión de diseño	150 PSI
Presión de trabajo	100 PSI
Presión de prueba hidrostática	350 PSI
Superficie de calefacción	415 P2
Tipo de combustible	GLP
Consumo de combustible máx.	3,080,000 BTUH
Fuerza electromotriz	380 V. 3F 60 HZ
Diseño y construcción	ASME – 2007
FECHA DE FABRICACIÓN	MARZO - 2011

Fuente: Manual del Fabricante - Cimelco

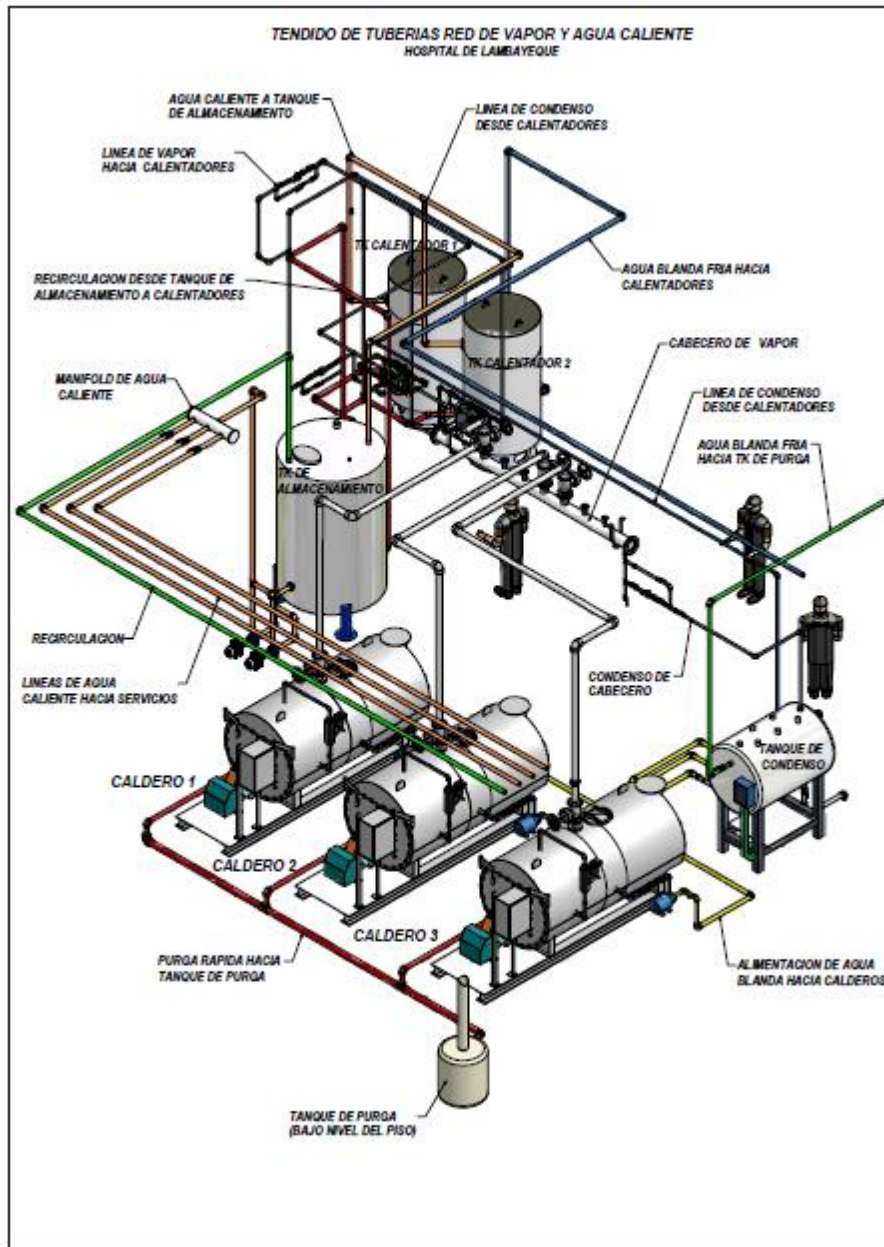


Figura 2. Caldero Cimelco

Fuente: Manual del Fabricante - Cimelco

b) Red vapor:

El sistema de vapor está formado por una red de tuberías, las cuales son de cobre generalmente. Debido a que la línea de distribución tiene agua en más de una característica este sistema utiliza el código de colores los cuales están detallados en la tabla 9 además de sus especificaciones tales como material, diámetro, presión y temperatura.

Tabla 9. Características de las tuberías

Característica	Material	Color	Diámetro	Presión	Temperatura
<i>Agua Fría</i>	COBRE	Verde oscuro	3 -4 in	1,01	25°C
<i>Vapor</i>	SCHUDLLE 40-60-80	Plateado	½, ¾, 1, ½, 2 in	6,89	275°C
<i>Agua caliente</i>	COBRE	Blanco	1, 1 ½, 2 in	4,13	34°C
<i>Agua Tratada</i>	COBRE	Verde claro	½, 2 in	3	34°C

Fuente: Datos Obtenidos del Área de Mantenimiento – 2018

c) Área Usuaría:

El sistema de vapor del Hospital Regional Lambayeque está ubicado en el primer piso en el cuarto de máquinas, está formado por 3 calderos los cuales son la base de alimentación para las áreas de cocina, lavandería y central de esterilización para ello se requieren 10473,96 kg/día de vapor para abastecer dichas áreas y satisfacer las actividades programadas.

- **Área de Cocina**

Su función principal es de abastecer con los alimentos básicos a los pacientes Hospitalizados, al igual que a los médicos de guardia. Consta de tres marmitas a vapor de 100 l donde se preparan sopas, arroz, guisos, etc. El área de cocina tiene un consumo de 170,1 kg/h por marmita (Tabla 12).

- **Área de Lavandería**

Su principal función es de abastecer de ropa limpia, seca y planchada a las distintas áreas del Hospital. Consta de dos secadoras a vapor de 50 kg, una calandria a vapor, tres lavadoras extractoras de 50 kg y dos prensas planchas de uso general a vapor. El área de lavandería posee un consumo de 607 kg/h (Tabla 10)

- **Área de Central de Esterilización**

Encargada de abastecer de material quirúrgico y ropa esterilizada en óptimas condiciones para ser utilizado en las distintas áreas. Consta de un esterilizador con vapor de residuos sólidos, dos esterilizadores a vapor de red de 150 l y 2 esterilizadores a vapor de red de dos puertas de 500 l. El área de esterilización posee un consumo de 145,82 kg/h (Tabla 11)

d) Equipos a vapor

El sistema de vapor alimenta a las áreas de cocina, central de esterilización y cocina. En las siguientes tablas presentadas a continuación se observa el promedio de todos los equipos a vapor en las áreas mencionadas en el HRL del 2015, además se indican las horas que funciona cada máquina en el transcurso del día. También se indica a que presión funcionan ya que en cada área existe una estación reductora que se encarga de convertir la presión obtenida del caldero a la que funciona la máquina alimentada. Finalmente se indica el consumo por kg/h que funciona cada máquina.

e) Producción diaria en áreas usuarias:

Se describen la cantidad producida diaria según las funciones realizadas en el área de cocina, lavandería y central de esterilización. (Tabla 13)

Tabla 10. Datos de equipos a vapor en el Hospital Regional de Lambayeque del año 2018 – Área de Lavandería

N°	NOMBRE DE EQUIPO	TIEMPO DE USO AL DÍA	PRESION / TEMPERATURA	CONSUMO (m)
				kg/h
1	Secadora de ropa a vapor 50 kg	9 h	6,8 bar	165
2	Secadora de ropa a vapor 50 kg	9 h	6,8 bar	165
3	Calandria a vapor	6 h	6,8 bar	80
4	Lavadora extractora de ropa 50 kg - barrera sanitaria	14 h	6,8 bar	49
5	Lavadora extractora de ropa 50 kg - barrera sanitaria	14 h	6,8 bar	49
6	Lavadora extractora de ropa 50 kg - barrera sanitaria	14 h	6,8 bar	49
7	Prensa plancha de uso general a vapor	6 h	6,8 bar	25
8	Prensa plancha de uso general a vapor	6 h	6,8 bar	25
TOTAL				607

Fuente: Área de Mantenimiento – Hospital Regional Lambayeque

Tabla 11. Datos de equipos a vapor en el Hospital Regional de Lambayeque del año 2018 – Área de Esterilización

N°	NOMBRE DE EQUIPO	TIEMPO DE USO AL DÍA	PRESION / TEMPERATURA	CONSUMO (\dot{m})
				kg/h
9	Esterilizador de residuos sólidos con vapor (autoclave)	18 h - 12h	0,45 bar	25
10	Esterilizador a vapor de red 100-150 l	18 h - 12h	3,4 bar	20,41
11	Esterilizador a vapor de red 100-150 l	18 h - 12h	3,4 bar	20,41
12	Esterilizador a vapor de red de dos puertas 450-500 l	18 h - 12h	3,4 bar	40
13	Esterilizador a vapor de red de dos puertas 450-500 l	18 h - 12h	3,4 bar	40
TOTAL				145.82

Fuente: Área de Mantenimiento – Hospital Regional Lambayeque

Tabla 12. Datos de equipos a vapor en el Hospital Regional de Lambayeque del año 2018 – Área de Cocina

N°	NOMBRE DE EQUIPO	TIEMPO DE USO AL DÍA	PRESION / TEMPERATURA	CONSUMO (m)
				kg/h
14	Marmita a vapor de 100 l	12 h	0,68 bar	56,7
15	Marmita a vapor de 100 l	12 h	0,68 bar	56,7
16	Marmita a vapor de 100 l	12 h	0,68 bar	56,7
	TOTAL			170.1

Fuente: Área de Mantenimiento – Hospital Regional Lambayeque

El consumo total de las áreas de esterilización, lavandería y cocina es de 922.92 kg/h .

3.1.8. Ficha Técnica por equipo

Se registró las características técnicas y variables físicas de cada equipo. El desarrollo del formato de la ficha técnica se muestra a continuación:

Tabla 13. Ficha Técnica del Filtro multimedia automático

DATOS DEL EQUIPO			
Equipo	Filtro multimedia automático	Modelo	278/764
Código	SVPTF1	Serie	278288103520
	SVPTF2		278288103521
Año de Fabricación	2010		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 14. Ficha Técnica del Ablandador automático M,PENTAIR

DATOS DEL EQUIPO			
Equipo	Ablandador automático m,pentair	Modelo	278/764
Código	SVPTA1	Serie	278288103522
	SVPTA2		278288103523
Año de Fabricación	2010		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 15. Ficha Técnica del Quemador

DATOS DEL EQUIPO			
Equipo	Quemador	Modelo	C2-G-20B
Código	SVCQ1	Serie	011139951
	SVCQ2		011139952
	SVCQ3		011139953
Año de Fabricación	2010	Marca	Power Flame Burner

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 16. Ficha Técnica de Bomba de calderos

DATOS DEL EQUIPO			
Equipo	Bomba de calderos	Marca	GRUNDFOS
Código	SVCB1	Serie	DE 6305:2Z.C4
	SVCB2		
	SVCB3		
Potencia	3 HP	Tipo	Bomba Vert, Mult, CR 3-12

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 17. Ficha Técnica de Bomba de agua fría

DATOS DEL EQUIPO			
Equipo	Bomba de agua fría	Modelo	4 Und, (A96503820P31117); 2 Und, (A96518027P31117),
Código	SVRTAF	Potencia	4 Und, (4,0 KW); 2 Und, (1,10 KW)

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18. Ficha Técnica de Bomba de agua blanda

DATOS DEL EQUIPO			
Equipo	Bomba de agua blanda	Modelo	A96503173117
Código	SVRTAT	Potencia	3 KW
Marca	GRUNDFOS		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 19. Ficha Técnica de Autoclave

DATOS DEL EQUIPO			
Equipo	Autoclave	Modelo	ESTERIVAP 200 C.C
Código	SVAUEA1 SVAUEA2 SVAUEA3 SVAUEA4 SVAUEA5	Marca	ESTERILIZA S.A
Año de Fabricación	2010	Capacidad	100 l 450 l

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 20. Ficha Técnica de Bomba de agua caliente

DATOS DEL EQUIPO			
Equipo	Bomba de agua caliente	Marca	FORAS
Código	SVRTAC	Serie	
Tipo	P5S-250/5T	Potencia	2,5 KW

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 21. Ficha Técnica de Cabecero de vapor

DATOS DEL EQUIPO			
Equipo	Cabecero de vapor	Marca	INTERCAL SRL - PERU
Código	SVRC1	Año de Fabricación	2011

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 22. Ficha Técnica de Lavadora

DATOS DEL EQUIPO			
Equipo	Lavadora	Modelo	BW 500
Código	SVAULL1 SVAULL2 SVAULL3	Marca	Jiangsu Sea - Lion
Año de Fabricación	2010	Serie	1103001
Capacidad	50 kg		1103002 1103003

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 23. Ficha Técnica de Marmita

DATOS DEL EQUIPO			
Equipo	Marmita	Serie	011139951 011139952 011139953
Código	SVAUCM1 SVAUCM2 SVAUCM3		
Año de Fabricación	2010		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 24. Ficha Técnica de Secadora

DATOS DEL EQUIPO			
Equipo	Secadora	Modelo	GZZ-50
Código	SVAULS1 SVAULS2	Marca	Jiangsu Sea - Lion
Año de Fabricación	2010	Serie	1103081
Capacidad	50 kg		1103082

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 25. Ficha Técnica de Calandria

DATOS DEL EQUIPO			
Equipo	Calandria	Modelo	YZI-2500
Código	SVAULC	Marca	Jiangsu Sea - Lion
Año de Fabricación	2010	Serie	1101008

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 26. Ficha Técnica de Prensa Plancha

DATOS DEL EQUIPO			
Equipo	Prensa plancha	Modelo	JZQ-1250
Código	SVAULP1 SVAULP2	Marca	Jiangsu Sea - Lion
Año de Fabricación	2010	Serie	1104010 1101011

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 27. Ficha Técnica de Calentadores de Agua

DATOS DEL EQUIPO			
Equipo	Calentadores de agua	Modelo	SV
Código	SVAUACC1	Marca	EQUIPOS TERMICOS - PERU
	SVAUACC2		
Año de Fabricación	Agosto - 2011	Presión de Vapor	100 psi

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 28. Ficha Técnica de Tanque vertical de agua caliente

DATOS DEL EQUIPO			
Equipo	Tanque vertical de agua caliente	Modelo	TV
Código	SVAUACTV1	Capacidad	1300 gal
	SVAUACTV2		
Año de Fabricación	Agosto - 2011	Material	Acero Inoxidable

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 29. Ficha Técnica de Tanque de condensado

DATOS DEL EQUIPO			
Equipo	Tanque de condensado		
Modelo	HORIZONTAL ESTACIONARIO	Marca	TECNIGAS INGENIEROS - PERU
Código	SVRTC	Capacidad	2000 gal
Año de Fabricación	2011		

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 30 podemos visualizar la cantidad de sábanas, indumentaria, material quirúrgico y comida que no se ejecuta por la falta de vapor de manera diaria.

Tabla 30. Producción diaria en las áreas de Cocina, Lavandería y Central de Esterilización

			Producción Diaria	No produce por falta de vapor al día
Sistema de Vapor	Lavandería	Sábanas	578 sábanas	2
		Vestimenta de médicos y pacientes	380 ropa	3
	Central de Esterilización	Material Quirúrgico	4242	6
	Cocina	Comidas pacientes	450	4
		Comida médicos	355	2

Fuente: Áreas Usuarias - HRL

3.1.9. Diagnóstico de la Situación Actual del Sistema de vapor y áreas usuarias

Actualmente el sistema de vapor no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo lo que ocasiona fallas en su sistema generando paradas en los equipos. En las siguientes tablas, se presenta el listado de fallas encontradas en las distintas áreas de vapor: cocina, lavandería y central de esterilización con sus respectivas consecuencias. Además, se está desarrollando por máquina la metodología de los 5 por qué. En el análisis se observa que la mayor falla se presenta al final de la línea y en la estación reductora en todas las áreas mencionadas, esto es ocasionado por el deterioro de accesorios como válvulas, trampas y filtros.

Tabla 31. Frecuencia de fallas anuales en el Sistema de Vapor

Máquina	Fallas	Frecuencia por año	Tiempo Reparación (h)	Tiempo Muerto (h)
Cabecero de vapor / Manifold / Acumulador	Desgaste de empaquetadura (grafitada)	2	1	3

Fuente: Datos del Área de mantenimiento 2019– Hospital Regional Lambayeque

¿Por qué se desgasta la empaquetadura? – Por la presión de trabajo de vapor

¿Por qué la presión de trabajo de vapor ocasiona desgaste? – Por la humedad

¿Por qué la humedad desgasta? – Por el material de la empaquetadura de grafito

¿Por qué la empaquetadura de grafito se desgasta? – Por su misma vida útil

Tabla 32. Frecuencia de fallas anuales en el Sistema de Vapor

Máquina	Fallas	Frecuencia por año	Tiempo Reparación (h)	Tiempo Muerto (h)
Final de línea	Se obstruye	4	2	168

Fuente: Datos del Área de mantenimiento 2019– Hospital Regional Lambayeque

¿Por qué se obstruye el final de línea? – Por la cavitación de redes y falla de componentes.

¿Por qué existe cavitación de redes? – Por la presión del vapor que circula en las tuberías.

¿Por qué fallan los componentes? – Por el mismo desgaste por trabajo.

¿Por qué existe una falla por el desgaste? – Porque no se cambia a tiempo.

Tabla 33. Frecuencia de fallas anuales en el Sistema de Vapor

Máquina	Fallas	Frecuencia por año	Tiempo Reparación (h)	Tiempo Muerto (h)
Al inicio de la red	Deformación de válvulas de control	2	1	168

Fuente: Datos del Área de mantenimiento 2019– Hospital Regional Lambayeque

¿Por qué se deforman las trampas de vapor? – Por la temperatura de trabajo

¿Por qué la temperatura de trabajo deforma el terminal? – por el tiempo de vida útil que tiene la trampa de vapor

¿Por qué el tiempo de vida útil importa? – Porque se debe cambiar la trampa de vapor antes de falle

¿Por qué se debe cambiar la trampa de vapor? – Porque puede originar alguna fuga de condensado.

Tabla 33. Frecuencia de fallas anuales en el Sistema de Vapor

Máquina	Fallas	Frecuencia por año	Tiempo Reparación (h)	Tiempo Muerto (h)
Estación reductora	Deterioro interior de válvula reguladora de presión	2	3	168

Fuente: Datos del Área de mantenimiento 2019– Hospital Regional Lambayeque

¿Por qué se deteriora el interior de la válvula reguladora de presión? –Por el trabajo realizado con el vapor.

¿Por qué el trabajo realizado con el vapor afecta? –Por el desgaste diario que se ocasiona.

¿Por qué el desgaste ocasiona deterioro? –Por el tiempo de vida útil que tiene la válvula.

¿Por qué el tiempo de vida útil repercute en la falla? –Por qué se debe cambiar antes de que se cumpla el tiempo.

Tabla 32. Consecuencia Técnica, Hospitalaria y Económica en el Sistema de Vapor

Máquina	Fallas	Consecuencia Técnica	Consecuencia Hospitalaria	Consecuencia Económica
Cabecero de vapor / Manifold / Acumulador	Desgaste de empaquetadura	Origina caída de presión por debajo del trabajo normal. No se produce vapor.	Paralización de las actividades de central de esterilización, cocina y lavado originando riesgos como contaminación cruzada, contagio de virus o enfermedades.	La mala gestión de mantenimiento puede ocasionar la imposición de una multa por el riesgo de la salud de algún paciente.
Final de línea	Se obstruye	Exceso de condensado originando picaduras en tuberías por corrosión.		
Al inicio de la red	Deformación de válvulas de control	Pérdida de vapor originando picaduras de tuberías. Paralización de la producción de vapor.		
Estación reductora	Deterioro interior de válvula reguladora de presión	No se pueden alimentar a las áreas con vapor.		

Fuente: Datos del Área de mantenimiento 2019 – Hospital Regional Lambayeque

Tabla 31. Frecuencia de fallas anuales en el Área de Esterilización

Máquina	Fallas	Frecuencia por año	Tiempo Reparación (h)	Tiempo Muerto (h)
Autoclaves	Rotura empaquetadura (silicona) de puerta.	2	6	168
	Reprogramación de PLC	1	6	672
	Deterioro de electroválvulas	2	0,5	168

Fuente: Datos del Área de mantenimiento 2019 – Hospital Regional Lambayeque

¿Por qué hay una rotura de empaquetadura de puerta? –Por el recalentamiento del material

¿Por qué se reprograma en PLC? – Por la caída de tensión

¿Por qué hay una caída de tensión? –Por la falta de cambio de batería

¿Por qué hay deterioro de electroválvulas? –Por el trabajo realizado con la presión.

