



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**MEJORAMIENTO DEL MONTAJE Y MANTENIMIENTO DE AUTOCLAVES
AUTOGENERADORAS DE VAPOR, ALIMENTADAS POR VAPOR Y DE GAS ÓXIDO DE
ETILENO PARA LA ESTERILIZACIÓN DE HERRAMIENTA Y EQUIPO DE GRADO MÉDICO
EN EL HOSPITAL ROOSEVELT DE GUATEMALA**

César Alfredo Espinoza Gómez
Asesorado por el Ing. Miguel Ángel Nowell Reyes

Guatemala, noviembre de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MEJORAMIENTO DEL MONTAJE Y MANTENIMIENTO DE AUTOCLAVES
AUTOGENERADORAS DE VAPOR, ALIMENTADAS POR VAPOR Y DE GAS ÓXIDO DE
ETILENO PARA LA ESTERILIZACIÓN DE HERRAMIENTA Y EQUIPO DE GRADO MÉDICO
EN EL HOSPITAL ROOSEVELT DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

CÉSAR ALFREDO ESPINOZA GÓMEZ
ASESORADO POR EL ING. MIGUEL ÁNGEL NOWELL REYES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

| | |
|------------|---------------------------------------|
| DECANA | Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada |
| VOCAL I | Ing. José Francisco Gómez Rivera |
| VOCAL II | Ing. Mario Renato Escobedo Martínez |
| VOCAL III | Ing. José Milton de León Bran |
| VOCAL IV | Br. Christian Moisés de la Cruz Leal |
| VOCAL V | Br. Kevin Armando Cruz Lorente |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

| | |
|------------|---------------------------------------|
| DECANO | Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno |
| EXAMINADOR | Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez |
| EXAMINADOR | Ing. Carlos Humberto Figueroa Vásquez |
| EXAMINADOR | Ing. Fredy Mauricio Monroy Peralta |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**MEJORAMIENTO DEL MONTAJE Y MANTENIMIENTO DE AUTOCLAVES
AUTOGENERADORAS DE VAPOR, ALIMENTADAS POR VAPOR Y DE GAS ÓXIDO DE
ETILENO PARA LA ESTERILIZACIÓN DE HERRAMIENTA Y EQUIPO DE GRADO MÉDICO
EN EL HOSPITAL ROOSEVELT DE GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial con fecha 3 de febrero de 2012.



César Alfredo Espinoza Gómez

Guatemala, 18 de febrero de 2020

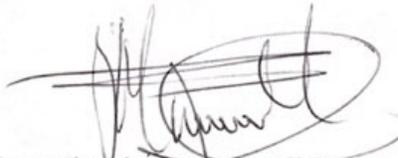
Ingeniero
Gilberto Enrique Morales Baiza
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señor Director:

Por medio de la presente le informo que he revisado la tesis del estudiante César Alfredo Espinoza Gómez, quien se identifica con CUI 1998 14929 0502 y carné 2006-11540 en su trabajo de graduación titulado: **MEJORAMIENTO DEL MONTAJE Y MANTENIMIENTO DE AUTOCLAVES AUTOGENERADORAS DE VAPOR, ALIMENTADAS POR VAPOR Y DE GAS ÓXIDO DE ETILENO PARA LA ESTERILIZACIÓN DE HERRAMIENTA Y EQUIPO DE GRADO MÉDICO EN EL HOSPITAL ROOSEVELT DE GUATEMALA.** En dicho trabajo de graduación se brindó la asesoría técnica y profesional en su desarrollo.

Sin otro particular, me despido.

Atentamente,


Ing. Miguel Angel Nowell Reyes
Colegiado 14,236





USAC

TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.EIM.162.2020

El Coordinador del Área Complementaria de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado: **MEJORAMIENTO DEL MONTAJE Y MANTENIMIENTO DE AUTOCLAVES AUTOGENERADORAS DE VAPOR, ALIMENTADAS POR VAPOR Y DE GAS ÓXIDO DE ETILENO PARA LA ESTERILIZACIÓN DE HERRAMIENTA Y EQUIPO DE GRADO MÉDICO EN EL HOSPITAL ROOSEVELT DE GUATEMALA** desarrollado por el estudiante **César Alfredo Espinoza Gómez**, con Registro Académico **200611540** y CUI **1998149290502** recomienda su aprobación.

“Id y Enseñad a Todos”



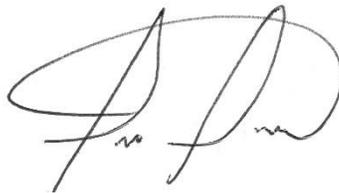
Carlos Humberto Pérez Rodríguez
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL
Colegiado 3071

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador Área Complementaria
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, Febrero 2020

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y con la aprobación del Coordinador del Área Complementaria del trabajo de graduación titulado: **MEJORAMIENTO DEL MONTAJE Y MANTENIMIENTO DE AUTOCLAVES AUTOGENERADORAS DE VAPOR, ALIMENTADAS POR VAPOR Y DE GAS ÓXIDO DE ETILENO PARA LA ESTERILIZACIÓN DE HERRAMIENTA Y EQUIPO DE GRADO MÉDICO EN EL HOSPITAL ROOSEVELT DE GUATEMALA** del estudiante **César Alfredo Espinoza Gómez, CUI 1998149290502, Reg. Académico 200611540** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica

DTG. 449.2020.

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **MEJORAMIENTO DEL MONTAJE Y MANTENIMIENTO DE AUTOCLAVES AUTOGENERADORAS DE VAPOR, ALIMENTADAS POR VAPOR Y DE GAS ÓXIDO DE ETILENO PARA LA ESTERILIZACIÓN DE HERRAMIENTA Y EQUIPO DE GRADO MÉDICO EN EL HOSPITAL ROOSEVELT DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **César Alfredo Espinoza Gómez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana

Guatemala, noviembre de 2020

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

| | |
|---------------------------|--|
| Dios | Por su amor inmenso e interminable. |
| Mis padres | Ismael Espinoza y Otilia Gómez por toda su paciencia y amor. Asimismo, darme la oportunidad de mi vida. |
| Mis hermanos | Por el apoyo económico y moral. Darme la oportunidad de emprender el camino hacia una carrera universitaria. |
| Mis amigos | Por estar ahí y acompañarme en este proceso de formación. También hacer de mi estancia en esta facultad de estudios algo muy especial. |
| Mi asesor | Ingeniero Miguel Ángel Nowell Reyes, por su dedicación y valioso aporte a los futuros profesionales. |
| Hospital Roosevelt | Por su noble labor en la sociedad. |

AGRADECIMIENTOS A:

| | |
|---|---|
| Universidad de San Carlos de Guatemala | Por su importante labor en la sociedad a través de sus más de trescientos años de existencia. |
| Facultad de Ingeniería | Por sus constantes cambios y avances hacia la excelencia profesional. |
| Ingeniero Carlos Pérez | Por incentivarme a seguir adelante. |

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES | IX |
| LISTA DE SÍMBOLOS | XI |
| GLOSARIO | XIII |
| RESUMEN..... | XV |
| OBJETIVOS..... | XVII |
| INTRODUCCIÓN | XIX |
| | |
| 1. ANTECEDENTES GENERALES Y DESCRIPCIÓN DEL HOSPITAL ROOSEVELT DE GUATEMALA | 1 |
| 1.1. Descripción del hospital Roosevelt..... | 1 |
| 1.1.1. Estructura organizacional | 2 |
| 1.1.2. Historia | 3 |
| 1.1.3. Ubicación | 4 |
| 1.1.4. Descripción del área de mantenimiento..... | 4 |
| 1.1.5. Misión | 4 |
| 1.1.6. Visión..... | 4 |
| 1.1.7. Objetivos..... | 5 |
| 1.2. Naturaleza del departamento de mantenimiento | 5 |
| 1.2.1. Mano de obra en los procesos..... | 5 |
| 1.2.2. Autoclaves y red de alimentación de vapor | 6 |
| 1.2.3. Materia prima..... | 7 |
| 1.2.4. Otros suministros..... | 8 |
| 1.2.5. Productos obtenidos..... | 8 |
| 1.3. Conservación y mantenimiento | 8 |