Tabla 33. Frecuencia de fallas anuales en el Sistema de Vapor

Máquina	Fallas	Frecuencia por año	Tiempo Reparación (h)	Tiempo Muerto (h)
Final de línea	Se obstruye	4	2	168

Fuente: Datos del Área de mantenimiento 2019 – Hospital Regional Lambayeque

¿Por qué se obstruye el final de línea? – Por la cavitación de redes y falla de componentes.

¿Por qué existe cavitación de redes? – Por la presión del vapor que circula en las tuberías.

¿Por qué fallan los componentes? – Por el mismo desgaste por trabajo.

¿Por qué existe una falla por el desgaste? – Porque no se cambia a tiempo.

¿Por qué no se cambia a tiempo? – Porque no cuentan con un plan de mantenimiento.

Tabla 33. Frecuencia de fallas anuales en el Sistema de Vapor

Máquina	Fallas	Frecuencia por año	Tiempo Reparación (h)	Tiempo Muerto (h)
Compresores	Desgaste de rodamiento de vías	2	4	120

Fuente: Datos del Área de mantenimiento 2019 – Hospital Regional Lambayeque

¿Por qué se desgasta el rodamiento de vías? –Por el tiempo de uso diario

¿Por qué el tiempo de uso afecta? –Por el desgaste que se ocasiona

¿Por qué el desgaste origina falla? –Porque posee un tiempo de vida útil determinado

¿Por qué se debe conocer el tiempo de vida útil? –Para poder cambiar el rodamiento antes que falle

Tabla 33. Frecuencia de fallas anuales en el Sistema de Vapor

Máquina	Fallas	Frecuencia por año	Tiempo Reparación (h)	Tiempo Muerto (h)
Estación reductora	Deterioro interior de válvula reguladora de presión.	2	3	168

Fuente: Datos del Área de mantenimiento 2019 – Hospital Regional Lambayeque

¿Por qué se deteriora el interior de la válvula reguladora de presión? –Por el trabajo realizado con el vapor.

¿Por qué el trabajo realizado con el vapor afecta? – Por el desgaste diario que se ocasiona.

¿Por qué el desgaste ocasiona deterioro? –Por el tiempo de vida útil que tiene la válvula.

¿Por qué el tiempo de vida útil repercute en la falla? –Por qué se debe cambiar antes de que se cumpla el tiempo.

Tabla 32. Consecuencia Técnica, Hospitalaria y Económica en el Área de Esterilización

Máquina	Fallas	Consecuencia Técnica	Consecuencia Hospitalaria	Consecuencia Económica
Autoclaves	Rotura empaquetadura (silicona) de puerta.	Paralización de autoclaves.	Paralización de actividades como esterilización de material quirúrgico, ropa quirúrgica para el personal médico, sábanas, entre otros. Esto abastece a consultas externas, hospitalización y sala de operaciones. De no poder cumplir estas actividades puede llegar a ocasionar riesgos como contaminación cruzada, contagio de virus o enfermedades por la posibilidad de suspensión de dichas actividades.	Incremento de costos por la imposibilidad de realizar este servicio a tiempo debido a que se tendría que terciarizar esta actividad.
	Reprogramación de PLC.	Paralización de autoclaves.		
	Deterioro de electroválvulas	Paralización de autoclaves.		
Final de línea	Se obstruye	Exceso de condensado originando picaduras en tuberías por corrosión.		
Compresores	Desgaste de rodamiento de vías	Paralización de autoclaves.		
Estación reductora	Deterioro interior de válvula reguladora de presión	No se pueden alimentar al área de esterilización con vapor.		

Fuente: Datos del Área de mantenimiento 2019 – Hospital Regional Lambayeque

Tabla 33. Frecuencia de fallas anuales en el Área de Lavandería

Máquina	Fallas	Frecuencia por año	Tiempo Reparación (h)	Tiempo Muerto (h)
Final de línea	Se obstruye	4	2	168

Fuente: Datos del Área de mantenimiento 2019 – Hospital Regional Lambayeque

¿Por qué se obstruye el final de línea? – Por la cavitación de redes y falla de componentes.

¿Por qué existe cavitación de redes? – Por la presión del vapor que circula en las tuberías.

¿Por qué fallan los componentes? – Por el mismo desgaste por trabajo.

¿Por qué existe una falla por el desgaste? – Porque no se cambia a tiempo.

¿Por qué no se cambia a tiempo? – Porque no cuentan con un plan de mantenimiento.

Tabla 33. Frecuencia de fallas anuales en el Área de Lavandería

Máquina	Fallas	Frecuencia por año	Tiempo Reparación (h)	Tiempo Muerto (h)
Lavadora	Falla el sensor de parámetro de trabajo (agua, vapor y aire) por el exceso de humedad (se sulfatan contactos).	3	6	120
	Eje principal de lavadoras, desgaste de rodamiento por la temperatura del eje.	1	24	168
	Falla el variador de frecuencia por la caída de tensión que ocasiona el trabajo realizado	3	6	120

Fuente: Datos del Área de mantenimiento 2019 – Hospital Regional Lambayeque

¿Por qué falla el sensor de parámetro de trabajo? –Porque se descalibra

¿Por qué se descalibra? –Por alguna descarga de energía eléctrica

¿Por qué existen descargas de energía eléctrica? – Debido a que la energía sale de su circuito

Tabla 33. Frecuencia de fallas anuales en el Área de Lavandería

Máquina	Fallas	Frecuencia por año	Tiempo Reparación (h)	Tiempo Muerto (h)
Estación reductora	Deterioro interior de válvula reguladora de presión	2	3	168

Fuente: Datos del Área de mantenimiento 2019 – Hospital Regional Lambayeque

¿Por qué se deteriora el interior de la válvula reguladora de presión? –Por el trabajo realizado con el vapor.

¿Por qué el trabajo realizado con el vapor afecta? –Por el desgaste diario que se ocasiona.

¿Por qué el desgaste ocasiona deterioro? –Por el tiempo de vida útil que tiene la válvula.

¿Por qué el tiempo de vida útil repercute en la falla? –Por qué se debe cambiar antes de que se cumpla el tiempo.

Tabla 34. Consecuencia Técnica, Hospitalaria y Económica en el Área de Lavandería

Máquina	Fallas	Consecuencia Técnica	Consecuencia Hospitalaria	Consecuencia Económica
Final de línea	Se obstruye	Exceso de condensado originando picaduras en tuberías por corrosión.	Paralización de actividades como lavado y secado de ropa hospitalaria ocasionando la detención de las actividades de esta área y no poder abastecer áreas como consulta externa, hospitalización, sala de operaciones entre otras.	Incremento de costos por la imposibilidad de realizar este servicio a tiempo debido a que se tendría que terciarizar esta actividad.
Lavadora	Falla el sensor de parámetro de trabajo (agua, vapor y aire)	No funcionamiento de equipo. Paralización de lavado.		
	Eje principal de lavadoras, desgaste de rodamiento	No funcionamiento de equipo. Paralización de lavado.		
	Falla el variador de frecuencia	No funcionamiento de equipo. Paralización de lavado.		
Estación reductora	Deterioro interior de válvula reguladora de presión	No se pueden alimentar al área de lavandería con vapor.		

Fuente: Datos del Área de mantenimiento 2019 – Hospital Regional Lambayeque

Tabla 35. Frecuencia de fallas anuales en el Área de Cocina

Máquina	Fallas	Frecuencia por año	Tiempo Reparación (h)	Tiempo Muerto (h)
Final de línea	Se obstruye	4	2	168

Fuente: Datos del Área de mantenimiento 2019 – Hospital Regional Lambayeque

¿Por qué se obstruye el final de línea? – Por la cavitación de redes y falla de componentes.

¿Por qué existe cavitación de redes? – Por la presión del vapor que circula en las tuberías.

¿Por qué fallan los componentes? – Por el mismo desgaste por trabajo.

¿Por qué existe una falla por el desgaste? – Porque no se cambia a tiempo.

¿Por qué no se cambia a tiempo? – Porque no cuentan con un plan de mantenimiento.

Tabla 33. Frecuencia de fallas anuales en el Área de Cocina

Máquina	Fallas	Frecuencia por año	Tiempo Reparación (h)	Tiempo Muerto (h)
Marmita	Desgaste de repuestos como: válvulas de seguridad y empaquetadura por la presión de trabajo.	3	3	168

Tabla 33. Frecuencia de fallas anuales en el Área de Cocina

Máquina	Fallas	Frecuencia por año	Tiempo Reparación (h)	Tiempo Muerto (h)
Estación reductora	Deterioro interior de válvula reguladora de presión por el trabajo realizado con la presión.	2	3	168

¿Por qué se deteriora el interior de la válvula reguladora de presión? –Por el trabajo realizado con el vapor.

¿Por qué el trabajo realizado con el vapor afecta? –Por el desgaste diario que se ocasiona.

¿Por qué el desgaste ocasiona deterioro? –Por el tiempo de vida útil que tiene la válvula.

¿Por qué el tiempo de vida útil repercute en la falla? –Por qué se debe cambiar antes de que se cumpla el tiempo.

Tabla 36. Consecuencia Técnica, Hospitalaria y Económica en el Área de Cocina

Máquina	Fallas	Consecuencia Técnica	Consecuencia Hospitalaria	Consecuencia Económica
Final de línea	Se obstruye por la cavitación de redes y ocasiona falla de componentes: válvulas (tipo compuerta), visor (3/4") y filtros (tipo Y).	Exceso de condensado origina picaduras en tuberías por corrosión.	Paralización de actividades como la preparación de alimentos para pacientes y personal médico de guardia ocasionando riesgos contaminación cruzada, para los pacientes más críticos.	Incremento de costos por la imposibilidad de realizar este servicio a tiempo debido a que se tendría que terciarizar esta actividad.
Estación reductora	Deterioro interior de válvula reguladora de presión por el trabajo realizado con la presión.	No se puede alimentar al área de lavandería con vapor.		
Marmita	Desgaste de repuestos como: válvulas de seguridad y empaquetadura por la presión de trabajo.	Paralización de marmita		

Fuente: Datos del Área de mantenimiento – Hospital Regional Lambayeque

3.1.10. Costos de reparación

Tabla 37. Costos de falla sistema de vapor

Máquina	Repuesto	Frecuencia por año	Unidad - pieza	S/
Cabecero de vapor / Manifold / Acumulador	Empaquetadura grafitada	2	Pz.	480
Final de línea	Filtro de vapor tipo y, válvulas de compuerta y visor $\frac{3}{4}$ "(Ms Spirax)	4	Und.	720
Al inicio de la red	Válvulas de control por la temperatura de vapor.	1	Und.	320
Estación reductora	Válvula reguladora de presión	2	Und.	2000
Total				3520

Fuente: Área de Logística – HRL

Tabla 38. Costos de mano de obra sistema de vapor

Máquina	Repuesto	Tiempo Reparación (h)	# técnicos	Costo de Mano de obra S/
Cabecero de vapor / Manifold / Acumulador	Empaquetadura grafitada	1	1	8.43
Final de línea	Filtro de vapor tipo y, válvulas de compuerta y visor ³ / ₄ "(Ms Spirax)	2	1	16.86
Al inicio de la red	Válvulas de control por la temperatura de vapor.	1	1	8.43
Estación reductora	Válvula reguladora de presión	3	1	25.29
Total				59.01

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 39. Costos totales central del sistema de vapor

	Total
Costo Repuesto	S/ 3520
Costo Mano de obra	S/ 59.01
TOTAL	S/ 3579.01

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 40. Costos de falla central de esterilización

Máquina	Repuesto	Frecuencia por año	Unidad - Pieza	S/
Autoclaves	Empaquetadura de silicona	2	und.	650.00
	PLC.	1	und.	5000.00
	Electroválvulas.	2	und.	360.00
Final de línea	Filtro de vapor tipo y, válvulas de compuerta y visor $\frac{3}{4}$ "(Ms Spirax)	4	und.	720.00
Compresores	Rodamiento de motor.	2	und.	350.00
	Condensador.	2	und.	80.00
Estación reductora	Válvula reguladora de presión	2	und.	2000.00
Total				9160.00

Fuente: Área de Logística - HRL

Tabla 41. Costos de mano de obra central de esterilización

Máquina	Repuesto	Tiempo Reparación (h)	# Técnicos	S/
Autoclaves	Empaquetadura de silicona	6	2	101.16
	PLC.	6	2	101.16
	Electroválvulas.	0,5	1	4.22
Final de línea	Filtro de vapor tipo y, válvulas de compuerta y visor 3/4" (Ms Spirax)	2	1	16.86
Compresores	Falla de rodamiento de motor.	4	2	67.44
	Condensador	4	1	33.72
Estación reductora	Válvula reguladora de presión	3	1	25.29
Total				349.85

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 42. Costos totales central de esterilización

	Total
Costo Repuesto	S/ 9160.00
Costo Mano de obra	S/ 349.85
TOTAL	S/ 9509.85

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 43. Costos de falla lavandería

Máquina	Fallas	Frecuencia por año	Unidad - Pieza	S/
Final de línea	Filtro de vapor tipo y, válvulas de compuerta y visor ¾”(Ms Spirax)	4	Und.	720.00
Lavadora	Falla el sensor de parámetro de trabajo	3	Und.	450.00
	Eje principal de lavadoras, desgaste de rodamiento.	1	Und.	600.00
	Variador de frecuencia.	3	Und.	6000.00
Estación reductora	Válvula reguladora de presión.	2	Und.	2000.00
Total				9770.00

Fuente: Área de Logística – HRL

Tabla 44. Costos de mano de obra lavandería

Máquina	Fallas	Tiempo Reparación (h)	# técnicos	S/
Final de línea	Filtro de vapor tipo y, válvulas de compuerta y visor ¾”(Ms Spirax)	2	1	16.86
Lavadora	Falla el sensor de parámetro de trabajo	6	1	50.58
	Eje principal de lavadoras, desgaste de rodamiento.	24	1	202.32
	Variador de frecuencia.	6	1	50.58
Estación reductora	Válvula reguladora de presión.	3	1	25.29
Total				345.63

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 45. Costos de totales de lavandería

	Total
Costo Repuesto	S/ 9770.00
Costo Mano de obra	S/ 345.63
TOTAL	S/ 10115.63

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 46. Costos de falla de cocina

Máquina	Repuesto	Frecuencia por año	Unidad - Pieza	S/
Final de línea	Filtro de vapor tipo y, válvulas de compuerta y visor 3/4" (Ms Spirax)	4	Und.	720.00
Estación reductora	Válvula reguladora de presión.	2	Und.	2000.00
Marmita	Válvulas de seguridad y empaquetadura.	3	Und.	530.00
Total				3250.00

Fuente: Área de Logística - HRL

Tabla 47. Costos de mano de obra de cocina

Máquina	Repuesto	Tiempo Reparación (h)	# Técnicos	S/
Final de línea	Filtro de vapor tipo y, válvulas de compuerta y visor 3/4"(Ms Spirax)	2	1	16.86
Estación reductora	válvula reguladora de presión.	3	1	25.29
Marmita	válvulas de seguridad, empaquetadura.	3	2	50.58
Total				92.73

Fuente: Área de Logística - HRL

Tabla 48. Costos de totales de cocina

	Total
Costo Repuesto	S/ 3250.00
Costo Mano de obra	S/ 92.73
TOTAL	S/ 3642.73

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 49. Costos de materiales utilizados en la reparación de fallas

Material	S/
Paño Industrial	0.50
Aflojatodo	26.00
Teflón	2.00
Cepillo metálico	9.00
Formador de empaquetaduras	8.80
TOTAL	46.30

Fuente: Elaboración Propia

3.1.11. Equipos críticos por área

Se realizó un análisis por área considerando frecuencia y tiempo muerto para determinar los equipos críticos del sistema de vapor

Tabla 50. Equipos críticos por área

			Frecuencia (veces/año)	Tiempo de Reparación (h)
Caldero	Final de línea	Se obstruye y ocasiona falla de accesorios como válvulas trampas y filtros.	4	2
Esterilización	Autoclaves	Falla de empaquetadura de puerta.	2	6
Lavandería	Lavadora	Eje principal de lavadoras, desgaste de rodamiento.	1	24
Cocina	Marmita	Falla de repuestos como: válvulas de seguridad, empaquetadura.	3	3

Fuente: Datos del Área de Mantenimiento - HRL

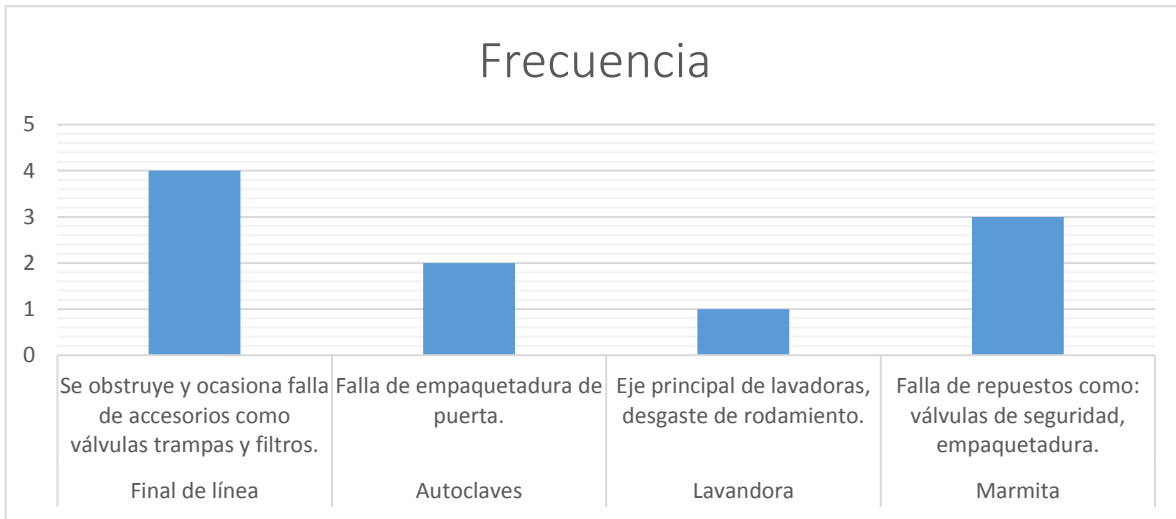


Figura 3. Frecuencia de fallas de equipos críticos

Fuente: Elaboración Propia

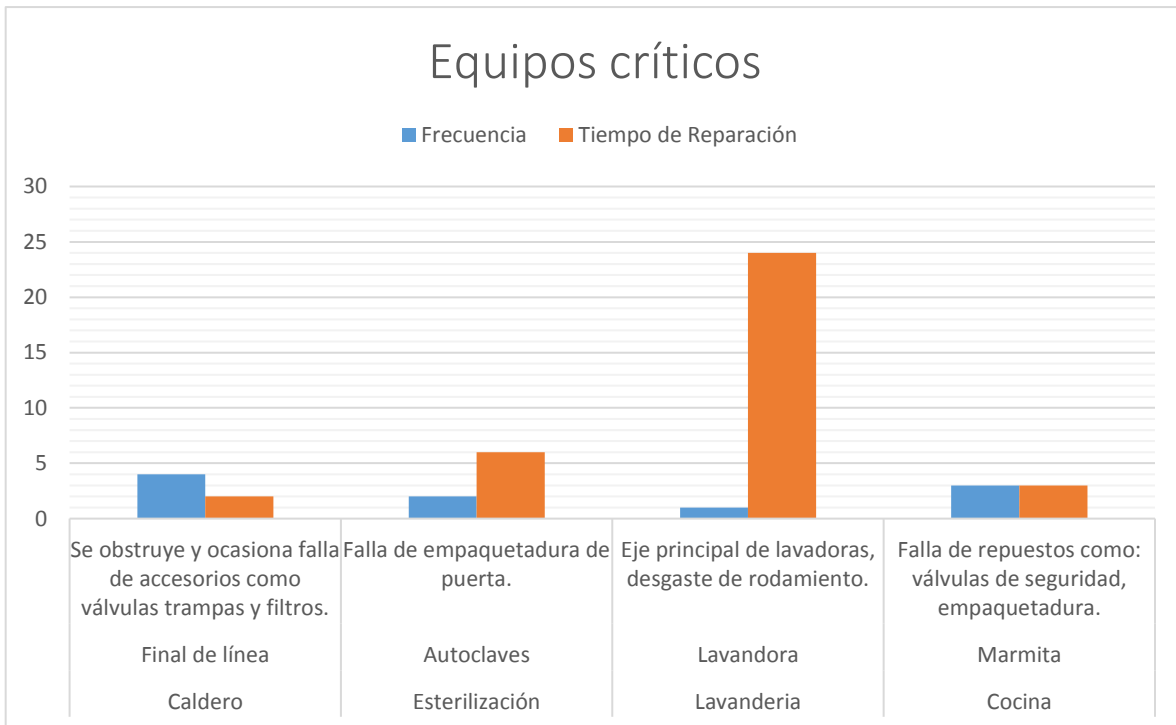


Figura 4. Frecuencia de fallas de equipos

Fuente: Elaboración Propia

3.1.12. Indicadores Actuales

a) Disponibilidad

Tabla 51. Disponibilidad – Área de Sistema de vapor

Máquina	Fallas	Frecuencia por año	Tiempo Muerto (h)	Disponibilidad	
				Factor	%
Cabecero de vapor / Manifold / Acumulador	Desgaste de empaquetadura.	2	3	0.999	99,9%
Final de línea	Se obstruye y ocasiona falla de accesorios como válvulas trampas y filtros.	4	168	0.922	92,2%
Al inicio de la red	Deformación de válvulas de control por la temperatura de vapor.	1	168	0.981	98,1%
Estación reductora	Deterioro interior de válvula reguladora de presión al igual que sus componentes.	2	168	0.961	96,1%
		9	507	94,21	