| | | |
|----------|--|----|
| 1.3.1. | Diferencia entre mantenimiento preventivo y correctivo..... | 9 |
| 1.4. | Importancia del mantenimiento de equipo..... | 9 |
| 1.5. | Montaje de equipo..... | 9 |
| 2. | DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LAS AUTOCLAVES..... | 11 |
| 2.1. | Descripción de la situación actual de las autoclaves..... | 11 |
| 2.1.1. | Planta | 11 |
| 2.1.1.1. | Análisis de la distribución de autoclaves | 11 |
| 2.1.1.2. | Análisis de la relación entre el departamento de mantenimiento y los altos mandos | 12 |
| 2.1.1.3. | Estructura organizacional del departamento de mantenimiento..... | 12 |
| 2.1.1.4. | Formas de realizar el mantenimiento ... | 13 |
| 2.1.1.5. | Quién actualmente realiza las tareas de mantenimiento a las autoclaves | 14 |
| 2.1.1.6. | Cómo se realiza el mantenimiento | 14 |
| 2.1.1.7. | Quién supervisa el mantenimiento | 14 |
| 2.1.1.8. | Utilización de herramienta y accesorios para el mantenimiento de autoclaves y red de vapor | 14 |
| 2.1.1.9. | Lubricación de accesorios para autoclaves | 14 |
| 2.2. | Seguridad e higiene industrial | 15 |
| 2.2.1. | Señalización industrial..... | 15 |
| 2.2.2. | Equipo de protección..... | 15 |

| | | |
|-------------|---|----|
| 2.2.3. | Código de colores para aislamiento térmico de tubería | 16 |
| 2.2.4. | Señalización de áreas de alto riesgo | 16 |
| 2.2.5. | Normas de seguridad en general..... | 17 |
| 2.2.6. | Montaje e instalación de autoclaves | 18 |
| 2.2.6.1. | Personal encargado del montaje e instalación..... | 18 |
| 2.2.6.2. | Personal encargado de supervisión..... | 19 |
| 2.2.6.3. | Personal encargado de recibir el trabajo terminado..... | 19 |
| 2.2.6.4. | Indicadores de presión | 19 |
| 2.2.6.5. | Indicadores de temperatura | 20 |
| 2.2.6.6. | Otros accesorios..... | 20 |
| 2.2.6.7. | Función y descripción técnica de las autoclaves..... | 21 |
| 2.2.6.8. | Autoclaves y otros equipos implicados en los procesos de esterilización | 23 |
| 2.2.6.9. | Uso de las autoclaves..... | 24 |
| 2.2.6.10. | Operarios de autoclaves y manipulación de vapor..... | 24 |
| 2.2.6.10.1. | Problemas comunes en la manipulación del vapor | 24 |
| 2.2.6.10.2. | Preparación previa de autoclaves | 24 |
| 2.2.6.10.3. | Proceso de esterilización..... | 25 |
| 2.2.7. | Servicios atendidos por autoclaves | 25 |

| | | | |
|------|----------|---|----|
| | 2.2.7.1. | Edificio central | 25 |
| | 2.2.7.2. | Edificio de pediatría | 25 |
| | 2.2.7.3. | Edificio de maternidad..... | 25 |
| | 2.2.8. | Análisis de costos..... | 25 |
| | 2.2.8.1. | Costos de mantenimiento..... | 26 |
| | 2.2.8.2. | Costos técnicos profesionales..... | 26 |
| | 2.2.8.3. | Costos por mal manejo autoclaves | 26 |
| | 2.2.8.4. | Otros costos | 26 |
| 2.3. | | Análisis FODA..... | 26 |
| 3. | | PROPUESTA PARA MEJORA DEL MONTAJE Y MANTENIMIENTO DE AUTOCLAVES | 29 |
| 3.1. | | Montaje de autoclaves | 29 |
| | 3.1.1. | Evitar calentamiento al ambiente de trabajo..... | 29 |
| | 3.1.2. | Evitar vibraciones al equipo..... | 29 |
| | 3.1.3. | Aprovechamiento de espacios | 29 |
| | 3.1.4. | Mejor manejo del vapor | 30 |
| | 3.1.5. | Evitar pérdidas de energía | 30 |
| | 3.1.6. | Evitar accidentes al personal..... | 30 |
| | 3.1.7. | Documentación del proceso | 30 |
| 3.2. | | Mantenimiento de autoclaves..... | 31 |
| | 3.2.1. | Mantenimiento preventivo | 31 |
| | 3.2.1.1. | Cronograma de actividades del mantenimiento preventivo | 31 |
| | 3.2.1.2. | Realización del mantenimiento preventivo..... | 34 |
| | 3.2.1.3. | Reducción de los tiempos entre falla y falla de los elementos que conforman los equipos | 34 |

| | | | |
|------|----------|---|----|
| | 3.2.1.4. | Formas de recepción del mantenimiento realizado..... | 34 |
| | 3.2.1.5. | Personal exclusivo a cargo de la supervisión de las buenas prácticas de mantenimiento | 35 |
| | 3.2.2. | Mantenimiento correctivo..... | 35 |
| | 3.2.2.1. | Stock de materia prima y repuestos | 35 |
| | 3.2.2.2. | Eficiencia y eficacia de la realización del mantenimiento correctivo | 40 |
| | 3.2.2.3. | Reducción de paro de equipo por falta de repuestos | 41 |
| 3.3. | | Mantenimiento de red de alimentación de vapor | 41 |
| | 3.3.1. | Mantenimiento preventivo..... | 41 |
| | 3.3.1.1. | Programa de análisis de la red | 41 |
| | 3.3.1.2. | Exámenes visuales a tuberías..... | 44 |
| | 3.3.1.3. | Exámenes auditivos a tuberías..... | 44 |
| | 3.3.2. | Mantenimiento correctivo..... | 45 |
| | 3.3.2.1. | Colocación de aislamiento térmico a tuberías..... | 45 |
| | 3.3.2.2. | Eliminación de fugas de vapor..... | 45 |
| | 3.3.2.3. | Colocación de color a tuberías para identificación del tipo de fluido que conduce el ducto..... | 46 |
| | 3.3.3. | Solicitud de mantenimiento correctivo | 46 |
| | 3.3.3.1. | Implementación de órdenes de trabajo..... | 46 |
| | 3.3.3.2. | Modelo de orden de trabajo | 46 |
| | 3.3.3.3. | Estudio de demanda de órdenes de trabajo..... | 47 |

| | | | |
|------|------------|---|----|
| | 3.3.3.3.1. | Frecuencia de llegada de órdenes de trabajo ... | 47 |
| | 3.3.3.3.2. | Órdenes de trabajo no realizadas..... | 48 |
| | 3.3.3.3.3. | Órdenes de trabajo realizadas..... | 49 |
| | 3.3.3.3.4. | Almacenamiento y uso de información de órdenes de trabajo | 50 |
| 3.4. | | Implementación del uso de bitácoras | 56 |
| | 3.4.1. | Bitácoras | 56 |
| | 3.4.2. | Uso de las bitácoras | 57 |
| | 3.4.3. | Beneficios del uso de bitácoras | 57 |
| 3.5. | | Señalización industrial..... | 57 |
| | 3.5.1. | Colocación de rótulos..... | 58 |
| | 3.5.2. | Pintar en suelo y otros..... | 58 |
| | 3.5.3. | Proponer plan de seguridad industrial | 58 |
| | 3.5.3.1. | Minimización de condiciones inseguras..... | 61 |
| | 3.5.3.2. | Implementos, accesorios y otros para protección personal | 61 |
| | 3.5.3.3. | Minimización de riesgos | 63 |
| 3.6. | | Adiestramiento a personal operativo de autoclaves | 64 |
| | 3.6.1. | Uso del equipo | 64 |
| | 3.6.2. | Cuidados generales | 65 |
| | 3.6.3. | Solución a problemas más comunes..... | 66 |
| 4. | | IMPLANTACIÓN DEL MODELO..... | 67 |
| | 4.1. | Compromiso de jefatura y altos mandos | 67 |

| | | |
|------------|---|----|
| 4.1.1. | Comunicación hacia los empleados | 67 |
| 4.1.1.1. | Dar a conocer los cambios | 68 |
| 4.1.1.2. | La necesidad de conocer..... | 68 |
| 4.1.1.3. | Impacto de la implantación del nuevo sistema | 69 |
| 4.1.2. | Mejora de ambientes de trabajo | 69 |
| 4.1.3. | Minimización de riesgos | 69 |
| 4.1.4. | Resistencia al cambio..... | 69 |
| 4.1.4.1. | Hacia altos mandos | 69 |
| 4.1.4.2. | Hacia los empleados | 70 |
| 4.2. | Control de resultados | 70 |
| 4.2.1. | Control de órdenes de trabajo | 70 |
| 4.2.1.1. | Comunicación entre operario y personal encargado de brindar mantenimiento | 70 |
| 4.2.1.2. | Evitar mantenimiento excesivo | 70 |
| 4.2.1.3. | Evitar el mal uso de accesorios y otros en líneas de alimentación de vapor..... | 71 |
| 4.2.1.3.1. | Trampas de vapor | 71 |
| 4.2.1.3.2. | Reguladores de vapor .. | 71 |
| 4.2.1.3.3. | Llaves de paso | 71 |
| 4.2.1.3.4. | Filtros y otros | 71 |
| 4.2.2. | Medición de resultados obtenidos | 72 |
| 4.2.2.1. | Eficiencia en uso de vapor..... | 72 |
| 4.2.2.2. | Eficiencia en la esterilización..... | 72 |
| 4.2.2.3. | Eficiencia en manejo de materias primas..... | 73 |
| 4.2.2.4. | Logros significativos en el proceso..... | 73 |