Tabla 52. Disponibilidad – Área de Esterilización

Máquina	Fallas	Frecuencia por año	Tiempo Muerto (h)	Disponibilidad	
					%
Autoclaves	Falla de empaquetadura de puerta.	2	168	0.961	96,1%
	Falla el PLC.	1	672	0.922	92,2%
	Deterioro de electroválvulas.	2	168	0.961	96,1%
Final de línea	Se deteriora.	4	168	0.922	92,2%
Compresores	Falla de rodamiento de motor; se desgasta el rodamiento.	2	120	0.972	97,2%
	Se queman los condensadores.	2	120	0.972	97,2%
Estación reductora	Deterioro interior de la válvula reguladora de presión al igual que sus componentes.	2	168	0.961	96,1%
		15	1584	81,92%	

Tabla 53. Disponibilidad – Área de Lavandería

Máquina	Fallas	Frecuencia por año	Tiempo Muerto (h)	Disponibilidad	
					%
Final de línea	Se deteriora.	4	168	0.922	92,2%
Lavadora	Falla el sensor de parámetro de trabajo (agua, vapor y aire).	3	120	0.958	95,8%
	Eje principal de lavadoras, desgaste de rodamiento.	1	168	0.981	98,1%
	Falla el variador de frecuencia.	3	120	0.958	95,8%
Estación reductora	Deterioro interior de la válvula reguladora de presión al igual que sus componentes.	2	168	0.961	96,1%
			744		91,51%

Tabla 54. Disponibilidad – Área de Cocina

Máquina	Fallas	Frecuencia por año	Tiempo Muerto (h)	Disponibilidad
Final de línea	Se deteriora.	4	168	92,2%
Estación reductora	Deterioro interior de la válvula reguladora de presión al igual que sus componentes.	2	168	96,1%
Marmita	Falla de repuestos como: válvulas de seguridad, empaquetadura.	3	168	94,2%
Total		46	504	94,25%

b) Rendimiento

Tabla 55. Rendimiento – Área de Lavandería

Nombre de equipo	Tiempo de funcionamiento	Tiempo operativo	Rendimiento
Secadora de ropa a vapor 50 kg	2949	3285	89,8%
Secadora de ropa a vapor 50 kg	2949	3285	89,8%
Calandria a vapor	1518	2190	69,32%
Lavadora extractora de ropa 50kg - barrera sanitaria	4750	5110	92,95%
Lavadora extractora de ropa 50k - barrera sanitaria	4942	5110	96,71%
Lavadora extractora de ropa 50k - barrera sanitaria	4750	5110	92,95%
Prensa plancha de uso general a vapor	1830	2190	83,6%
Prensa plancha de uso general a vapor	1830	2190	83,6%
Total	25518	28470	89,6%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 56. Rendimiento – Área de Esterilización

Nombre de equipo	Tiempo de funcionamiento	Tiempo operativo	Rendimiento
Esterilizador de residuos sólidos con vapor	6234	6570	94.89%
Esterilizador a vapor de red	5898	6570	89.77%
Esterilizador a vapor de red	6234	6570	94.89%
Esterilizador a vapor de red	6330	6570	96.35%
Esterilizador a vapor de red	6330	6570	96.35%
Total	31026	32850	94,45%

Tabla 57. Rendimiento – Área de Cocina

Nombre de equipo	Tiempo de funcionamiento	Tiempo operativo	Rendimiento
Marmita a vapor	3708	4380	84.66%
Marmita a vapor	3372	4380	76.99%
Marmita a vapor	2868	4380	65.48%
TOTAL	9948	13140	75,71%

1) Cálculo del tiempo teórico de producción (TTP)

$$TTP = \left(365 \frac{\text{días}}{\text{año}} \times 24 \frac{\text{Horas}}{\text{día}} \right) = 8760 \frac{\text{Horas}}{\text{año}}$$

2) Cálculo de tiempo disponible de producción (TDP)

$$\text{Tiempo muerto sistema vapor} = 507 \frac{\text{horas}}{\text{año}}$$

$$\text{Tiempo muerto esterilización} = 1584 \frac{\text{horas}}{\text{año}}$$

$$\text{Tiempo muerto lavandería} = 744 \frac{\text{horas}}{\text{año}}$$

$$\text{Tiempo muerto cocina} = 504 \frac{\text{horas}}{\text{año}}$$

$$\begin{aligned} \text{TDP} &= 8760 \frac{\text{horas}}{\text{año}} - 507 \frac{\text{horas}}{\text{año}} - 1584 \frac{\text{horas}}{\text{año}} - 744 \frac{\text{horas}}{\text{año}} - 504 \frac{\text{horas}}{\text{año}} \\ &= 5421 \frac{\text{horas}}{\text{año}} \end{aligned}$$

3) Tiempo operativo (TO)

$$\text{Paradas no planificadas} = 3 \frac{\text{horas}}{\text{mes}} \times 12 \frac{\text{meses}}{\text{año}} = 36 \frac{\text{horas}}{\text{año}}$$

$$\text{Tiempo de preparación} = 5 \frac{\text{min}}{\text{dia}} \times \frac{1 \text{ horas}}{60 \text{ min}} \times 305 \frac{\text{dias}}{\text{año}} = 25,42 \frac{\text{horas}}{\text{año}}$$

$$\text{TO} = 5421 \frac{\text{horas}}{\text{año}} - 36 \frac{\text{horas}}{\text{año}} - 25,42 \frac{\text{horas}}{\text{año}} = 5359,58 \frac{\text{horas}}{\text{año}}$$

c) Calidad

Para asegurar la calidad del vapor se realiza el test de Bowie & Dick para verificar si la eliminación de aire es buena y si la dureza del agua es la adecuada la cual debe estar entre el rango de 0.3 hasta máximo 1.2 ppm. Con ese procedimiento aseguramos la calidad del vapor.

Para realizar el sistema de Gestión de Mantenimiento en el Hospital Regional Lambayeque, se tuvieron en cuenta los lineamientos de la norma ISO 9001:2015. Para lo cual se deben seguir los siguientes pasos.

$$\text{Producción total de vapor} = 922.92 \frac{\text{kg vapor}}{\text{hora}} \times 5359.58 \frac{\text{horas}}{\text{año}} =$$

$$4\,946\,463.57 \frac{\text{kg vapor}}{\text{año}}$$

$$\text{Producción defectuosas de vapor} = 147.85 \frac{\text{kg vapor}}{\text{mes}} \times 12 \frac{\text{meses}}{\text{año}} =$$

$$1774.2 \frac{\text{kg vapor}}{\text{año}}$$

$$C = \frac{4\,946\,463.57 \frac{\text{kg vapor}}{\text{año}} - 1774.2 \frac{\text{kg vapor}}{\text{año}}}{4\,946\,463.57 \frac{\text{kg vapor}}{\text{año}}} \times 100 = 99,96\%$$

d) Indicador OEE:

OEE inicial = 90,47% x 89,3% x 99,96 %

OEE inicial = 80,75%

Tabla: Gráfico para cálculo del OEE

Tiempo teórico de producción		8760 $\frac{\text{horas}}{\text{año}}$
Tiempo disponible de producción		5421 $\frac{\text{horas}}{\text{año}}$
Tiempo operativo de producción		4841 $\frac{\text{horas}}{\text{año}}$
Producción total		4 716 121.2 $\frac{\text{kg vapor}}{\text{año}}$
Producción OK	4714347 $\frac{\text{kg vapor}}{\text{año}}$	

Disponibilidad	90.47%
Rendimiento	89,3%
Calidad	99,96%
OEE	80.75%

3.2. PROPONER UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Actualmente el Hospital Regional Lambayeque cuenta con un área de mantenimiento la cual está en proceso de consolidación, es necesario un estudio de gestión de mantenimiento que permita obtener resultados óptimos en el funcionamiento de equipos, sumamente importantes para el desarrollo de actividades programadas. Para ello se indagó sobre etapas y actividades para la elaboración de un plan con el fin de obtener una idea clara sobre el desarrollo de este. (Tabla 58)

Tabla 58. Etapas y Actividades para la elaboración de un Sistema de Gestión

Etapas	Actividades
Diagnóstico	Situación Actual
Diseño	Elaboración de la Política de Mantenimiento
	Elaboración de Actividades
	Elaboración del Manual de Mantenimiento y su procedimiento
Lanzamiento	Comunicación participativa
	Capacitación continúa
	Primera Auditoria
	Política, procesos y procedimientos
Implementación	Acciones correctivas
	Segunda Auditoria Interna

Fuente: Norma ISO 9001: 2015

3.2.1. DISEÑO

Anteriormente se mostró la situación actual del Hospital Regional Lambayeque, por lo que abordaremos con el diseño del sistema según ISO 9001:2015.

a) Política de Mantenimiento

Asegurar la ejecución del mantenimiento preventivo oportuno de los equipos del sistema de vapor existentes en el Hospital Regional Lambayeque comprometiéndonos a brindar soluciones eficientes a nuestros pacientes.

b) Objetivos

- Brindar atención eficaz y oportuna a la maquinaria en general de la empresa.
- Aumentar la disponibilidad de la maquinaria.
- Capacitación continua del personal.

c) Elaboración de Actividades.

Se elaboró una lista de actividades de mantenimiento preventivo, para cada una de las máquinas del sistema de vapor utilizando el registro histórico de las actividades de mantenimiento que se realizaron a través de los 10 años de funcionamiento de la empresa, apoyados de los manuales de los equipos y recomendaciones del jefe de mantenimiento de la empresa.

Las actividades se dividieron en primera instancia en dos grupos:

- Actividades de responsabilidad del operario: las cuales constan de actividades simples como lubricación, limpieza, cambio de aceite y ajuste de pernos.
- Actividades de responsabilidad del equipo de mantenimiento: estas actividades necesitan un conocimiento más avanzado de mantenimiento, por lo que no sería prudente encargar dichas actividades a los operarios que no se encuentran por el momento capacitados para realizarlas.

En segunda instancia se dividieron las tareas según su tiempo de repetición.

- Actividades semestrales: conformadas en su mayoría por revisiones de partes de difícil acceso.
- Actividades trimestrales: de mayor facilidad y que no requieren mucho tiempo del equipo de mantenimiento.
- Actividades diarias y semanales: se reparten entre los técnicos de turno y el equipo de mantenimiento, son actividades que no pasan los 20 minutos para su desarrollo.

Observación: Cuando se realizó la lista de actividades del caldero se encontró problemas por el tiempo que se necesitaba en su mantenimiento preventivo; por lo que se optó a realizar sólo actividades de mantenimiento preventivo a las partes de la máquina que representan, de fallar, un peligro alto para la producción de vapor.

d) Elaboración del Manual de Mantenimiento y su procedimiento

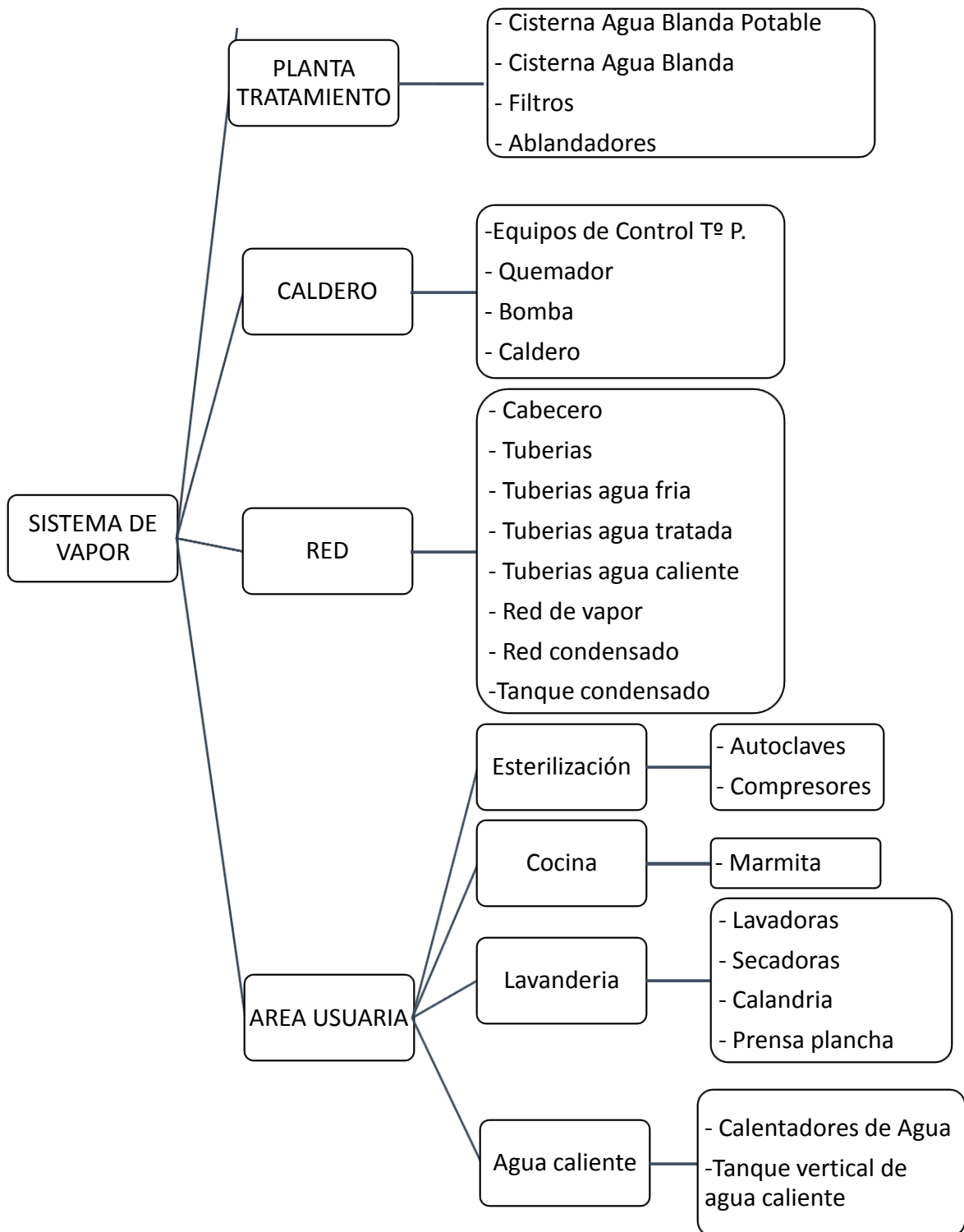
Se procedió a la elaboración del manual de mantenimiento con el fin de mantener una normativa en los procedimientos y/o pasos a seguir en la ejecución del mantenimiento preventivo

Al mismo tiempo se procedió a la elaboración del procedimiento de mantenimiento preventivo.

3.2.2. Diagrama estructural del sistema de vapor

Se realizó el diagrama del sistema de vapor para reconocer que áreas están involucradas en el desarrollo de esta investigación y que equipos conforman el sistema. Para ello se dividió por área de acuerdo al funcionamiento de la producción de vapor iniciando con el tratamiento del agua dura y finalizando con las áreas usuarias. (Esquema 4)

Esquema 4. Diagrama Estructural – Sistema de Vapor



3.2.3. DESARROLLO DE LINEAMIENTOS DEL PLAN

a) Codificación de Red de Vapor

Tabla 59. Codificación de equipos del sistema de vapor

SISTEMA DE VAPOR	Área	Equipo	Código	
	Planta de tratamiento	Cisterna de agua fría		SVPTCP1
			SVPTCP2	
Cisterna de agua blanda				SVPTCB1
				SVPTCB1
Filtro				SVPTF1
				SVPTF2
Ablandador			SVPTA1	
			SVPTA2	
Caldero		Equipos de control	Válvulas	SVCECV1
				SVCECV2
				SVCECV3
			Manómetro	SVCECM1
				SVCECM2
				SVCECM3
			Termómetro	SVCECT1
	SVCECT2			
	SVCECT3			
	Quemador		SVCQ1	
			SVCQ2	
			SVCQ3	
	Bomba		SVCB1	
			SVCB2	
			SVCB3	
Caldero		SVC1		
		SVC2		
		SVC3		
Red	Cabecero		SVRC1	
	Tuberías vapor		SVRTV	
	Tubería agua fría		SVRTAF	
	Tubería agua caliente		SVRTAC	
	Tubería agua tratada		SVRTAT	
	Red de vapor		SVRV	
	Red condensado		SVRC	
	Tanque condensado		SVRTC	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 60. Codificación de equipos de área usuaria

	AREA USUARIA	ESTERILIZACION	AUTOCLAVES	SVAUEA1
				SVAUEA2
				SVAUEA3
				SVAUEA4
				SVAUEA5
			COMPRESORES	SVAUEC1
				SVAUEC2
				SVAUEC3
				SVAUEC4
				SVAUEC5
		COCINA	MARMITA	SVAUCM1
				SVAUCM2
				SVAUCM3
		LAVANDERIA	LAVADORES	SVAULL1
				SVAULL2
				SVAULL3
			SECADORES	SVAULS1
				SVAULS2
			CALANDRIA	SVAULC
			PRENSA PLANCHA	SVAULP1
SVAULP2				
AGUA CALIENTE	CALENTADORES DE AGUA	SVAUACC1		
	CALENTADOR DE AGUA	SVAUACC2		
	TANQUE VERTICAL	SVAUACTV1		
	TANQUE VERTICAL	SVAUACTV2		

Fuente: Elaboración Propia

b) Inventario de Equipos:

Este formato recoge a los equipos que se encuentra en el Hospital Regional Lambayeque, describiendo el código del máquina o equipo y nombre de máquina o equipo, código. A continuación, se presenta el inventario de los equipos del sistema de vapor con sus respectivos códigos.

Tabla 61. Listado de equipos Planta de Tratamiento de agua

N°	Código	Equipo
1	SVPTCP1	Cisterna de agua fría
2	SVPTCP2	
3	SVPTCB1	Cisterna de agua blanda
4	SVPTCB1	
5	SVPTF1	Filtro
6	SVPTF2	
7	SVPTA1	Ablandador
8	SVPTA2	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 62. Listado de equipos del Área de Calderos

N°	Código	Equipo
9	SVCECV1	Válvulas
10	SVCECV2	
11	SVCECV3	
12	SVCECM1	Equipos de control
13	SVCECM2	
14	SVCECM3	
15	SVCECT1	Termómetro
16	SVCECT2	
17	SVCECT3	
18	SVCQ1	Quemador
19	SVCQ2	
20	SVCQ3	
21	SVCB1	Bomba
22	SVCB2	
23	SVCB3	
24	SVC1	Caldero
25	SVC2	
26	SVC3	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 63. Listado de equipos de la Red de tuberías

N°	Código	Equipo
27	SVRC1	Cabecero
28	SVRTV	Tuberías vapor
29	SVRTAF	Tubería agua fría
30	SVRTAC	Tubería agua caliente
31	SVRTAT	Tubería agua tratada
32	SVRV	Red de vapor
33	SVRC	Red condensado
34	SVRTC	Tanque condensado

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 64. Listado de equipos del Área de Calderos

N°	Código	Equipo	
35	SVAUEA1	Esterilización	Autoclaves
36	SVAUEA2		
37	SVAUEA3		
38	SVAUEA4		
39	SVAUEA5		
40	SVAUEC1		Compresores
41	SVAUEC2		
42	SVAUEC3		
43	SVAUEC4		
44	SVAUEC5		
45	SVAUCM1	Cocina	Marmita
46	SVAUCM2		
47	SVAUCM3		
48	SVAULL1	Lavandería	Lavadores
49	SVAULL2		
50	SVAULL3		
51	SVAULS1		Secadores
52	SVAULS2		
53	SVAULC		Calandria
54	SVAULP1		Prensa plancha
55	SVAULP2		
56	SVAUACC1	Agua caliente	Calentadores de agua
57	SVAUACC2		Calentador de agua
58	SVAUACTV1		Tanque vertical
59	SVAUACTV2		Tanque vertical

Fuente: Elaboración Propia

c) Orden de trabajo:

Se refiere formato que se utiliza para lograr la ejecución del programa de mantenimiento. Es el documento que se utiliza para solicitar, planear y controlar los trabajos de mantenimiento. (Anexo 07)

d) Inspección de máquina:

Consiste en el conjunto de actividades de mantenimiento de primer nivel que ejecuta el operario al inicio y durante la marcha del equipo. Las inspecciones de rutina incluyen actividades de lubricación, ajustes y aseo del equipo. (Anexo 08)

- **Lubricación:** actividades tendientes a mejorar el comportamiento de desgaste de superficies en contactos y en movimiento, ya que, se visualizó en el diagnóstico que el desgaste es una de las principales fallas mecánicas que tiene mayor frecuencia de presentación.