| | | |
|--------|--|----|
| 5. | SEGUIMIENTO..... | 75 |
| 5.1. | Mejoras del modelo..... | 75 |
| 5.2. | Mejorar los planes de mantenimiento..... | 75 |
| 5.3. | Aplicación de otras tecnologías..... | 75 |
| 5.4. | Capacitaciones al personal | 76 |
| 5.4.1. | Capacitaciones a operarios..... | 76 |
| 5.4.2. | Instruir al personal sobre condiciones de estadía dentro del área | 77 |
| 5.5. | Indicadores de control | 77 |
| 5.5.1. | Eficacia..... | 77 |
| 5.5.2. | Eficiencia..... | 78 |
| 5.6. | Implementación de charlas motivacionales..... | 78 |
| | CONCLUSIONES..... | 79 |
| | RECOMENDACIONES | 81 |
| | BIBLIOGRAFÍA..... | 83 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | | |
|-----|---|----|
| 1. | Estructura organizacional..... | 2 |
| 2. | Estructura del departamento de mantenimiento..... | 13 |
| 3. | Señalización de alto riesgo | 17 |
| 4. | Icono de SAP en la pantalla | 50 |
| 5. | Pantalla de ingreso al sistema SAP | 51 |
| 6. | Navegación e ingreso al sistema SAP | 52 |
| 7. | Salir del sistema | 53 |
| 8. | Navegación dentro del sistema SAP | 54 |
| 9. | Iconos básicos de SAP | 55 |
| 10. | Funciones del sistema SAP | 56 |
| 11. | Equipo de protección para uso de autoclave | 62 |
| 12. | Personal de manejo de autoclave | 62 |
| 13. | Plano de rutas de evacuación | 64 |

TABLAS

| | | |
|-------|--|----|
| I. | Colores de identificación para tuberías..... | 16 |
| II. | Datos técnicos | 22 |
| III. | Análisis FODA del área de esterilización | 27 |
| IV. | Mantenimiento de autoclave | 32 |
| V. | Hoja de recepción de equipo | 34 |
| VI. | Repuestos de autoclave | 36 |
| VII. | Mantenimiento de la válvula de la compuerta | 42 |
| VIII. | Mantenimiento de válvula de globo..... | 43 |
| IX. | Mantenimiento preventivo de válvula de retención | 44 |
| X. | Orden de trabajo | 47 |
| XI. | Orden de llegada | 48 |
| XII. | Órdenes no realizadas..... | 49 |
| XIII. | Bitácora de servicio..... | 57 |

LISTA DE SÍMBOLOS

| Símbolo | Significado |
|-----------------------|-------------------------------|
| CO₂ | Dióxido de carbono |
| C | Grados centígrados |
| F | Grados fahrenheit |
| K | Kelvin |
| kg | Kilogramo |
| kW lb | Kilowatt libra |
| m | Metro |
| mm | Milímetro |
| nm | Nanómetro |
| Ppm | Partículas por millón |
| % | Porcentaje |
| SSO | Salud y seguridad ocupacional |

GLOSARIO

| | |
|---------------------|--|
| Accesorios | Componentes de un sistema de tuberías. Diferentes de las tuberías en sí, tales como uniones, codos, entre otros. |
| Agua blanda | Agua tratada que no posee dureza. |
| Agua cruda | Agua que aún no ha sido tratada. |
| Caldera | Equipo diseñado y construido para la generación de vapor a presión. Puede producir fuerzas en procesos industriales, calefacción y esterilización. |
| Calor | Energía térmica desarrollada en la combustión. Se propaga por radiación, conducción y convección. |
| Combustión | Reacción química, caracterizada por ser instantánea y principalmente por su desprendimiento de calor y luz. Son necesarios tres elementos para que se dé la reacción, estos son: el aire, combustible y calor. |
| Condensación | Cambio de estado del agua que se encuentra en forma gaseosa a forma líquida. |

| | |
|----------------------|---|
| Control de pH | Es un control que se hace para estimar si un químico es ácido o base. |
| Corrosión | Es un desgaste anormal producido en las partes metálicas del interior de la caldera que tienen contacto directo con el agua. Es causada por acción electrolítica, alcalinidad del agua y oxígeno. |
| Evaporización | Es un proceso de calentamiento que hace que el agua cambie de estado líquido a estado gaseoso. |
| pH | Determina la acidez o alcalinidad del agua. |

RESUMEN

El proyecto es un documento que servirá a los lectores como guía técnica y de apoyo para el uso adecuado de las autoclaves y los cuidados que en su proceso de operación se deban de considerar. Pues, por un mal manejo del vapor u otros, se pueden ocasionar accidentes que pueden cobrar vidas.

También servirá para obtener información de cómo debe de realizarse el montaje del equipo, accesorios y otros.

Es importante el ahorro de energía (reducción de fugas de vapor y aislamiento térmico en tuberías) en todas sus magnitudes, ya que estos ahorros representarán mejoras para toda industria o, en este caso, mejoras en las condiciones de trabajo.

El mayor beneficio obtenido será en la reducción de accidentes por una mala operación en los equipos, a través de la mejora del ingreso del vapor a las autoclaves.

OBJETIVOS

General

Mejorar el montaje y mantenimiento de las autoclaves para evitar daños prematuros en los mismos y mejorar los procesos de esterilización de equipo y herramienta de grado médico.

Específicos

1. Determinar la situación actual para el área de mantenimiento.
2. Identificar las causas asignables para la pérdida de energía por fugas de vapor.
3. Describir las medidas de seguridad industrial para el manejo de autoclaves.

INTRODUCCIÓN

Se considera que es importante el tema de esterilización dentro de los centros de salud, porque es una pequeña parte que se combina con otras muchas para brindar salud y una mejor calidad de vida humana.

En el hospital Roosevelt existen, actualmente, autoclaves que son auto generadoras de vapor, de gas óxido de etileno y alimentadas de vapor. Todas cumplen la función de esterilizar equipo médico, pero la línea de esterilizar se comienza a perder por falta de mantenimiento, mala operación del equipo, entre otras. Esto debido a que no existe una atención adecuada por parte de los directivos del hospital Roosevelt a estos contratos de mantenimiento.

Es indispensable reconocer que el simple hecho de tener un mantenimiento adecuado no significa que los equipos deban durar el resto de nuestras vidas, sino de dar un mantenimiento adecuado a los equipos en general significa tener al equipo trabajando en su máxima capacidad y entregando calidad en su servicio. Por lo tanto, se logra con esto que los equipos duren su tiempo de vida útil en su máxima capacidad. Luego de eso es necesario verificar si es conveniente sustituir el equipo o seguir con el mismo.

Es importante que se reconozca de qué manera los médicos obtienen equipo y otros medios esterilizados, para que se le preste más atención al tema de las autoclaves. Los riesgos que se corren al no tener un mantenimiento adecuado en las autoclaves, ya que en muchas ocasiones el equipo esterilizado no llega a esterilizarse y se tiene que repetir el proceso. Todo esto conlleva a un gasto de energía y, por lo tanto, es un gasto monetario en el que está incurriendo

el hospital. Este podría ser evitado a través del mantenimiento adecuado de los equipos.

1. ANTECEDENTES GENERALES Y DESCRIPCIÓN DEL HOSPITAL ROOSEVELT DE GUATEMALA

1.1. Descripción del hospital Roosevelt

El hospital Roosevelt es una institución encargada de ofrecer salud a miles de habitantes guatemaltecos y personas en general que lo necesiten. Ofreciendo calidad, calidez e igualdad en todos sus servicios hospitalarios.

El hospital Roosevelt se define como una institución que está compuesta por hombres y mujeres con una mentalidad positiva y propositiva. Convencidos de las infinitas potencialidades de los seres humanos, tales como: la salud como base para el desarrollo integral de toda persona y del país, y en los valores del trabajo como el mejor camino para reafirmar cotidianamente la independencia de la nación.