- **Ajustes:** actividades orientadas a devolver las características del montaje a los equipos de acuerdo a los estándares definidos.

e) Formatos de monitoreo:

Se realiza este formato con el fin de monitorear el desarrollo del plan de mantenimiento y evaluar resultados. (Anexo 09)

3.2.4. PLANES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVOS POR MÁQUINAS

a) Plan de mantenimiento preventivo para el sistema de vapor

Los planes de mantenimiento se realizaron mediante la reunión de expertos. Ver anexo 10

Tabla 65. Plan de mantenimiento preventivo diario para el caldero

Responsable	Técnico Calderista	Periodo de mantenimiento	Diario - Semanal
N°	Descripción o actividad cronograma de mantenimiento por año		Duración de mantenimiento (horas)
1	Inspeccionar visualmente el funcionamiento del ventilador, mantenerlo completamente limpio y notificar de inmediato cualquier anomalía que se observe.		0,02
2	Revisar el aislante de la caldera. Reparar cuando sea necesario		0,25
3	Purgar los tanques de combustible accesibles. SEMANAL		0,5
4	Limpiar filtros y boquillas cada vez que sea necesario		1
5	Chequear el funcionamiento del quemador por medio de la observación de la llama. SEMANAL		0,02
6	Verificar el sistema de alarma y desconexión por bajo nivel de agua, al menos una vez a la semana en condiciones de trabajo normal.		0,25
7	Verificar por lo menos 2 veces cada semana las válvulas de seguridad y asegurarse que están en perfectas condiciones.		0,02
8	Verificar la presión del combustible. SEMANAL		0,02
9	Verificar que todos los accesorios están bien lubricados.		0,25
10	Abrir la válvula para purgar los depósitos en el tanque de condensado.		0,50
11	Revisar el interior de la caldera por fugas. En caso de fugas reparar de inmediato o cambiar los tubos.		0,25
12	Revisar la chimenea por fugas y corrosión. Limpiar y pintar si es necesario con pintura resistente al calor.		0,25
13	Verificar que el equipo está funcionando en condiciones normales y cualquier anomalía debe ser notificada inmediatamente al Jefe de Mantenimiento.		0,30
TOTAL			3,63

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 66. Plan de mantenimiento preventivo trimestral para el caldero

EQUIPO: CALDEROS PIROTUBULAR DE 80 BHP			
Respo nsable	Técnico Calderista	Periodo de mantenimiento	Trimestral (Enero- Mayo-Setiembre)
N°	Descripción o actividad cronograma de mantenimiento por año	Duración de mantenimiento (hrs)	
1	Tubería de salida de vapor		
	Verificar fugas en conexiones de vapor	2	
2	Tubería de combustible		
	Verificar fugas en línea de ingreso de gas	0,25	
3	Tubería de alimentación de agua a caldero		
	Verificar fugas en línea de ingreso de agua a caldero	0,25	
	Limpiar filtro	7	
4	Quemador		
	Verificar estado de manómetro, monitores e indicadores	0,33	
	Verificar compuerta de aire	0,25	
	Verificar funciones de arrastre	0,25	
	Limpiar electrodos	1	
	Verificar presión de gas	0,33	
	Verificar motor de ventilador	0,33	
	Limpiar sensor de flama	1	
5	Sistema de control de nivel de agua		
	Limpiar visor	1	
	Limpiar control de nivel	1	
6	Presostatos		
	Limpiar presostatos	1	
7	Tubos de intercambio de calor		
	Limpiar tubos	8	
8	Tapas		
	Inspeccionar refractario	0,33	
9	Sistema eléctrico		
	Reajustar bornes de conexión de elementos	1	
	Limpiar componentes eléctricos	1	
	Realizar medición de línea a tierra	1	
Total			27,32

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 67. Plan de mantenimiento preventivo semestral para el caldero

EQUIPO: CALDEROS PIROTUBULAR DE 80 BHP			
Responsible	Técnico Calderista	Periodo de mantenimiento	Semestral (Junio - Diciembre)
N°	Descripción o actividad de mantenimiento por año	Duración de mantenimiento (hrs)	
1	Tubería de salida de vapor		
	Verificar fugas en conexiones de vapor	2	
2	Tubería de combustible		
	Verificar fugas en línea de ingreso de gas	0,25	
3	Tubería de alimentación de agua a caldero		
	Verificar fugas en línea de ingreso de agua a caldero	0,25	
	Limpiar filtro	7	
4	Quemador		
	Verificar estado de manómetro, monitores e indicadores	0,33	
	Verificar compuerta de aire	0,25	
	Verificar funciones de arrastre	0,25	
	Limpiar electrodos	1	
	Verificar presión de gas	0,33	
	Verificar motor de ventilador	0,33	
	Limpiar sensor de flama	1	
5	Sistema de control de nivel de agua		
	Limpiar visor	1	
	Limpiar control de nivel	1	
6	Presostatos		
	Limpiar presostatos	1	
7	Tubos de intercambio de calor		
	Limpiar tubos	8	
8	Tapas		
	Inspeccionar refractario	0,33	
9	Sistema eléctrico		
	Reajustar bornes de conexión de elementos	1	
	Limpiar componentes eléctricos	1	
	Realizar medición de línea a tierra	1	
Total			27,32

Fuente: Elaboración Propia

a) Plan de mantenimiento preventivo para el área de cocina

Tabla 68. Plan de mantenimiento preventivo para el área de cocina

EQUIPO: MARMITA			
Responsable	Técnico Calderista	Periodo de mantenimiento	Semanal (Lunes)
N°	Descripción o actividad cronograma de mantenimiento por año		Duración de mantenimiento (hrs)
1	Inspeccionar estado conexión a vapor		0,02
2	Verificar estado de grifos de llenado		0,02
3	Verificar estado desagüe y grifo desagüe		0,02
4	Verificar fugas de válvula de seguridad		0,25
5	Verificar cierre tapa de marmita		0,02
6	Verificar muelles tapa de marmita		0,02
7	Verificar estado del manómetro		0,02
8	Efectuar limpieza integral del equipo		5
TOTAL			5,37

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 69. Plan de mantenimiento preventivo para el área de cocina

EQUIPO: MARMITA			
Responsable	Técnico Calderista	Periodo de mantenimiento	Trimestral (Enero – Mayo - Setiembre)
N°	Descripción o actividad cronograma de mantenimiento por año		Duración de mantenimiento (hrs)
1	Efectuar limpieza integral del equipo		0,02
2	Verificar estado de grifos de llenado		0,02
3	Verificar estado desagüe y grifo desagüe		0,02
4	Verificar fugas de válvula de seguridad		0,25
5	Verificar cierre tapa de marmita		0,02
6	Verificar muelles tapa de marmita		0,02
7	Verificar estado del manómetro		0,02
8	Inspeccionar estado conexión a vapor		5
TOTAL			5,37

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 70. Plan de mantenimiento preventivo para el área de lavandería

EQUIPO: LAVADORA			
Responsable	Técnico Calderista	Periodo de mantenimiento	Trimestral (Junio - Diciembre)
N°	Descripción o actividad cronograma de mantenimiento por año		Duración de mantenimiento (hrs)
1	Carcaza		
	Realizar limpieza general del equipo		5
	Ajustar tornillos del equipo		1
2	Puerta		
	Revisar trabador de puerta		0,02
	Revisar hermeticidad de puerta		0,25
3	Sistema de transmisión mecánica		
	Revisar y engrasar rodamientos principales		0,5
	Lubricar en los puntos de lubricación		0.5
4	Poleas y mecanismo propulsivo		
	Reajustar poleas		1
	Realizar templado de fajas (correas)		0.5
5	Sistema de amortiguación y suspensión		
	Verificar estado de amortiguadores y unidades elásticas		0,25
6	Sistema de drenaje		
	Verificar válvula de drenaje		0,25
	Limpiar y ajustar válvula de drenaje		2
7	Red hídrica		
	Verificar fugas en tuberías de la red hídrica		0,33
	Limpiar filtro de agua fría y agua caliente		1
	Limpiar electroválvula de agua fría y agua caliente		1
	Limpiar filtro de vapor		1
	Limpiar electroválvula de vapor		1
8	Motor eléctrico principal		
	Revisar aislamiento de motor (si es necesario barnizar)		0,25
	Verificar sonidos de rodamientos		0,25
	Limpiar y reajustar motor		3
9	Tablero eléctrico		
	Limpiar componentes eléctricos y electrónicos		2

Tabla 71. Plan de mantenimiento preventivo para el área de lavandería

N°	Descripción o actividad cronograma de mantenimiento por año	Duración de mantenimiento (hrs)
10	Panel de control	
	Ajustar pernos y tornillos del panel de control	1
	Verificar funcionamiento de programa de lavado	0,5
11	Sensor de parámetro	
	Limpiar sensor de parámetro	0,5
12	Sistema dosificador de productos	
	Limpiar depósitos	2
	Limpiar electroválvulas	1
	Limpiar tubería de interconexión de dosificador	5
13	Pintura	
	Verificar estado de pintura (si es necesario retocar)	0,25
	TOTAL	31,35

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 72. Plan de mantenimiento preventivo para el área de lavandería

EQUIPO: LAVADORA			
Responsable	Técnico Calderista	Periodo de mantenimiento	Semestral (Junio - Diciembre)
N°	Descripción o actividad cronograma de mantenimiento por año		Duración de mantenimiento (hrs)
1	Carcaza		
	Realizar limpieza general del equipo		5
	Ajustar tornillos del equipo		1
2	Puerta		
	Revisar trabador de puerta		0,02
	Revisar hermeticidad de puerta		0,25
3	Sistema de transmisión mecánica		
	Revisar y engrasar rodamientos principales		0,5
	Lubricar en los puntos de lubricación		0.5
4	Poleas y mecanismo propulsivo		
	Reajustar poleas		1
	Realizar templado de fajas (correas)		0.5
5	Sistema de amortiguación y suspensión		
	Verificar estado de amortiguadores y unidades elásticas		0,25
6	Sistema de drenaje		
	Verificar válvula de drenaje		0,25
	Limpiar y ajustar válvula de drenaje		2
7	Red hídrica		
	Verificar fugas en tuberías de la red hídrica		0,33
	Limpiar filtro de agua fría y agua caliente		1
	Limpiar electro válvula de agua fría y agua caliente		1
	Limpiar filtro de vapor		1
	Limpiar electroválvula de vapor		1
8	Motor eléctrico principal		
	Revisar aislamiento de motor (si es necesario barnizar)		0,25
	Verificar sonidos de rodamientos		0,25
	Limpiar y reajustar motor		3
9	Tablero eléctrico		
	Limpiar componentes eléctricos y electrónicos		2
TOTAL			19

Tabla 73. Plan de mantenimiento preventivo semestral para la secadora

EQUIPO: SECADORA			
Responsable	Técnico Calderista	Periodo de mantenimiento	Semestral (Junio - Diciembre)
N°	Descripción o actividad cronograma de mantenimiento por año	Duración de mantenimiento (horas)	
1	Carcaza		
	Realizar limpieza general del equipo	5	
2	Puerta		
	Revisar apertura de puerta	0,02	
	Revisar el jebe de puerta	0,25	
3	Sistema de transmisión mecánica		
	Verificar sonido en rodamientos y engrase de rodamientos	0,25	
	Lubricar en los puntos de lubricación	1	
4	Poleas de transmisión		
	Reajustar poleas	1	
	Realizar templado de fajas (si es necesario aplicar antideslizante para faja)	1	
5	Red vapor		
	Limpiar filtro de vapor	1	
	Limpiar electroválvula de vapor	1	
	Verificar de trampa de vapor	0,02	
6	Motor eléctrico		
	Verificar aislamiento de motor (si es necesario barnizar)	2	
	Verificar sonido de rodamientos	0,33	
	Realizar limpieza general de motor	1	
7	Motor ventilador		
	Verificar aislamiento de motor (si es necesario barnizar)	0,25	
	Verificar sonido de rodamientos	0,33	
	Realizar limpieza general de motor	2	
8	Tablero eléctrico		
	Reajustar pernos y tornillos de bornes y componentes	1	
	Limpiar componentes eléctricos	1	

Tabla 74. Plan de mantenimiento preventivo semestral para la secadora

N°	Descripción o actividad cronograma de mantenimiento por año	Duración de mantenimiento (horas)
9	Panel de control	
	Reajustar pernos y tornillos en general	1
	Verificar funcionamiento de programa de secado	0,5
	Verificar y revisar indicar de fallas	0,33
10	Sistema de seguridad y medición	
	Verificar sw de puerta	0,25
	Verificar sensor de temperatura	0,5
TOTAL		21,03

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 75. Plan de mantenimiento preventivo semestral para la calandria

EQUIPO: CALANDRIA			
Responsable	Técnico Calderista	Periodo de mantenimiento	Semestral (Junio - Diciembre)
N°	Descripción o actividad cronograma de mantenimiento por año		Duración de mantenimiento (hrs)
1	Carcaza		
	Realizar limpieza general		5
2	Rodillos		
	Verificar sonido y lubricar chumaceras		1
3	Cadenas de transmisión		
	Lubricar cadenas, catalinas y piñones		1
	Realizar templado de cadenas		1
4	Caja de vapor		
	Revisar caja de vapor		0,5
5	Sistema de calefacción		
	Revisar electro válvula de vapor		0,5
	Limpiar filtro de vapor		1
	Verificar trampa de vapor		0,5

Tabla 76. Plan de mantenimiento preventivo semestral para la calandria

N°	Descripción o actividad cronograma de mantenimiento por año	Duración de mantenimiento (horas)
6	Sistema de seguridad	
	Revisar dispositivo de parada de emergencia (pulsador) - protección del operador	0,25
	Revisar dispositivo de protección de dedos para el operador	0,33
7	Reductor de velocidad	
	Limpiar reductor	1
	Revisar y lubricar rodajes y piñones	0,5
	Revisar nivel de aceite de reductor	0,25
8	Motor principal	
	Limpiar y ajustar motor	1
	Medir aislamiento de motor (si es necesario barnizar)	0,5
	Verificar sonido en rodamientos	0,33
9	Panel de control	
	Limpiar y ajustar componentes de panel de control	1
	Verificar programa de planchado	0,25
10	Tablero eléctrico	
	Revisar y ajustar componentes eléctricos y electrónicos	1
11	Cintas alimentadoras	
	Revisar y limpiar cintas alimentadoras	0,5
	Ajustar cintas alimentadoras	0,5
12	Cintas planchadoras	
	Revisar y limpiar cintas planchadoras	0,5
	TOTAL	18,41

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 77. Plan de mantenimiento preventivo semestral para prensa

EQUIPO: PRENSA			
Responsable	Técnico Calderista	Periodo de mantenimiento	Semestral (Junio - Diciembre)
N°	Descripción o actividad cronograma de mantenimiento por año		Duración de mantenimiento (horas)
1	Verificar estado de resorte		0,25
2	Verificar funcionamiento de pistón		0,25
3	Verificar hermeticidad de línea de aire		0,25
4	Verificar hermeticidad de conexión de ingreso de vapor		0,25
5	Limpiar filtros de vapor		1
6	Limpiar filtro de trampa termodinámica		1
7	Verificar actividad de ingreso de vapor		0,25
8	Verificar activación de electroválvula de vapor		0,25
9	Verificar activado de aspirado		0,25
10	Verificar pulsadores		0,25
11	Medir aislamiento de motor		0.5
12	Realizar reajuste de pernos en general		1
13	Realizar limpieza general		3
TOTAL			8,5

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 78. Plan de mantenimiento preventivo semestral para autoclave

EQUIPO: AUTOCLAVE			
Responsable	Técnico Calderista	Periodo de mantenimiento	Trimestral(Enero-Mayo-Septiembre)
N°	Descripción o actividad cronograma de mantenimiento por año		Duración de mantenimiento (horas)
1	Inspeccionar las condiciones ambientales en las que se encuentra el equipo		0,25
2	Efectuar limpieza integral externa (chasis, estructura de soporte, panel de control, etc.)		5
3	Revisar el estado de empaquetadura de puerta, cambiar si es necesario		0,33
4	Lubricar el ensamble de las bisagras de la puerta		1
5	Efectuar limpieza integral interna		6
6	Inspeccionar el ensamble de caja de tornillo para buscar desgaste y movimiento		0,25
7	Verificar el estado del sistema eléctrico (PLC)		0,5
8	Inspeccionar y limpiar filtro de llenado de la cámara y del tanque		1
9	Revisar funcionamiento de manómetros, de todas las válvulas de seguridad y solenoide, cambiar si es necesario		0,5
10	Revisar y limpiar la trampa de vapor y el filtro		0,5
11	Revisar empaquetaduras de la bomba de vacío y engrasar		0,5
12	Verificar funcionamiento de las alarmas		0,33
13	Verificar el funcionamiento del equipo en todos los modos de operación		0,5
TOTAL			16,66

Fuente: Elaboración Propia

3.2.5. PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO POR MÁQUINAS

Tabla 79a. Programa de mantenimiento preventivo semanal del caldero

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - HRL																																																					
N°	Descripción o actividad	PERIODO DE MANTENIMIENTO																																																			
		(SEMANAL)																																																			
		1				2				3				4				5				6				7				8				9				10				11				12							
		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	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	Chequear el funcionamiento del quemador por medio de la observación de la llama (continuamente).	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	Verificar la presión del combustible (continuamente).	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
3	Limpiar los filtros y boquillas cada vez que sea necesario.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
4	Inspeccionar las uniones flexibles.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
5	Inspeccionar visualmente el funcionamiento del ventilador, mantenerlo completamente limpio y notificar de inmediato cualquier anomalía que se observe.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				

Tabla 81. Programa de mantenimiento preventivo trimestral del caldero

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - HRL													
N°	Descripción o actividad cronograma de mantenimiento por año	PERIODO DE MANTENIMIENTO (TRIMESTRAL)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Tubería de salida de vapor	x				x				x			
	Verificar fugas en conexiones de vapor	x				x				x			
2	Tubería de combustible	x				x				x			
	Verificar fugas en línea de ingreso de gas	x				x				x			
3	Tubería de alimentación de agua a caldero	x				x				x			
	Verificar fugas en línea de ingreso de agua a caldero	x				x				x			
	Limpiar filtro	x				x				x			
4	Quemador	x				x				x			
	Verificar estado de manómetro, monitores e indicadores	x				x				x			
	Verificar compuerta de aire	x				x				x			
	Verificar funciones de arrastre	x				x				x			
	Limpiar electrodos	x				x				x			
	Verificar estado de cañón	X				X				X			
	Verificar de presión de gas	X				X				X			
	Verificar motor de ventilador	X				X				X			
	Limpiar sensor de flama	X				X				X			
5	Sistema de control de nivel de agua	X				X				X			
	Limpiar visor	X				X				X			
	Limpiar control de nivel	X				X				X			
6	Presostatos	X				X				X			
	Limpiar presostatos	X				X				X			
7	Tubos de intercambio de calor	X				X				X			
	Limpiar tubos	X				X				X			

Tabla 82. Programa de mantenimiento preventivo trimestral del caldero

N°	Descripción o actividad cronograma de mantenimiento por año	PERIODO DE MANTENIMIENTO (SEMESTRAL)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8	Tapas	X				X				X			
	Inspeccionar refractario	X				X				X			
9	Sistema eléctrico	X				X				X			
	Reajustar bornes de conexión de elementos	X				X				X			
	Limpiar componentes eléctricos	X				X				X			
	Verificar lámparas indicadoras	X				X				X			
	Medir línea a tierra	X				X				X			

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 83. Programa de mantenimiento preventivo semestral del caldero

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - HRL													
N°	Descripción o actividad cronograma de mantenimiento por año	PERIODO DE MANTENIMIENTO (SEMESTRAL)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Tubería de salida de vapor						x						x
	Verificar fugas en conexiones de vapor						x						x
2	Tubería de combustible						x						x
	Verificar fugas en línea de ingreso de gas						x						x
3	Tubería de alimentación de agua a caldero						x						x
	Verificar fugas en línea de ingreso de agua a caldero						x						x
	Limpieza de filtro						x						x
4	Quemador						x						x
	Verificar estado de manómetro, monitores e indicadores						x						x
	Verificar compuerta de aire						x						x
	Verificar funciones de arrastre						x						x
	Limpieza de electrodos						x						x
	Verificar estado de cañón						X						X
	Verificación de presión de gas						X						X
	Verificar motor de ventilador						X						X
	Limpieza de sensor de flama						X						X
5	Sistema de control de nivel de agua						X						X
	Limpieza de visor						X						X
	Limpieza de control de nivel						X						X

Tabla 84. Programa de mantenimiento preventivo semestral del caldero

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - HRL													
N°	Descripción o actividad cronograma de mantenimiento por año	PERIODO DE MANTENIMIENTO (SEMESTRAL)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6	Presostatos						x						x
	Limpieza de presostatos						X						X
7	Tubos de intercambio de calor						x						x
	Limpieza de tubos						X						X
8	Tapas						x						x
	Inspección de refractario						X						X
9	Sistema eléctrico						x						x
	Reajuste de bornes de conexión de elementos						X						X
	Limpieza de componentes eléctricos						x						x
	Verificación de lamparas indicadoras						X						X
	Medición de línea a tierra						x						x

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 85. Programa de mantenimiento preventivo trimestral para marmita

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - HRL													
N°	Descripción o actividad cronograma de mantenimiento por año	PERIODO DE MANTENIMIENTO (TRIMESTRAL)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Control estado conexión a vapor	x				x				x			
2	Control estado grifos de llenado	x				x				x			
3	Control estado desagüe y grifo desagüe	x				x				x			
4	Control fugas de válvula de seguridad	x				x				x			
5	Control cierre tapa de marmita	x				x				x			
6	Control muelles tapa de marmita	x				x				x			
7	Control estado del manómetro	x				x				x			
8	Efectuar limpieza integral del equipo	x				x				x			

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 86. Programa de mantenimiento preventivo semestral para lavadora

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - HRL													
N°	Descripción o actividad a ejecutar el cliente	PERIODO DE MANTENIMIENTO (SEMESTRAL)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Carcaza												
	Limpieza general del equipo						x						x
	Apretamiento de tornillos del equipo						x						x
2	Puerta						x						x
	Revisar trabador de puerta						x						x
	Revisar hermeticidad de puerta						x						x
3	Sistema de transmisión mecánica						x						x
	Revisión y engrase de rodamientos principales						x						x
	Lubricar en los puntos de lubricación						x						x
4	Poleas y mecanismo propulsivo						x						x
	Reajuste de poleas						x						x
	Templado de fajas (correas)						x						x
5	Sistema de amortiguación y suspensión						x						x
	Verificar estado de amortiguadores y unidades elásticas						x						x
6	Sistema de drenaje						x						x
	Verificar válvula de drenaje						x						x
	Limpieza y ajuste general de válvula de drenaje						x						x
7	Red hídrica						x						x
	Verificar fugas en tuberías de la red hídrica						x						x
	Limpieza de filtro de agua fría y agua caliente						x						x
	Limpieza de electroválvula de agua fría y agua caliente						x						x
	Limpieza de filtro de vapor						x						x
	Limpieza de electroválvula de vapor						x						x

Tabla 87. Programa de mantenimiento preventivo semestral para lavadora

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - HRL													
N°	Descripción o actividad a ejecutar el cliente	PERIODO DE MANTENIMIENTO (SEMESTRAL)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8	MOTOR ELECTRICO PRINCIPAL						x						x
	Revisar aislamiento de motor (si es necesario barnizar)						x						x
	Verificar sonidos de rodamientos						x						x
	Limpieza y reajustes del motor						x						x
9	Tablero eléctrico						x						x
	Reajuste de contactos del tablero						x						x
	Limpieza de componentes eléctricos y electrónicos						x						x
10	Panel de control						x						x
	Ajuste de pernos y tornillos del panel de control						x						x
	Verificar funcionamiento de programa de lavado						x						x
	Verificar registro de fallas						x						x
11	Sistema de seguridad						x						x
	Revisar sw de puerta						x						x
	Revisar sw de vibración						x						x
12	Sistema dosificador de productos						x						x
	Limpieza de depósitos						x						x
	Limpieza de electroválvulas						x						x
	Limpieza de tubería de interconexión de dosificador						x						x
13	Pintura						x						x
	Verificar estado de pintura (si es necesario retocar)						x						x

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 88. Programa de mantenimiento preventivo semestral para lavadora

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - HRL												
N°	Descripción o actividad a ejecutar el cliente	PERIODO DE MANTENIMIENTO (SEMESTRAL)										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Carcaza											
	Limpieza general del equipo						x					x
	Apretamiento de tornillos del equipo						x					x
2	Puerta						x					x
	Revisar trabador de puerta						x					x
	Revisar hermeticidad de puerta						x					x
3	Sistema de transmisión mecánica						x					x
	Revisión y engrase de rodamientos principales						x					x
	Lubricar en los puntos de lubricación						x					x
4	Poleas y mecanismo propulsivo						x					x
	Reajuste de poleas						x					x
	Templado de fajas (correas)						x					x
5	Sistema de amortiguación y suspensión						x					x
	Verificar estado de amortiguadores y unidades elásticas						x					x
6	Sistema de drenaje						x					x
	Verificar válvula de drenaje						x					x
	Limpieza y ajuste general de válvula de drenaje						x					x
7	Red hídrica						x					x
	Verificar fugas en tuberías de la red hídrica						x					x
	Limpieza de filtro de agua fría y agua caliente						x					x
	Limpieza de electro válvula de agua fría y agua caliente						x					x
	Limpieza de filtro de vapor						x					x
	Limpieza de electroválvula de vapor						x					x

Tabla 89. Programa de mantenimiento preventivo semestral para secadora

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - HRL												
N°	Descripción o actividad	PERIODO DE MANTENIMIENTO (TRIMESTRAL)										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Carcaza						X					X
	Limpieza general del equipo						X					X
2	Puerta						X					X
	Revisar apertura de puerta						X					X
	Revisar el jebe de puerta						X					X
3	Sistema de transmisión mecánica						X					X
	Verificar sonido en rodamientos y engrase de rodamientos						X					X
	Lubricar en los puntos de lubricación						X					X
4	Poleas de transmisión						X					X
	Reajustar poleas						X					X
	Realizar templado de fajas (si es necesario aplicar antideslizante para faja)						X					X
5	Red vapor						X					X
	Limpiar filtro de vapor						X					X
	Limpiar electro válvula de vapor						X					X
	Verificar trampa de vapor						X					X
6	Motor eléctrico						X					X
	Verificar aislamiento de motor (si es necesario barnizar)						X					X
	Verificar sonido de rodamientos						X					X
	Limpieza general de motor						X					X

Tabla 90. Programa de mantenimiento preventivo semestral para lavadora

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - HRL													
N°	Descripción o actividad a ejecutar el cliente	PERIODO DE MANTENIMIENTO (SEMESTRAL)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Carcaza												
	Limpieza general del equipo						x						x
	Apretamiento de tornillos del equipo						x						x
2	Puerta						x						x
	Revisar trabador de puerta						x						x
	Revisar hermeticidad de puerta						x						x
3	Sistema de transmisión mecánica						x						x
	Revisión y engrase de rodamientos principales						x						x
	Lubricar en los puntos de lubricación						x						x
4	Poleas y mecanismo propulsivo						x						x
	Reajuste de poleas						x						x
	Templado de fajas (correas)						x						x
5	Sistema de amortiguación y suspensión						x						x
	Verificar estado de amortiguadores y unidades elásticas						x						x
6	Sistema de drenaje						x						x
	Verificar válvula de drenaje						x						x
	Limpieza y ajuste general de válvula de drenaje						x						x
7	Red hídrica						x						x
	Verificar fugas en tuberías de la red hídrica						x						x
	Limpieza de filtro de agua fría y agua caliente						x						x
	Limpieza de electro válvula de agua fría y agua caliente						x						x
	Limpieza de filtro de vapor						x						x
	Limpieza de electroválvula de vapor						x						x

Tabla 91. Programa de mantenimiento trimestral semestral para secadora

N°	Descripción o actividad	PERIODO DE MANTENIMIENTO (SEMESTRAL)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7	Motor ventilador						x						x
	Verificar aislamiento de motor (si es necesario barnizar)						x						x
	Verificar sonido de rodamientos						x						x
	Limpieza general de motor						x						x
8	Tablero eléctrico						x						x
	Reajuste de pernos y tornillos de bornes y componentes						x						x
	Limpieza de componentes eléctricos						x						x
9	Panel de control						x						x
	Reajuste de pernos y tornillos en general						x						x
	Verificar funcionamiento de programa de secado						x						x
	Verificar y revisar indicar de fallas						x						x
10	Sistema de seguridad y medición						x						x
	Verificar sw de puerta						x						x
	Verificar sensor de temperatura						x						x

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 92. Programa de mantenimiento preventivo semestral para lavadora

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - HRL												
N°	Descripción o actividad a ejecutar el cliente	PERIODO DE MANTENIMIENTO (SEMESTRAL)										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Carcaza											
	Limpieza general del equipo						x					x
	Apretamiento de tornillos del equipo						x					x
2	Puerta						x					x
	Revisar trabador de puerta						x					x
	Revisar hermeticidad de puerta						x					x
3	Sistema de transmisión mecánica						x					x
	Revisión y engrase de rodamientos principales						x					x
	Lubricar en los puntos de lubricación						x					x
4	Poleas y mecanismo propulsivo						x					x
	Reajuste de poleas						x					x
	Templado de fajas (correas)						x					x
5	Sistema de amortiguación y suspensión						x					x
	Verificar estado de amortiguadores y unidades elásticas						x					x
6	Sistema de drenaje						x					x
	Verificar válvula de drenaje						x					x
	Limpieza y ajuste general de válvula de drenaje						x					x
7	Red hídrica						x					x
	Verificar fugas en tuberías de la red hídrica						x					x
	Limpieza de filtro de agua fría y agua caliente						x					x
	Limpieza de electro válvula de agua fría y agua caliente						x					x
	Limpieza de filtro de vapor						x					x
	Limpieza de electroválvula de vapor						x					x

Tabla 93. Programa de mantenimiento preventivo semestral para calandria

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - HRL													
N°	Descripción o actividad a ejecutar el cliente	PERIODO DE MANTENIMIENTO (SEMESTRAL)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Carcaza						x						x
	Realizar limpieza general del equipo						x						x
2	Rodillos						x						x
	Verificar sonido y lubricar chumaceras						x						x
3	Cadenas de transmisión						x						x
	Lubricar cadenas, catalinas y piñones						x						x
	Realizar templado de cadenas						x						x
4	Caja de vapor						x						x
	Revisar de caja de vapor						x						x
5	Sistema de calefacción						x						x
	Revisar electro válvula de vapor						x						x
	Limpieza de filtro de vapor						x						x
	Verificar trampa de vapor						x						x
6	Sistema de seguridad						x						x
	Revisar dispositivo de parada de emergencia (pulsador) - protección del operador						x						x
	Revisar dispositivo de protección de dedos para el operador						x						x
7	Reductor de velocidad						x						x
	Limpiar reductor						x						x
	Revisar y lubricar rodajes y piñones						x						x
	Revisar nivel de aceite de reductor												

Tabla 94. Programa de mantenimiento preventivo semestral para calandria

N°	Descripción o actividad a ejecutar el cliente	PERIODO DE MANTENIMIENTO (SEMESTRAL)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8	Motor principal						x						x
	Limpieza y ajuste del motor						x						x
	Medir aislamiento de motor (si es necesario barnizar)						x						x
	Verificar sonido en rodamientos						x						x
9	Panel de control						x						x
	Limpieza y ajustes de componentes de panel de control						x						x
	Verificar programa de planchado						x						x
10	Tablero electrico						x						x
	Revision y ajustes de componentes electricos y electronicos						x						x
11	Cintas alimentadoras						x						x
	Revisar y limpiar cintas alimentadoras						x						x
	Ajuste de cintas alimentadoras						x						x
12	Cintas planchadoras						x						x
	Revisar y limpiar cintas planchadoras						x						x

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 95. Programa de mantenimiento preventivo semestral para calandria

N°	Descripción o actividad a ejecutar el cliente	PERIODO DE MANTENIMIENTO (SEMESTRAL)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8	Motor principal						x						x
	Limpieza y ajuste del motor						x						x
	Medir aislamiento de motor (si es necesario barnizar)						x						x
	Verificar sonido en rodamientos						x						x
9	Panel de control						x						x
	Limpieza y ajustes de componentes de panel de control						x						x
	Verificar programa de planchado						x						x
10	Tablero electrico						x						x
	Revision y ajustes de componentes electricos y electronicos						x						x
11	Cintas alimentadoras						x						x
	Revisar y limpiar cintas alimentadoras						x						x
	Ajuste de cintas alimentadoras						x						x
12	Cintas planchadoras						x						x
	Revisar y limpiar cintas planchadoras						x						x

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 96. Programa de mantenimiento preventivo semestral para prensa

Programa de mantenimiento preventivo - HRL													
N°	Descripción o actividad cronograma de mantenimiento por año	Periodo de mantenimiento (semestral)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Verificar estado de resorte						x						x
2	Verificar funcionamiento de pistón						x						x
3	Verificación de hermeticidad de línea de aire						x						x
4	Verificación de hermeticidad de conexión de ingreso de vapor						x						x
5	Limpieza de filtros de vapor						x						x
6	Limpieza de filtro de trampa termodinámica						x						x
7	Verificación de actividad de ingreso de vapor						x						x
8	Verificación de activación de electro válvula de vapor						x						x
9	Verificación de activado de aspirado						x						x
10	Verificación de pulsadores						x						x
11	Medida de aislamiento de motor						x						x
12	Reajuste de pernos en general						x						x
13	Limpieza general						x						x

Fuente:

Tabla 97. Programa de mantenimiento preventivo trimestral para prensa

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - HRL													
N°	Descripción o actividad cronograma de mantenimiento por año	PERIODO DE MANTENIMIENTO (TRIMESTRAL)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Inspeccionar las condiciones ambientales en las que se encuentra el equipo	x				x				x			
2	Efectuar limpieza integral externa (chasis, estructura de soporte, panel de control, etc.)	x				x				x			
3	Revisar el estado del empaque de la puerta, cambiar si es necesario	x				x				x			
4	Lubricar el ensamble de las bisagras de la puerta	x				x				x			
5	Efectuar limpieza integral interna	x				x				x			
6	Inspeccionar el ensamble de caja de tornillo para buscar desgaste y movimiento	x				x				x			
7	Verificar el estado del sistema eléctrico	x				x				x			
8	Inspeccionar y limpiar filtro de llenado de la cámara y del tanque	x				x				x			
9	Revisar funcionamiento de manómetros, de todas las válvulas de seguridad y solenoide, cambiar si es necesario	x				x				x			
10	Revisar y limpiar la trampa de vapor y el filtro	x				x				x			
11	Revisar empaques de la bomba de vacío y engrasar la	x				x				x			
12	Verificar funcionamiento de las alarmas	x				x				x			
13	Verificar el funcionamiento del equipo en todos los modos de operación	x				x				x			

3.2.6. INDICADORES DESPUÉS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROPUESTO

Se observa que se reduce el tiempo de paradas con respecto al inicial, al aplicar el plan de mantenimiento preventivo siguiendo todas las actividades señaladas y mediante un monitoreo constante. Esto beneficiará directamente al cliente en este caso los pacientes, ya que se reducirán las paradas aumentando el índice de disponibilidad en un 7% reduciendo el porcentaje suspensiones de operaciones y/o consultas médicas.

- a) Disponibilidad: Se calculó el indicador de disponibilidad en las distintas áreas del sistema de vapor considerando los 365 días al año en horas.

Tabla 98. Indicador de disponibilidad del sistema de vapor y áreas usuarias

Máquina/ Equipo	Duración de mantenimiento (horas)	Frecuencia	Total	Disponibilidad (%)
Caldero	27,32	2	54,64	99.38%
	27,32	4	109.28	99.75%
	3,63	365	1324.95	84.88%
Marmita	5.37	4	21.48	99.75%
Lavadora	31.35	4	124.40	99.58%
	19	2	38.00	99.57%
Secadora	21.03	2	42.06	99.52%
Calandria	18.41	2	36.82	99.58%
Prensa	8.5	2	17	99.81%
Autoclave	16.66	4	66.64	99.24%
Total				97,90%

Fuente: Elaboración Propia

- b) Rendimiento: Se obtuvo el rendimiento considerando la formula con el tiempo de funcionamiento y tiempo operativo.

Tabla 99. Cálculo de indicador de rendimiento del área de lavandería

	Nombre de equipo	Total horas plan	Tiempo de funcionamiento	Tiempo operativo	Rendimiento
Lavandería	Secadora de ropa a vapor	42.06	3242.94	3285	98,72%
	Secadora de ropa a vapor	42.06	3242.94	3285	98,72%
	Calandria a vapor	36.82	2153.18	2190	98,32%
	Lavadora extractora de ropa	124.40	4985.6	5110	97,57%
	Lavadora extractora de ropa	38	5072	5110	99,26%
	Lavadora extractora de ropa	38	5072	5110	99,26%
	Prensa plancha de uso general a vapor	17	2173	2190	99,22%
	Prensa plancha de uso general a vapor	17	2173	2190	99,22%
Total					98,79%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 100. Cálculo de indicador de rendimiento del área de esterilización

	Nombre de equipo	Total horas plan	Tiempo de funcionamiento	Tiempo operativo	Rendimiento
Esterilización	Esterilizador de residuos sólidos con vapor	66.64	6503.36	6570	98,99%
	Esterilizador a vapor de red	66.64	6503.36	6570	98,99%
	Esterilizador a vapor de red	66.64	6503.36	6570	98,99%
	Esterilizador a vapor de red	66.64	6503.36	6570	98,99%
	Esterilizador a vapor de red	66.64	6503.36	6570	98,99%
Total					98,99%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 101. Cálculo de indicador de rendimiento del área de cocina

	Nombre de equipo	Total horas plan	Tiempo de funcionamiento	Tiempo operativo	Rendimiento
Cocina	Marmita a vapor	21.48	4370	4380	99,77%
	Marmita a vapor	21.48	4370	4380	99,77%
	Marmita a vapor	21.48	4370	4380	99,77%
TOTAL					99,51%

Fuente: Elaboración Propia

Mediante la ejecución del plan de mantenimiento preventivo se propone asegurar la producción utilizando la capacidad proyectada del equipo mediante la realización de las actividades programadas en el plan.

c) Calidad

$$\text{Producción total de vapor} = 922.92 \frac{\text{kg vapor}}{\text{hora}} \times 6863,31 \frac{\text{horas}}{\text{año}} = 6\,334\,286,07 \frac{\text{kg vapor}}{\text{año}}$$

$$\text{Producción defectuosas de vapor} = 147.85 \frac{\text{kg vapor}}{\text{mes}} \times 12 \frac{\text{meses}}{\text{año}} = 1774.2 \frac{\text{kg vapor}}{\text{año}}$$

$$C = \frac{6\,334\,286,07 \frac{\text{kg vapor}}{\text{año}} - 1774.2 \frac{\text{kg vapor}}{\text{año}}}{6\,334\,286,07 \frac{\text{kg vapor}}{\text{año}}} \times 100 = 99,97\%$$

d) OEE mejorado

$$\text{OEE mejorado} = 96,69\% \times 99,38\% \times 99,96\%$$

$$\text{OEE mejorado} = 95,24\%$$

Tabla 102: Gráfico para cálculo del OEE

Tiempo teórico de producción		8760 $\frac{\text{horas}}{\text{año}}$
Tiempo disponible de producción		6924.73 $\frac{\text{horas}}{\text{año}}$
Tiempo operativo de producción		6863.31 $\frac{\text{horas}}{\text{año}}$
Producción total		6 334 286.07 $\frac{\text{kg vapor}}{\text{año}}$
Producción OK	6 332 511.87 $\frac{\text{kg vapor}}{\text{año}}$	

Disponibilidad	97,90%
Rendimiento	97,31%
Calidad	99,97%
OEE	95,24%

Después de haber calculado los indicadores propuestos se obtiene como resultado una mejora en un 15,30%. Esto significa que se reducirán las paradas en los equipos y mejorara la eficiencia global del equipo lo que mide el indicador overall equipment effectiveness.