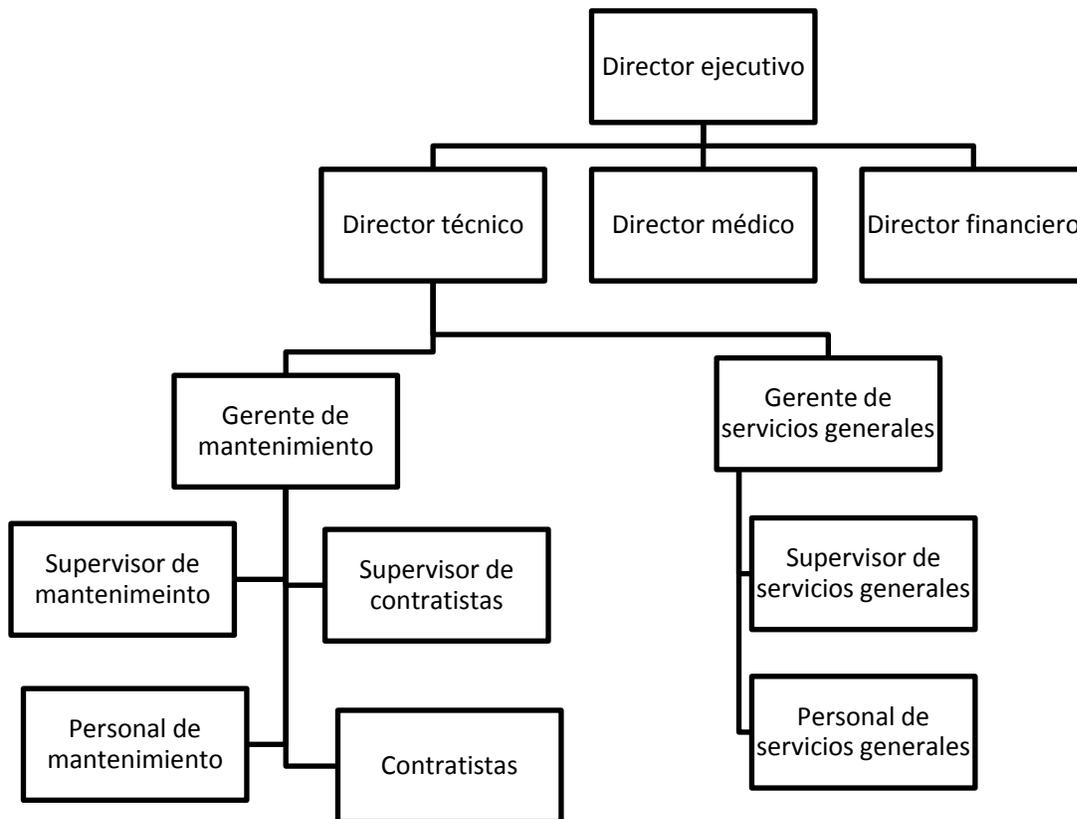
El departamento de esterilización de herramienta de grado médico es uno de los departamentos del hospital Roosevelt con mayor realce. De él se depende de la utilización de las herramientas adecuadas en los procesos de operaciones de sus pacientes.

El departamento de esterilización de herramienta consta de personal calificado en el ámbito del manejo de autoclaves. Todo esto con el fin de promover el buen funcionamiento del hospital Roosevelt. Atendiendo con un producto de calidad, calidez y eficiencia.

1.1.1. Estructura organizacional

Se presenta la estructura organizacional del hospital en estudio.

Figura 1. Estructura organizacional



Fuente: elaboración propia.

1.1.2. Historia

El 14 de agosto de 1942, el Instituto de Asuntos Interamericanos celebra con el gobierno de Guatemala el servicio Cooperativo Interamericano de Salud Pública. Contrato donde se comprometía a construir un hospital con 300 camas aportando Q. 500 000,00, apoyo técnico y administrativo para la construcción.

El proyecto se ubicó en los terrenos de la finca La esperanza, hoy, zona 11 de la ciudad capital. Se inicia la construcción a finales de 1944. Siendo los constructores el Ingeniero Roberto Irigoyen y Héctor Quezada, además de técnicos nacionales y estadounidenses.

En 1945, se hace un nuevo convenio para elevar el número de camas a 1 000. Se edificaría una escuela de enfermeras con todos los requisitos indispensables.

El 3 de enero de 1955, se da a conocer que el costo del hospital es de Q. 8 282 831,33, del cual Guatemala aportó el 87,65 % y el resto Estados Unidos. Se inaugura la obra el 15 de diciembre de 1955 bendecida por Monseñor Mariano Rossel y Arellano. La esposa del presidente Castillo Armas fue la madrina de la primera niña que nació en el hospital. Cada año se fueron abriendo nuevas áreas siendo la última en 1955.

1.1.3. Ubicación

Actualmente se encuentra ubicado en la Calzada Roosevelt, zona 11, de la ciudad capitalina de Guatemala.