3.2.4. Análisis de confiabilidad por el método Weibull

Se introdujo los valores de los equipos críticos para determinar la confiabilidad del plan de mantenimiento preventivo propuesto

- a) **Sistema de vapor:** Se obtuvo un 1% de probabilidad de falla en el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo con respecto al caldero y un 99% de efectividad en el desarrollo del plan

Tabla 102. Falla crítica en el sistema de vapor

			Frecuencia	Tiempo Muerto (días)
Caldero	Final de línea	Se obstruye y ocasiona falla de accesorios como válvulas trampas y filtros.	4	7

Fuente: Elaboración Propia

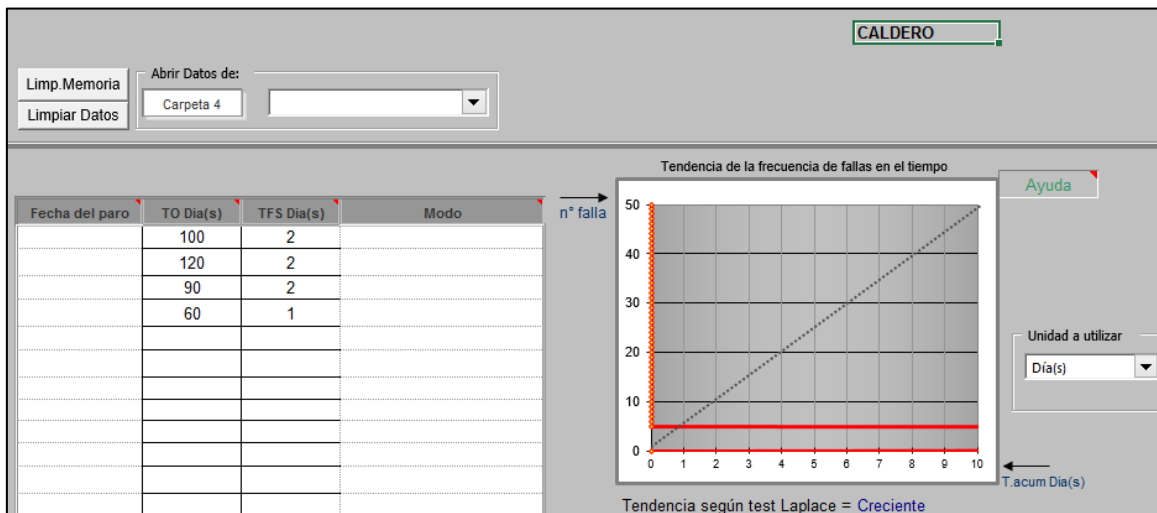


Figura 5. Calculo de Frecuencia de Fallas

Fuente: Elaboracion Propia

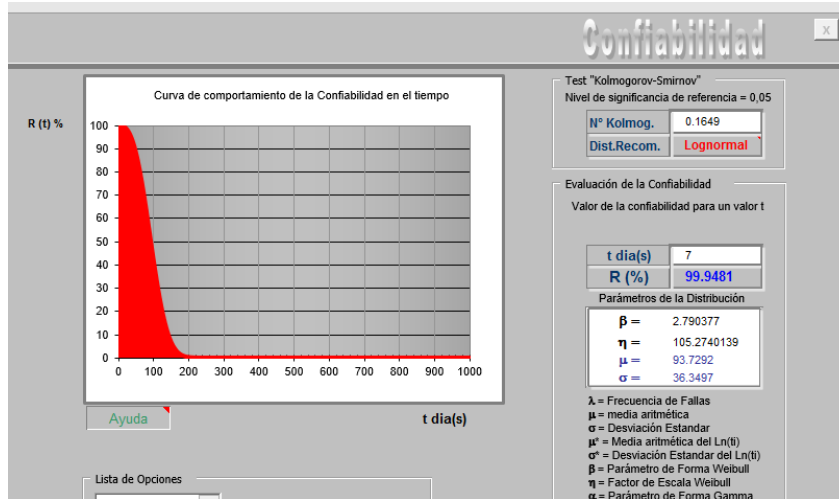


Figura 6. Diagrama Weibull

Fuente: Elaboración Propia

- b) **Esterilización:** Se obtuvo una confiabilidad del 91% de efectividad al desarrollar el plan de mantenimiento preventivo.

Tabla 103. Falla crítica en el área de central de esterilización

			Frecuencia	Tiempo muerto (días)
Esterilización	Autoclaves	Falla de empaquetadura de puerta.	2	7

Fuente: Elaboración Propia

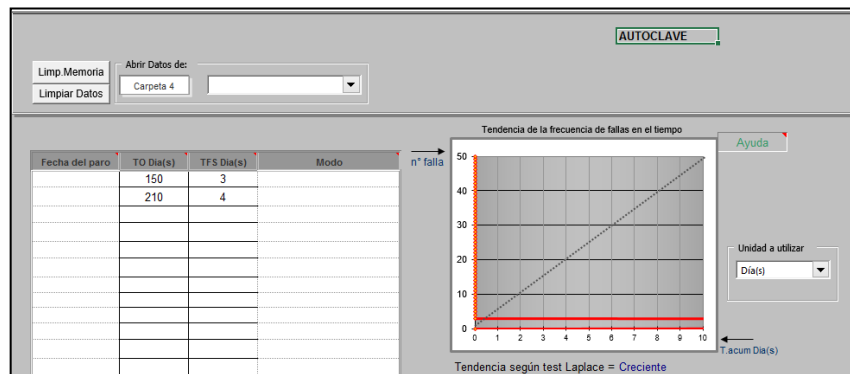


Figura 7. Calculo de Frecuencia de Fallas

Fuente:Elaboración Propia

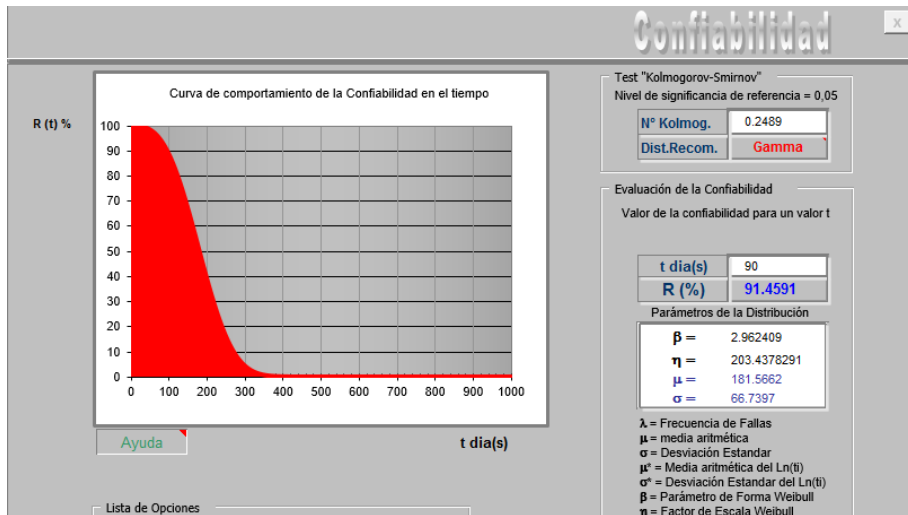


Figura 8. Diagrama Weibull

Fuente: Elaboración Propia

- c) Lavandería: Se obtuvo como resultado 87 % de probabilidad que el equipo de lavandería al seguir las actividades del plan propuesto no falle.

Tabla 104. Falla crítica en el área de lavandería

			Frecuencia	Tiempo de Reparación
Lavandería	Lavadora	Eje principal de lavadoras, desgaste de rodamiento.	1	24

Fuente: Elaboración Propia

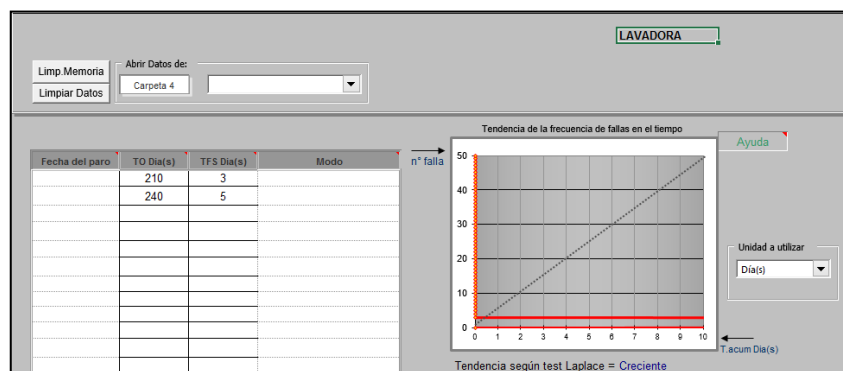


Figura 9. Calculo de Frecuencia de Fallas

Fuente: Elaboración Propia

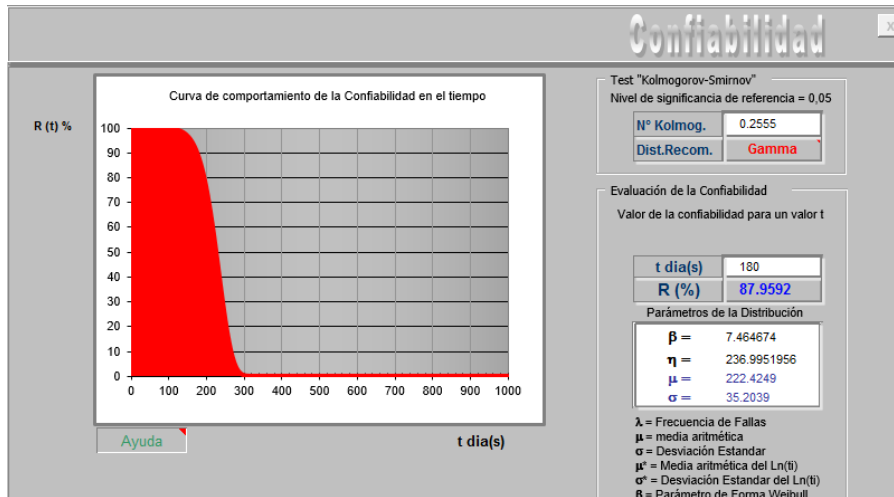


Figura 10. Diagrama Weibull

Fuente: Elaboración Propia

- d) Cocina: Al calcular el diagrama Weibull se obtuvo una confiabilidad del 75% de probabilidad que no falle los equipos con el desarrollo del plan de mantenimiento propuesto

Tabla 105. Falla crítica en el área de cocina

			Frecuencia	Tiempo muerto (días)
Cocina	Marmita	Falla de repuestos como: válvulas de seguridad, empaquetadura.	3	3

Fuente: Elaboración Propia

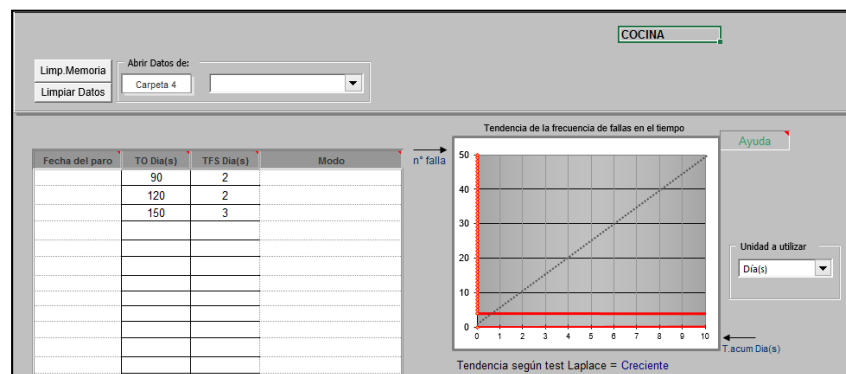


Figura 11. Frecuencia de Fallas

Fuente: Elaboración Propia

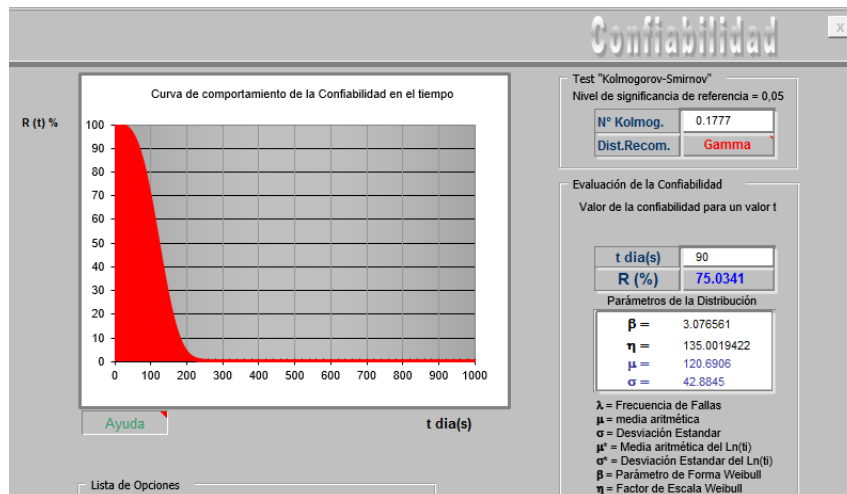


Figura 12. Diagrama Weibull

Fuente: Elaboración Propia

3.3. Análisis de costo beneficio

La propuesta del plan de mantenimiento preventivo que se ha planteado para el Hospital Regional Lambayeque, su importancia radica en que la institución no contaba con un programa de mantenimiento preventivo, por lo tanto el beneficio que dará este es el de reducir las paradas de equipos, los cuales causan problemas en las áreas de esterilización, lavandería y cocina; y mejorará el funcionamiento y la durabilidad de la maquinaria, teniendo como resultado una mayor eficiencia en los procesos y un desempeño óptimo en el hospital.

Además, este plan de mantenimiento ayudara a minimizar el porcentaje de fallas que se pueden dar en el funcionamiento de las instalaciones, y a su vez disminuir el costo de reparación y mantenimiento de la maquinaria, reduciendo notablemente los tiempos muertos.

Para realizar el desarrollo de este objetivo se inició calculando costos fijos para la implementación del plan de mantenimiento preventivo con una lista de ítems fijos mínimos requeridos para la instalación de este. (Tabla 94)

Se realizó el presupuesto de la mano de obra según el plan de mantenimiento propuesto de acuerdo a la duración de mantenimiento que requería de las áreas del sistema de vapor y usuarias, dando como resultado el costo del mismo. (Tabla 95)

Además, se ha considerado un listado de herramientas que se emplearían en el desarrollo del plan. (Tabla 96)

Tabla 106. Lista de costos fijos de la implementación del plan anual de mantenimiento preventivo HRL 2017

Ítems fijos	Costo unitario (S/)	Cantidad (und)	Sub Total
Organizador para “registros y formatos de mantenimiento”	500	1	500
Papel bond A4	10	12	120
Articulos varios de oficina Lápices, borradores, etc.	100	1	100
		Total	720

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 107. Presupuesto de costo del plan de mantenimiento preventivo

Área		Frecuencia	Duración de mantenimiento (horas)	Costo hora/hombre	Sub Total
Sistema de vapor		Diario / semanal	3.63	8.43	S/ 30.60
		Trimestral	27.32	8.43	S/ 230.31
		Semestral	27.32	8.43	S/ 230.31
Cocina		Trimestral	5.00	8.43	S/ 42.15
Esterilización		Trimestral	16.66	8.43	S/ 140.44
Lavandería	Lavadora	Trimestral	32.10	8.43	S/ 270.60
		Semestral	19.00	8.43	S/ 160.17
	Secadora	Semestral	21.30	8.43	S/ 179.56
	Calandria	Semestral	18.41	8.43	S/ 155.20
	Prensa	Semestral	8.50	8.43	S/ 71.66
Total					S/ 1,510.99

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 108. Lista de costos posibles herramientas utilizadas para la implementación del plan anual de mantenimiento preventivo

N°	Descripción	Medidas	Cantidad	Costo unitario (S/)	Sub Total
1	Aceitero	125 cc	1	41	41.00
2	Alicates		2	49	98.00
3	Arco de sierra		2	51	102.00
4	Brochas		2	3	6.00
5	Cepillo de cerdas de acero		2	9	18.00
6	Discos de corte y desbaste	4" x 1/4" x 7/8"	2	48	96.00
7	Electrodos por libra	6011 6013	1	14	14.00
8	Entenalla		2	149	298.00
10	Esmeril		1	243	243.00
11	Extractor de rodamientos		2	122	244.00
12	Franelas		2	3	6.00
13	Granete		2	8	16.00
14	Juego de llave ajustable		1	308	308.00
15	Juego de llave doble boca	36 a 50 mm	1	586	586.00
16	Juego de llaves hexagonales	6 a 15 mm	1	41	41.00
18	Juego hexagonales tipo allen		1	151	151.00
19	Juego de bandeadores y machuelos	2"-11/2" - 10 a 20 mm	1	474	474.00
20	Juego de brocas	6 - 14 mm	1	69	69.00
21	Juego de dados	10 - 30 mm	1	176	176.00
22	Juego de limas (redonda y triangular)	Fina, medio	2	35	70.00
23	Llave de tubo		1	135	135.00
	Total				3380

Tabla 109. Resumen de Costos para la Implementación del plan de Mantenimiento Preventivo - HRL

	Costo (S/)
Mano de obra	1 510,99
Artículos de oficina	720
Herramientas	3 380
Materiales	46.3
Total	S/ 5 657,29

Fuente: Elaboración Propia

Al realizar la suma final de todos los costos requeridos, se obtiene como costo para la implementación del plan la cifra de S/ 5 657,29. A primera vista un número reducido ya que se aplicará un mantenimiento preventivo. Al comparar los costos de la situación actual se observa que hay una notable diferencia esto ocurre ya que actualmente las áreas de mantenimiento del Hospital Regional Lambayeque emplean mantenimiento correctivo.

Finalmente se aprecia que si aplicamos el plan de mantenimiento preventivo propuesto se generara un ahorro del 81,19%, esto quiere que los costos se reducirán a un 19,2%; cifra bastante considerable para apostar por el desarrollo de este.

Tabla 99. Comparación de situaciones

	Costo (S/.)
Situación Actual	26639.82
Situación Propuesta	5 657,29
Ahorro	S/ 20 982.53

AHORRO	80.19%
---------------	--------

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Después de realizar el plan de mantenimiento preventivo se obtuvieron los siguientes resultados; como disponibilidad: 99,97%, rendimiento: 99,43% y calidad: 99,97%, generando un indicador propuesto OEE de 95,24%.
- A partir de la evaluación del diagnóstico realizado al Hospital Regional Lambayeque en materia de mantenimiento se determinó los indicadores actuales OEE, obteniendo como resultado un índice de disponibilidad de 90%, de rendimiento del 89% y de calidad del 99.96% generando un resultado de 80.75%.
- Utilizando las herramientas OEE y los 5 porqués se determinó que los equipos críticos del sistema de vapor del HRL son el final de línea en el caldero, en el área de central de esterilización; la autoclave, en el área de lavandería, la lavadora y finalmente en el área de cocina, la marmita, cuyos indicadores OEE REDIMIENTO DISPONIBILIDAD Y CALIDAD aumentaron en promedio un 15,30%. El plan de mantenimiento preventivo propuesto fue verificado con el método de Weibull.
- Los resultados del plan de mantenimiento preventivo propuesto indican que para la implementación del mismo se requieren S/ 5 011.64 al año, lo cual conlleva a un ahorro de S/ 20 982,53 por lo tanto el costo beneficio es de 1,23 lo cual nos indica que por cada sol que invierte el plan de mantenimiento el beneficio será de 0,23 nuevos soles.

4.2. RECOMENDACIONES

- Disponer el Plan de mantenimiento preventivo en un lugar accesible para el personal, de forma que pueda ser ejecutado de acuerdo a lo planificado y en la periodicidad esperada, así como capacitar al personal sobre la lectura y ejecución del mismo.
- Es importante que la Unidad de Mantenimiento se responsabilice de actualizar el plan de mantenimiento preventivo, cuando el Hospital adquiriera nuevos equipos, de manera de que se continúe fomentando la importancia del mantenimiento y garantizar la calidad de atención al paciente.
- Dar seguimiento a los Indicadores, realizar reportes mensualmente de cada uno de ellos y anualmente realizar una evaluación integral para contar con un histórico de la evolución. Estos reportes deben ser discutidos en reuniones con las áreas involucradas con el fin de autoevaluarse y tomar medidas pertinentes de mejora.
- Es necesario que la Unidad de Mantenimiento desarrolle rutinas predictivas para los equipos de la planta, de manera de optimizar los costos del mantenimiento preventivo, dando seguimiento y monitoreo a determinados parámetros operativos de las máquinas y evaluar si es necesaria una intervención.
- La Unidad de Mantenimiento deberá implementar una gestión del mantenimiento asistido por computador, el cual permitirá un control más eficiente de la gestión del mantenimiento preventivo de los equipos e instalaciones, registrará el número de fallas, controlará el stock de repuestos y programará las tareas de limpieza, revisión, inspección y lubricación.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] R. Chávez y O. Testa, “Diseño del plan de mantenimiento preventivo del área de calderas del Hospital Regional de Santiago Pinotepa Nacional”, *Foro de Estudios sobre Guerrero*, vol. 2, no. 3, pp. 244-249, 2016 [En línea]. Disponible en: http://www.fesgro.mx/journal/articulos/037%20Rances_Chav%C3%A9z_Garc%C3%ADan.pdf [Accedido: 22-04-2020]
- [2] D. Sepúlveda, J. Ramírez, O. Roldán y G. Vásquez, “Determinación Del Nivel De Seguridad En Calderas Piro tubulares, Mediante La Aplicación Del Software Socal”, *Global Journal of Researches in Engineering:J*, vol. 18, no. 5, pp. 38-41, 2018 [En línea]. Disponible en: <https://www.engineeringresearch.org/index.php/GJRE/article/view/1870/1801> [Accedido: 22-04-2020]
- [3] R. Jiménez, J. Madrigal, M. Lapido y D. Vidal, “Método para la evaluación de la eficiencia e impacto ambiental de un generador de vapor”, *Ingeniería Energética*, vol. 37, no. 2, pp. 135-144, 2016 [En línea]. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rie/v37n2/rie07216.pdf> [Accedido: 22-04-2020]
- [4] C. Tamajón-Reyes y S. Mojicar-Caballero, “Análisis de fallos: el caso de calderas piro tubulares y su impacto ambiental”, *Ciencia en su PC*, vol., no. 2, pp. 34-43, 2016 [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181349391005> [Accedido: 22-04-2020]
- [5] S. Nallusamy, V. Kumar, V. Yadav y U. Kumar, “Implementation of Total Productive Maintenance to Enhance the Overall Equipment Effectiveness in Medium Scale Industries”, *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development*, vol. 8, no. 1, 1027-1038, 2018 [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/322909200_Implementation_of_Total_Productive_Maintenance_to_Enhance_the_Overall_Equipment_Effectiveness_in_Medium_Scale_Industries [Accedido: 24-Mar-2020]

- [6] J. Pino, F. Hernández, M. Montesinos, M. Tellez, J. Gonzáles y Y. Cruz, “Importancia para el mantenimiento de elementos mecánicos y fallos en turbinas de vapor. Análisis de históricos”, *Ingeniería Energética*, vol. 38, no. 2, pp. 106-114, 2017 [En línea]. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rie/v38n2/rie05217.pdf> [Accedido: 22-04-2020]
- [7] R. Giza, y V. Rangel, “Metodología para determinar la eficiencia energética de calderas de baja potencia”, *Jóvenes en la ciencia*, vol. 3, no. 2, pp. 2628-2634, 2017 [En línea]. Disponible en: <http://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/2080/1572> [Accedido: 22-04-2020]
- [8] J. Flores, J. García y B. Rojas, “Optimización energética de una planta con instalaciones a vapor, mediante la variación de temperatura”, *Polo del Conocimiento*, vol. 5, no. 7, pp. 471-486, 2020 [En línea]. Disponible en: <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/1531/2846> [Accedido: 25-06-2020]
- [9] S. García, *Ingeniería de Mantenimiento. Guía práctica para la gestión del mantenimiento de instalaciones*. Madrid: Renovetec, 2015.
- [10] R. Díaz-Cazañas y E. De la Paz-Martínez, “Procedimiento para la planeación integrada Producción – Mantenimiento a nivel táctico”, *Ingeniería Industrial*, vol. 37, pp. 36-48, 2016 [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3604/360443665004.pdf> [Accedido: 22-04-2020]
- [11] O. García, *Gestión moderna del mantenimiento industrial: principios fundamentales*. Bogotá: Ediciones de la U, 2015.
- [12] C. Alavedra, Y. Gastelu, G. Méndez, C. Minaya, B. Pineda, K. Prieto, K. Ríos y C. Moreno, “Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2013”, *Ingeniería Industrial*, no. 34, pp. 11-26, 2016 [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3374/337450992001.pdf> [Accedido: 25-06-2020]

- [13] C. Boero, *Mantenimiento industrial*. Córdoba, Argentina: Editorial Científica Universitaria, 2012.
- [14] C. Alavedra, Y. Gastelu, G. Méndez, C. Minaya, B. Pineda, K. Prieto, K. Ríos y C. Moreno, “Análisis de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad (CMD) del sistema de reinyección de agua de formación”, *Revista Arbitrada Interdisciplinaria KOINONIA*, Vol. 5, no. 5, pp. 249-267, 2019 [En línea]. Disponible en: <https://fundacionkoinonia.com.ve/ojs/index.php/revistakoinonia/article/view/647> [Accedido: 25-06-2020]
- [15] L. Buenaño, W. Villagrán, y C. Santillán, “Utilización de la auditoría de mantenimiento y el análisis de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad (CMD) como herramientas para la identificación de problemas en la gestión de mantenimiento de locomotoras en empresas de ferrocarriles”, *Revista Científica de Ciencias económicas y empresariales*, Vol. 4, Edición Especial Diciembre 2019, pp. 171-198, 2019 [En línea]. Disponible en: <https://www.fipcaec.com/index.php/fipcaec/article/view/129/188> [Accedido: 11-05-2020]
- [16] A. Pistarelli, *Manual de Mantenimiento. Ingeniería, Gestión y Organización*, 2° Ed. Córdoba, Argentina: Editorial Alejandro Pistarelli, 2016.
- [17] C. Díaz, D. Catari C. Murga, G. Díaz, y V. Quezada, “Efectividad general de equipos (OEE) ajustados por costos”, *Interciencia*, vol. 45, No. 3, pp. 158-163, 2020 [En línea]. Disponible en: https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2020/03/05_6662_Com_Diaz_Contreras_v45n3_6.pdf [Accedido: 22-05-2020]
- [18] J. Castro, y E. Cendales, “Casos aplicados del análisis de causa raíz: revisión”, *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, vol. 29, pp. 95-134, 2019 [En línea]. Disponible en: <https://core.ac.uk/reader/267949280> [Accedido: 22-05-2020]

- [19] J. Poveda, y M. Guardiola, “Análisis de Causa Raíz. Técnicas y relación con los sistemas de gestión y las no conformidades”, *3C Tecnología. Glosa de innovación aplicadas a la pyme*, vol. 8, pp. 84-97, 2019 [En línea]. Disponible en: <http://ojs.3ciencias.com/index.php/3c-tecnologia/article/view/825> [Accedido: 22-05-2020]
- [20] J. Ovalles, V. Gisbert, y A. Pérez, “Herramientas para el análisis de Causa Raíz (ACR)”, *3C Empresa: investigación y pensamiento crítico*, Edición Especial, pp. 1-9, 2017 [En línea]. Disponible en: https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2018/01/art_1.pdf [Accedido: 12-11-2019]
- [21] R. Salazar, E. Rodríguez, I. López y A. Rojano, “Confiabilidad y análisis de fallas utilizando distribución Weibull”, *Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas 21 y 22 de Septiembre de 2017*, pp. 5-16 [En línea]. Disponible en: http://dicea.chapingo.mx/wp-content/uploads/2018/05/MEMORIA_MESA_1A_CONGRESO2017.pdf [Accedido: 11-02-2020]
- [22] M. Baro, M. Piña, J. Quiñonez, R. Romero, y J. Romero, “Índices de capacidad para la distribución Weibull”, *Cultura científica y tecnológica*, vol. 13, No. 59, pp. 1-18, 2016 [En línea]. Disponible en: <http://148.210.132.19/ojs/index.php/culcyt/article/view/1451> [Accedido: 22-05-2020]
- [23] E. Pérez, W. Santiago, J. Quiñonez, G. Rodríguez, E. Santiago y F. Ruiz, “Estimación de distribuciones diamétricas para *Pinus patula* con la función Weibull”, *Madera y Bosques*, vol. 25, No. 3, pp. 1-18, 2019 [En línea]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v25n3/2448-7597-mb-25-03-e2531626.pdf> [Accedido: 22-05-2020]
- [24] Gobierno Regional de Lambayeque, “Información Institucional”. *Hospital Regional de Lambayeque*, 2015 [En línea]. <https://www.regionlambayeque.gob.pe/web/informacion-institucional?m1=14533&pass=MTc0MDAw> [Accedido: 12-11-2019]

- [25] Hospital Regional de Lambayeque, “Plan Operativo Institucional 2017”. *Hospital Regional de Lambayeque*, 2017.
- [26] Hospital Regional de Lambayeque, “Guía de Operatividad de la Unidad de Mantenimiento”. *Hospital Regional de Lambayeque*, 2017.

VI. ANEXOS

Anexo 01: Tipos de equipos en el sistema de vapor

TIPO DE EQUIPOS POR SISTEMAS		ESPECIFICACIONES	N° EQUIPOS
CUARTO DE MAQUINAS - SISTEMA DE VAPOR Y RETORNO DE VAPOR		MARCA, MODELO Y AÑO DE FABRICACION	
1	CALDEROS PARA GENERACION DE VAPOR DE 80 BHP DE CAPACIDAD	Marca: CIMELCO - PERU Modelo: CH-80 Año de Fabric, : 2010	3
2	CABECERO DE VAPOR, EMBRIDADO, INCL, ACCESORIOS	Marca: INTERCAL SRL - PERU Modelo: NO INDICA Año de Fabric, : 2011	1
3	CHIMENEAS PARA CALDEROS	Marca: CIMELCO - PERU Características: 7,10 metros de longitud, 400 mm de diámetro, segmentada en 02 TRAMOS, fabricada en plancha de acero A36, de 4,5 mm de espesor, con bridas de ¼ de pulgada, acabado de pintura de alta temperatura, con su respectivo sombrero chino y cables viento, con sus respectivos templadores y accesorios de montaje Año de Fabric, : 2011	3
4	TANQUE DE CONDENSADO	Marca: TECNIGAS INGENIEROS - PERU Modelo: HORIZONTAL ESTACIONARIO, 2000 gln Año de Fabric, : 2011	1
5	CALENTADORES DE AGUA	Marca: EQUIPOS TERMICOS - PERU Modelo: SV, Pr, Vapor: 100 psi, Pr,Max,Trabajo: 70 psi, Capacidad: 4 Lts/Seg, Tem,Trabajo: 60 °C Año de Fabric, : Agosto - 2011	2
6	TANQUE VERTICAL DE AGUA CALIENTE (INC, ACCESORIOS DE INSTALACION)	Marca: EQUIPOS TERMICOS - PERU Modelo: TV, P,Trabajo: 70 psi, Temp,Oper,: 60 °C Capacidad: 1300 Gln, Material: Acero Inoxidable Año de Fabric, : Agosto - 2011	1
7	BOMBAS DE CALDEROS	Marca: GRUNDFOS Tipo: Bomba Vert, Mult, CR 3-12 Potencia: 3 HP	3

8	BOMBAS DE AGUA FRIA	Marca: GRUNDFOS Modelo: 4 Und, (A96503820P31117); 2 Und, (A96518027P31117), Potencia: 4 Und, (4,0 KW); 2 Und, (1,10 KW)	6
9	BOMBAS DE AGUA BLANDA	Marca: GRUNDFOS Modelo: A96503173117 Potencia: 3,00 KW	2
10	BOMBAS DE AGUA CALIENTE	Marca: FORAS Tipo: P5S-250/5T Potencia: 2,50 KW	2
11	ABLANDADOR AUTOMATICO M,PENTAIR, FILTRO MULTIMEDIA AUTOMATICO M,GE PENTAI	Marca: PENTAIR Tipo: Año de Fabric: 2010	1
12	SISTEMA CONTRA INCENDIO (Motobomba listado – Diesel de 100 HP; - Eletrobomba Jockey de 1,5 H,P; - Tanque de petróleo de uso diario de 180 Galones)		1
13	REDES Y ACCESORIOS: TUBERIAS, VALVULAS, ESTACIONES REDUCTORAS, FINALES DE LINEA, JUNTAS DE EXPANSION		1

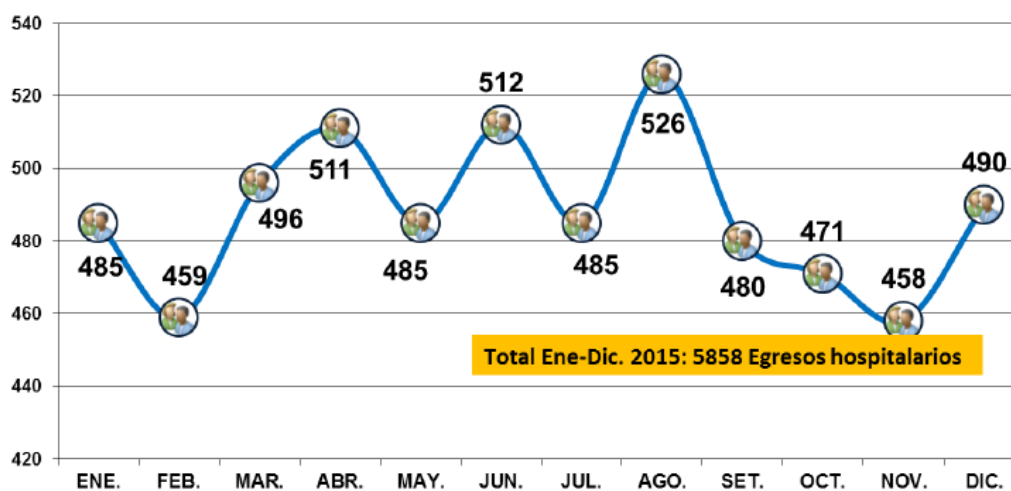
Fuente: Datos del Área de mantenimiento – Hospital Regional – Lambayeque

Anexo 02: Hospital Regional Lambayeque - Atendidos y Atenciones en consulta externa médica, año 2015

DETALLE	Nº
ATENDIDOS	33 291
ATENCIONES	108 954
ACUDEN AL HOSPITAL	
NUEVO	30 424
CONTINUADOR	75 663
REINGRESO	2 867
TOTAL ATENCIONES	108 954

FUENTE: Registro diario de atenciones y otras actividades de salud - HIS

Anexo 03: Hospital Regional Lambayeque – Egresos Hospitalarios Finales 2015



Fuente: Registro de ingresos y egresos - HRL

Anexo 04: Hospital Regional Lambayeque – Pacientes Intervenido Quirúrgicamente

AÑO 2015	PACIENTES INTERVENIDOS		
	TOTAL	ELECTIVAS	EMERGENCIA
Enero	303	127	176
Febrero	252	127	125
Marzo	313	170	143
Abril	275	124	151
Mayo	266	119	147
Junio	319	168	151
Julio	319	170	149
Agosto	358	190	168
Setiembre	228	77	151
Octubre	231	84	147
Noviembre	247	78	169
Diciembre	218	34	184
TOTAL	3329	1468	1861

Fuente: Registro Centro quirúrgico – HRL

Anexo 05. Manual de Funciones del Área de Electromecánica

a) Denominación del cargo: responsable del área electromecánica

Funciones específicas:

- a) **Mantener la confiabilidad de los equipos eléctricos de media y baja tensión**, a través de una Planificación y Programación del Mantenimiento Preventivo al Transformix, Celdas de Transformación, Transformadores de Potencia y Sub estación eléctrica.
- b) **Elaboración del Programa de Ahorro Energético**, con la finalidad de obtener ahorros en costos de mantenimiento, además de lograr un buen impacto económico.
- c) **Elaboración de planes de Contingencia**, ante una sobre carga eléctrica por parte de la concesionaria y del usuario mismo pudiendo ocurrir el quemado de equipos eléctricos y Biomédicos, reduciendo los tiempos de parada.
- d) **Cambio de equipos**, mediante la programación de actividades de cambio de equipos antiguos por modernos que proporcionen mejor rendimiento, menor consumo, mayor tiempo de vida y en su mayoría automatizables.
- e) **Elaboración y Supervisión mediante HOJA DE RUTA**, el área de Ingeniería ha elaborado una hoja de ruta donde los técnicos diariamente hacen su recorrido verificando todos los equipos eléctricos de baja, media y alta complejidad con la finalidad de saber que el voltaje con que es alimentado sea el requerido para su óptimo funcionamiento.
- f) **Presupuesto anual de mantenimiento para el área eléctrica**, se realiza la programación anual planificando el costo por mantenimientos Preventivos, Correctivos de los equipos, además de cálculo de insumos a utilizar ante una ampliación de carga eléctrica en los diferentes ambientes.
- g) **Cálculo de Carga Instalada y Máxima Demanda:** Ante el requerimiento de ampliación de algunos ambientes e instalaciones de nuevos equipos electromecánicos y biomédicos, los cuales requieren de cierta Carga Instalada para la alimentación de estos en función del balance de cargas eléctricas en los tableros de distribución. Todas estas modificaciones se insertan en el plano de instalaciones eléctricas.
- h) El Ingeniero Electromecánico tiene bajo su Responsabilidad el Manejo del Área de Equipos Electromecánicos, la cual está encargada de Supervisar las Labores de Instalación, Mantenimientos Preventivos, Predictivos y Correctivos de los Equipos Electromecánicos existentes en la Institución.
- i) Así mismo el Ingeniero Responsable del Área Electromecánica desarrollara los Programas de Mantenimientos que garanticen un adecuado funcionamiento de los Equipos Electromecánicos Identificando el Nivel de Criticidad de los mismos.

- j) Supervisara labores Técnicas de Mantenimientos Correctivos, Predictivos y Preventivos de Instalaciones y Equipos Electromecánicos de mediana y baja complejidad.
- k) Realizara Inventarios Especializados de los Sistemas y Equipos Electromecánicos de la Institución.
- l) El Ingeniero Responsable del Área Electromecánica Velara por el cuidado y Mantenimiento de los ambientes y Equipos Electromecánicos.
- m) Inspeccionara y controlara los Sistemas de Suministro de Vapor, GLP, Oxígeno y Aire Acondicionado.
- n) El Ingeniero Responsable del Área Electromecánica realizara los procedimientos necesarios que sirvan para coordinar las actividades relacionadas con el personal, materiales de trabajo, costos, información, repuestos, la supervisión y los suministros.
- o) Determinará las acciones necesarias a seguir para perfeccionar el mantenimiento y comprobar la utilización correcta del Equipo Electromecánico con la Máxima Economía.
- p) Las demás funciones las asignará el jefe inmediato.

b) Denominación del cargo: técnico en electricidad turno mañana.-

Funciones específicas:

- a) **Cumplimiento De Hoja De Ruta:** mediante su recorrido por todas los ambientes de la institución verifica el buen funcionamiento de los equipos eléctricos: UPS, Estabilizadores de Tensión, Grupos Electrónicos, Transformadores de Potencia, además se verifica la Energía Estabilizada, Energía Normal y Fuerza de Sala de Operaciones, Paneles de Emergencia, Todas las UCI y Central de Esterilización; a su vez contrastan todos estos voltajes con la planta eléctrica (Sub Estación).
- b) **Ejecutar programa de ahorro energético:** se encarga de hacer cumplir dicho programa en las diferentes instalaciones de nuestra institución buscando mejorar la productividad de las mismas.
- c) **Cumplimiento De Plan De Contingencia:** personal capacitado para afrontar cualquier tipo de contingencia ante el mal funcionamiento de los equipos eléctricos del hospital.
- d) **Acondicionamiento de ambientes:** Ante la ampliación de nuevos ambientes e instalación de nuevos equipos se realiza modificaciones en los circuitos y cableado eléctricos.

- e) **Ejecución De Mantenimientos:** Cumplen con responsabilidad y capacidad de todos los mantenimientos preventivos y correctivos de los distintos equipos programados según plan de mantenimiento anual.
 - f) **Instalación de equipos:** Realizan cambio de equipos de luminarias de ser necesario, para mejorar la potencia, iluminación y mayor tiempo de vida.
 - g) Las demás funciones las asignará el jefe inmediato.
- c) **Denominación del cargo: técnico en electricidad turno tarde.-**

Funciones específicas:

- a) **Cumplimiento De Hoja De Ruta:** mediante su recorrido por todas los ambientes de la institución verificando el buen funcionamiento de los equipos eléctricos: UPS, Estabilizadores de Tensión, Grupos Electrónicos, Transformadores de Potencia, además se verifica la Energía Estabilizada, Energía Normal y Fuerza de Sala de Operaciones, Paneles de Emergencia, Todas las UCI y Central de Esterilización; a su vez contrastan todos estos voltajes con la planta eléctrica (Sub Estación).
 - b) **Ejecutar programa de ahorro energético:** se encarga de hacer cumplir dicho programa en las diferentes instalaciones de nuestra institución buscando mejorar la productividad de las mismas.
 - c) **Cumplimiento De Plan De Contingencia:** personal capacitado para afrontar cualquier tipo de contingencia ante el mal funcionamiento de los equipos eléctricos del hospital.
 - d) **Acondicionamiento de ambientes:** Ante la ampliación de nuevos ambientes e instalación de nuevos equipos se realiza modificaciones en los circuitos y cableado eléctricos.
 - e) **Ejecución De Mantenimientos:** Cumplen con responsabilidad y capacidad de todos los mantenimientos preventivos y correctivos de los distintos equipos programados según plan de mantenimiento anual.
 - f) **Instalación de equipos:** Realizan cambio de equipos de luminarias de ser necesario, para mejorar la potencia, iluminación y mayor tiempo de vida.
 - g) Las demás funciones las asignará el jefe inmediato.
- d) **Denominación del cargo: técnico calderista turno mañana.-**

Funciones específicas:

- a) Operación y Mantenimiento de Equipos Calderos de 80 BHP a Gas GLP.
- b) Operación y Mantenimiento del Sistema de Generación de Agua Caliente (Calentadores de Agua).
- c) Operación y Mantenimiento de Sistema de Ablandamiento de Agua.
- d) Operación y Mantenimiento de Sistema de Agua Contraincendios (Bomba Contra incendio y Redes).
- e) Mantenimiento y/o Conservación del Cuarto de Maquinas.
- f) Mantenimiento de redes de Vapor (Redes de Vapor y Retorno de Condensado, Estaciones Reductoras de Presión, Finales de Linea; Válvulas y Accesorios).
- g) Mantenimiento de Equipo Incinerador Pirolítico de 100 KG/H.
- h) Mantenimiento de Equipos Esterilizadores a Vapor (Autoclaves).
- i) Mantenimiento de Equipos de Cocina y Lavandería.
- j) Operación y mantenimiento de Centrales y Redes de Gases Medicinales (Oxígeno, Vacío y Aire Comprimido) y Redes de GLP.
- k) Las demás funciones las asignará el jefe inmediato.

e) Denominación del cargo: técnico calderista turno mañana .-

Funciones específicas:

- a) Operación y Mantenimiento de Equipos Calderos de 80 BHP a Gas GLP.
- b) Operación y Mantenimiento del Sistema de Generación de Agua Caliente (Calentadores de Agua).
- c) Operación y Mantenimiento de Sistema de Ablandamiento de Agua.
- d) Operación y Mantenimiento de Sistema de Agua Contra incendio (Bomba Contra incendio y Redes).
- e) Mantenimiento y/o Conservación del Cuarto de Maquinas.
- f) Mantenimiento de redes de Vapor (Redes de Vapor y Retorno de Condensado, Estaciones Reductoras de Presión, Finales de Linea; Válvulas y Accesorios).
- g) Mantenimiento de Equipo Incinerador Pirolítico de 100 KG/H.
- h) Mantenimiento de Equipos Esterilizadores a Vapor (Autoclaves).
- i) Mantenimiento de Equipos de Cocina y Lavandería.
- j) Operación y mantenimiento de Centrales y Redes de Gases Medicinales (Oxígeno, Vacío y Aire Comprimido) y Redes de GLP.
- k) Las demás funciones las asignará el jefe inmediato.

f) Denominación del cargo: técnico calderista turno tarde .-

Funciones específicas:

- a) Operación y Mantenimiento de Equipos Calderos de 80 BHP a Gas GLP.

- b) Operación y Mantenimiento del Sistema de Generación de Agua Caliente (Calentadores de Agua).
- c) Operación y Mantenimiento de Sistema de Ablandamiento de Agua.
- d) Operación y Mantenimiento de Sistema de Agua Contra incendio (Bomba Contra incendio y Redes).
- e) Mantenimiento y/o Conservación del Cuarto de Maquinas.
- f) Mantenimiento de redes de Vapor (Redes de Vapor y Retorno de Condensado, Estaciones Reductoras de Presión, Finales de Linea; Válvulas y Accesorios).
- g) Mantenimiento de Equipo Incinerador Pirolítico de 100 KG/H.
- h) Mantenimiento de Equipos Esterilizadores a Vapor (Autoclaves).
- i) Mantenimiento de Equipos de Cocina y Lavandería.
- j) Operación y mantenimiento de Centrales y Redes de Gases Medicinales (Oxígeno, Vacío y Aire Comprimido) y Redes de GLP.
- j) Las demás funciones las asignará el jefe inmediato.

g) Denominación del cargo: técnico calderista turno tarde .-

Funciones específicas:

- a) Operación y Mantenimiento de Equipos Calderos de 80 BHP a Gas GLP.
- b) Operación y Mantenimiento del Sistema de Generación de Agua Caliente (Calentadores de Agua)
- c) Operación y Mantenimiento de Sistema de Ablandamiento de Agua.
- d) Operación y Mantenimiento de Sistema de Agua Contra incendio (Bomba Contra incendio y Redes).
- e) Mantenimiento y/o Conservación del Cuarto de Maquinas.
- f) Mantenimiento de redes de Vapor (Redes de Vapor y Retorno de Condensado, Estaciones Reductoras de Presión, Finales de Linea; Válvulas y Accesorios).
- g) Mantenimiento de Equipo Incinerador Pirolítico de 100 KG/H.
- h) Mantenimiento de Equipos Esterilizadores a Vapor (Autoclaves).
- i) Mantenimiento de Equipos de Cocina y Lavandería.
- j) Operación y mantenimiento de Centrales y Redes de Gases Medicinales (Oxígeno, Vacío y Aire Comprimido) y Redes de GLP.
- k) Las demás funciones las asignará el jefe inmediato.

h) Denominación del cargo: técnico calderista turno noche .-

Funciones específicas:

- a) Operación y Mantenimiento de Equipos Calderos de 80 BHP a Gas GLP.
- b) Operación y Mantenimiento del Sistema de Generación de Agua Caliente (Calentadores de Agua).

- c) Operación y Mantenimiento de Sistema de Ablandamiento de Agua.
- d) Operación y Mantenimiento de Sistema de Agua Contra incendio (Bomba Contra incendio y Redes).
- e) Mantenimiento y/o Conservación del Cuarto de Maquinas.
- f) Mantenimiento de redes de Vapor (Redes de Vapor y Retorno de Condensado, Estaciones Reductoras de Presión, Finales de Línea; Válvulas y Accesorios).
- g) Mantenimiento de Equipo Incinerador Piro lítico de 100 KG/H.
- h) Mantenimiento de Equipos Esterilizadores a Vapor (Autoclaves).
- i) Mantenimiento de Equipos de Cocina y Lavandería.
- j) Operación y mantenimiento de Centrales y Redes de Gases Medicinales (Oxígeno, Vacío y Aire Comprimido) y Redes de GLP.
- k) Las demás funciones las asignará el jefe inmediato.

i) **Denominación del cargo: técnico en refrigeración y aire acondicionado turno mañana.**

funciones específicas:

- a) Operación y Mantenimiento de Sistema Integrado de Aire Acondicionado (Planta de Agua Helada, Unidades Manejadoras y Recuperadoras de Aire, Unidades de Ventilación con Enfriamiento Evaporativo, Extractores de Aire, Equipos de Aire Acondicionado de Precisión, Equipos de Aire Acondicionado Decorativos, Cajas de Volumen Variable).
- b) Mantenimiento de Redes (Ducterías y tuberías de Agua), Difusores de Aire (Rejillas de Inyección), Thermofuser y Rejillas de Extracción.
- c) Operación y Mantenimiento de Cámaras Frigoríficas (Cámaras de Conservación y Congelamiento).
- d) Mantenimiento de Equipos de Refrigeración (Refrigeradoras, Congeladoras, Cámaras de Cadáveres, etc.).
- d) Operación y mantenimiento de Centrales y Redes de Gases Medicinales (Oxígeno, Vacío y Aire Comprimido) y Redes de GLP.
- e) Las demás funciones las asignará el jefe inmediato.

j) Denominación del cargo: técnico en refrigeración y aire acondicionado turno tarde.

Funciones específicas:

- Operación y Mantenimiento de Sistema Integrado de Aire Acondicionado (Planta de Agua Helada, Unidades Manejadoras y Recuperadoras de Aire, Unidades de Ventilación con Enfriamiento Evaporativo, Extractores de Aire, Equipos de Aire Acondicionado de Precisión, Equipos de Aire Acondicionado Decorativos, Cajas de Volumen Variable).
- Mantenimiento de Redes (Ducterías y tuberías de Agua), Difusores de Aire (Rejillas de Inyección), Thermofuser y Rejillas de Extracción.
- Operación y Mantenimiento de Cámaras Frigoríficas (Cámaras de Conservación y Congelamiento).
- Mantenimiento de Equipos de Refrigeración (Refrigeradoras, Congeladoras, Cámaras de Cadáveres, etc.).
-
- Operación y mantenimiento de Centrales y Redes de Gases Medicinales (Oxígeno, Vacío y Aire Comprimido) y Redes de GLP.
- Las demás funciones las asignará el jefe inmediato.

k) Denominación del cargo: técnico en refrigeración y aire acondicionado turno noche.

Funciones específicas:

- Operación y Mantenimiento de Sistema Integrado de Aire Acondicionado (Planta de Agua Helada, Unidades Manejadoras y Recuperadoras de Aire, Unidades de Ventilación con Enfriamiento Evaporativo, Extractores de Aire, Equipos de Aire Acondicionado de Precisión, Equipos de Aire Acondicionado Decorativos, Cajas de Volumen Variable).
- Mantenimiento de Redes (Ducterías y tuberías de Agua), Difusores de Aire (Rejillas de Inyección), Thermofuser y Rejillas de Extracción.
- Operación y Mantenimiento de Cámaras Frigoríficas (Cámaras de Conservación y Congelamiento).
- Mantenimiento de Equipos de Refrigeración (Refrigeradoras, Congeladoras, Cámaras de Cadáveres, etc.).
- Operación y mantenimiento de Centrales y Redes de Gases Medicinales (Oxígeno, Vacío y Aire Comprimido) y Redes de GLP.

Las demás funciones las asignará el jefe inmediato.

Anexo 06: Procedimiento Mantenimiento Preventivo

UNIDAD ORGÁNICA: OFICINA DE ADMINISTRACIÓN

CÓDIGO: HRL- 016

1.0 NOMBRE DEL PROCEDIMIENTO

Requerimiento de servicio de mantenimiento preventivo y correctivo a todo costo de Equipos Medicos.

2.0 FINALIDAD

Este procedimiento sirve para describir el Mantenimiento Preventivo y Correctivo de equipos médicos y requieren ser atendidos por Servicios de Terceros.

3.0 BASE LEGAL

- a) LEY 27658 "Ley Marco de Modernización del Estado"
- a) R.M N° 148-2013/MINSA, que aprueba documentos técnicos " Lineamientos para la Elaboración del Plan de Mantenimiento de Equipos Médicos".

4.0 REQUISITOS

- a) Contratación de empresa especialista en el campo que corresponda.
- b) Contar con el Personal capacitado adecuadamente para realizar la supervisión de las actividades realizadas por terceros.

5.0 ETAPAS

La secretaria recepciona las solicitudes de Trabajo de Mantenimiento o reparación de equipos.

- a) El jefe de la Unidad de Mantenimiento y Servicios Generales recepciona la solicitud para efectuar el mantenimiento.
- a) El ingeniero Biomédico procede a la evaluación del equipo y las actividades a realizar.
- b) El ingeniero Biomédico elabora el informe Técnico y el Requerimiento de Mantenimiento Preventivo y Correctivo correspondiente, con la finalidad de contratar servicios de terceros; y hace llegar al Jefe de Mantenimiento y Servicios Generales.
- c) El Jefe de Mantenimiento y Servicios Generales envía el Informe y Requerimiento de Mantenimiento Preventivo y Correctivo a la Oficina de Administración para la contratación de servicios de terceros.
- d) El Comité designado con acto resolutivo para el proceso otorga la buena pro.
- e) El Jefe de la Unidad de Mantenimiento y Servicios Generales verifica el cumplimiento de requisitos necesarios imprescindibles para la realización de trabajo: EPPs, SCTR y otros aplicables.
- f) El Jefe de la Unidad de Mantenimiento y Servicios Generales efectúa el seguimiento de cumplimiento de trabajo según cronograma propuesto por contratista.
- g) El Jefe de la Unidad de Mantenimiento y Servicios Generales y el área usuaria suscriben el Acta de Conformidad de recepción servicios solicitados.

6.0 INSTRUCCIONES

- a) Inicio del Procedimiento solicitante : Área

- b) Culminación del Procedimiento
Unidad de Servicios Generales y

Mantenimiento

7.0 DURACION

16 días hábiles.

8.0 FORMULARIOS

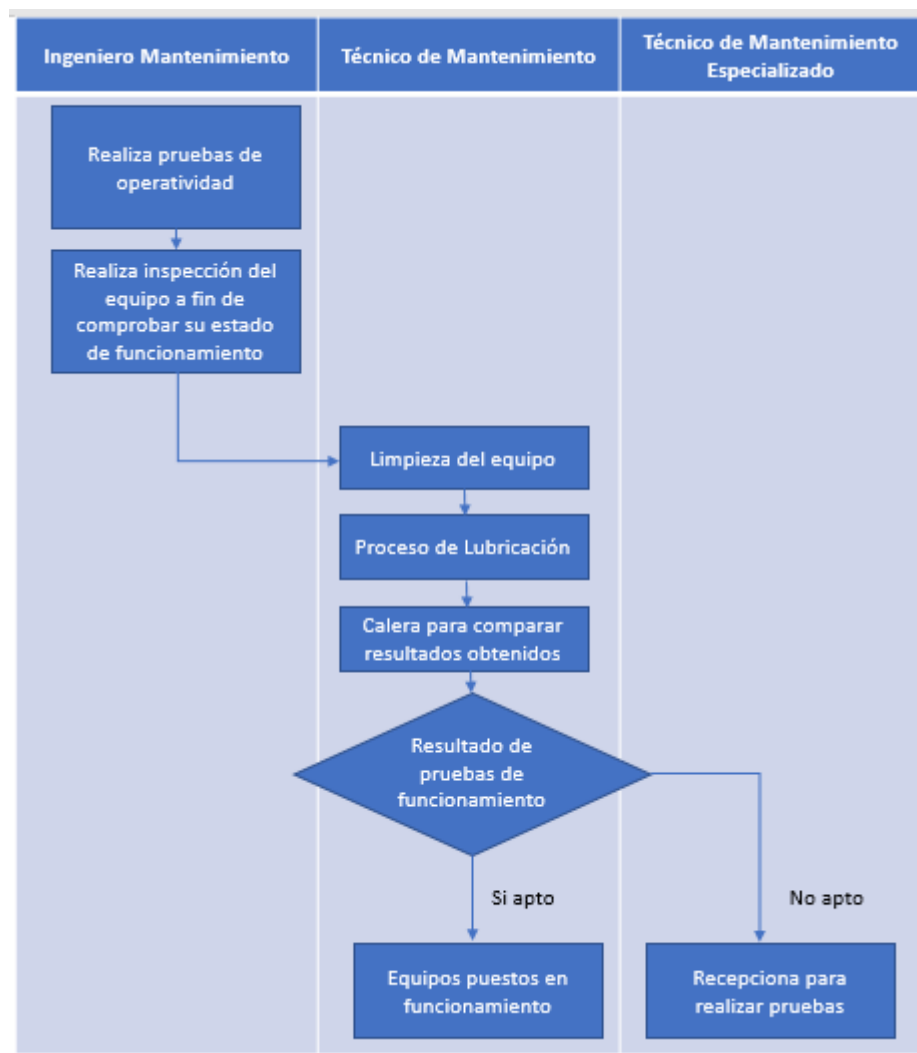
- a) Documento de Inicio del Procedimiento :OTM(Orden de Trabajo de Mantenimiento)
- b) Documento de Termino del Procedimiento: Acta de conformidad

09.0 APLICABILIDAD

Hospital Regional Lambayeque.

10.0 DIAGRAMACIÓN

- a) Diagrama de flujo del procedimiento (DF).



Anexo 07. Orden de trabajo de mantenimiento

HOSPITAL REGIONAL LAMBAYEQUE		N°	Dia/Mes/Año		
ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO					
AREA USUARIA		UBIACION FISICA		TELEFONO	
DENOMINACION DEL EQUIPO O INSTALACION		MARCA	MODELO	SERIE	CODIGO
DESCRIPCIÓN DE LA FALLA DE PRESENTACIÓN / DEFECTO / FUNCIONAMIENTO					
FIRMA Y SELLO DEL SOLICITANTE		FECHA DE SOLICITUD		FIRMA Y SELLO DEL SOLICITANTE	
DIAGNOSTICO TÉCNICO			PRIORITY		
RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO	FECHA DE MANTENIMIENTO	TIPO DE ATENCION	MUY URGENTE <input type="checkbox"/>		
		R. PROPIO <input type="checkbox"/>	URGENTE <input type="checkbox"/>		
		S. CONTRATADO <input type="checkbox"/>	PROGRAMABLE <input type="checkbox"/>		
DESCRIPCION DEL TRABAJO					
FECHA INICIO		FECHA TERMINO		GARANÍA DEL SERVICIO	
COSTO DEL MANTENIMIENTO					
RECOMENDACIONES DE USO Y MANTENIMIENTO					

Anexo 08. Inspección de máquina

INSPECCION RUTINARIA DE CALDEROS DE 80 BHP - MARCA CIMELCO																			
MES/AÑO																			
DIA	FECHA	TURNO	N° DE CALDERA A OPERAR	HORA DE INICIO Y CONTROL	PRESION DE ENTRADA DE GLP (IN H2O)	PRESION INICIAL DE CALDERA (PSI)	PRESION DE CARGA DE CALDERA (PSI)	T° INICIAL DE CALDERA (°C)	T° DE CARGA CALDERA (°C)	PRESION INICIAL DE CABECERO (PSI)	CHEQUEO DE CALIDAD DE AGUA DE ALIMENT.	CAMBIO DE AGUA DE TANQUE DE COND.	PURGA Y CAMBIO DE AGUA DE CALDERA	CHEQUEO DE ALIMENTACION ELECTRICA	CHEQUEO DE FUNC. QUEMADOR	CHEQUEO DE BOMBA DE CALDERA	CHEQUEO DE VALVULAS DE SEGURIDAD	HORA FINAL DE FUNCION.	HORAS DE TRABAJO DIARIO
LUNES																			
MARTES																			
MIERCOLES																			
JUEVES																			
VIERNES																			
SABADO																			
DOMINGO																			
LUNES																			
MARTES																			
MIERCOLES																			
JUEVES																			
VIERNES																			
SABADO																			
DOMINGO																			
LUNES																			
MARTES																			
MIERCOLES																			
JUEVES																			
VIERNES																			
SABADO																			
DOMINGO																			
LUNES																			
MARTES																			
MIERCOLES																			
JUEVES																			
VIERNES																			
SABADO																			
DOMINGO																			

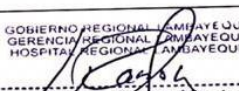
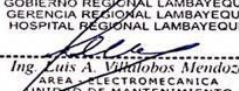

Anexo 09. Formatos de monitoreo

		REGISTRO DE MONITOREO			
AREA INSPECCIONADA		FECHA DE INSCRIPCION	RESPONSABLE DEL AREA DE INSPECCION	RESPONSABLE DE LA INSPECCION	
HORA DE LA INSPECCION		TIPOS DE INSPECCION			
		PLANEADA ()	NO PLANEADA ()	OTRO A DETALLAR ()	
OBJETIVO DE LA INSPECCION					
RESULTADO DE LA INSPECCION					
Indicar el nombre completo del personal que participo de la inspeccion					
DESCRIPCION DE LAS CAUSAS, ANTE RESULTADOS DESFAVORABLES DE LA INSPECCION					
CONCLUIONES Y RECOMENDACIONES					
Adjuntar: Lista de verificacion, en caso de ser necesario					
NOMBRE		CARGO	FECHA	FIRMA	

Anexo 10. Listado de expertos para determinar los planes de mantenimiento

**LISTADO DE EXPERTOS PARA DETERMINAR LOS PLANES DE MANTENIMIENTO DEL
HOSPITAL REGIONAL LAMBAYEQUE**

TITULO DE TESIS: "PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN INDICADORES OEE DEL SISTEMA DE VAPOR PARA LA REDUCCIÓN DE PARADAS DE EQUIPOS EN EL HOSPITAL REGIONAL LAMBAYEQUE"

CARGO	NOMBRE	DNI	FIRMA
COORDINADOR DE LA UNIDAD DE MANTENIMIENTO	Luis ALBERTO RAMOS MARTINEZ	41218036	GOBIERNO REGIONAL LAMBAYEQUE GERENCIA REGIONAL LAMBAYEQUE HOSPITAL REGIONAL LAMBAYEQUE  Ing. Luis A. Ramos Martinez UNIDAD DE MANTENIMIENTO
Coordinador del Area Electromecanica de la Unidad de Mantenimiento	Luis ALBERTO VILLALOBOS MENDOZA	80644034	GOBIERNO REGIONAL LAMBAYEQUE GERENCIA REGIONAL LAMBAYEQUE HOSPITAL REGIONAL LAMBAYEQUE  Ing. Luis A. Villalobos Mendoza AREA ELECTROMECHANICA UNIDAD DE MANTENIMIENTO
Tec. DE Mantenimiento Calderas	Tec. JESQUIEL REYES REYES	41837292	

Escaneado con CamScanner