1.1.4. Descripción del área de mantenimiento

Es un departamento que se integra por personal altamente calificado en materia de mantenimiento de hospitales. Integrado por diferentes personas con características que puedan integrarse fácilmente a los requerimientos de mantenimiento de un hospital. Este departamento integra sus esfuerzos con el fin de lograr el bienestar del cliente interno y, principalmente, el cliente externo. Atendiendo constantemente las instalaciones generales, equipo industrial, equipo de grado médico y otros quehaceres donde se necesite al personal de mantenimiento.

1.1.5. Misión

Según el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, la misión del hospital es brindar servicios hospitalarios y médicos de encamamiento y emergencia de acuerdo con las necesidades de cada paciente, en el momento oportuno ofreciendo un trato cálido y humanizado a la población.

1.1.6. Visión

Según el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, la visión es ser el principal hospital de referencia nacional del sistema de salud pública del país brindando atención médica y hospitalaria especializada, con enfoque multiétnico y culturalmente adaptado.

1.1.7. Objetivos

Según el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, los objetivos son: mejorar día a día nuestros servicios de esterilización de herramienta de grado médico, brindando seguridad y calidad, para superar las expectativas de los clientes.

Ser el mejor departamento del Hospital Roosevelt, a través de la responsabilidad, integridad, identidad nacional y compromiso con nuestros clientes, para contribuir con una mejora continua del hospital.

1.2. Naturaleza del departamento de mantenimiento

Departamento único, donde su principal objetivo es brindar un servicio en el tiempo oportuno y con la calidad esperada. Se toma en cuenta que brinda mantenimiento a todos los servicios principales y secundarios dentro del hospital.

1.2.1. Mano de obra en los procesos

En toda la trayectoria del ser humano se han purificado objetos a través del uso del fuego, pero resulta excesivo someter objetos al fuego. Todo esto resulta excesivo, por lo tanto, el ser humano se ha visto en la necesidad de utilizar otros métodos para eliminar bacterias, esporas, virus, entre otros. Por mencionar algunos métodos para esterilizar:

- Irradiación: a través del uso de los rayos gamma y electrones acelerados. Son considerados buenos agentes para esterilizar.

- Hornos de aire caliente: considerados poco eficientes comparado con el siguiente método.
- Autoclaves a vapor: son muy eficientes y su costo es relativamente bajo, pero su uso se limita a objetos que soportan una exposición a altas temperaturas. Son alimentadas por una fuente externa de vapor, en la mayoría de los casos, calderas, que a través de una red de tubería que soporta altas temperaturas y presiones hace llegar el vapor a las autoclaves conectadas a la red. En otros casos se tienen autoclaves auto generadoras de vapor.
- Autoclaves a óxido de etileno: tienen alta eficiencia en la eliminación de microorganismos. Se utilizan, principalmente, para esterilizar objetos que no soportan altas temperaturas. El problema es que hay que saberlas manipular porque dejan residuos tóxicos en los productos esterilizados.

El equipo de trabajo de manejo de autoclaves es uno de los más importantes en el proceso de esterilización de productos médicos y farmacéuticos en el hospital. Por tal motivo, el personal que se debe capacitar en mantenimiento básico de las mismas y seguridad industrial. Normalmente en la industria se tiene una persona que se dedica al mantenimiento y otra a la operación.

1.2.2. Autoclaves y red de alimentación de vapor

Las autoclaves son equipos que se utilizan en la esterilización de herramienta, utensilios, accesorios, todos de grado médico y productos farmacéuticos. Estas, a través de agentes que eliminan microorganismos presentes en los mismos, logran la esterilización completa asegurando con ello la salud de los usuarios. Las autoclaves utilizadas en el hospital Roosevelt son,

principalmente, alimentadas por vapor, auto generadoras de vapor y con gas óxido de etileno.

Las autoclaves que son alimentadas por vapor lo obtienen desde una caldera, dentro de ella se genera el vapor y se distribuye a través de una red de tuberías y accesorios que hacen posible el traslado del gas, el cual se utiliza como medio para esterilizar. Se toma en cuenta que debe estar a una temperatura de 160 °C con una exposición al calor de los productos de dos horas, si es vapor seco, si es vapor saturado se puede lograr la esterilización en cinco minutos a una temperatura de 121 °C. Se concluye que el vapor saturado es más eficiente que el vapor seco.

1.2.3. Materia prima

El agua evaporada como materia prima para esterilizar es obtenida a través de elevar su temperatura a 100 °C a presión atmosférica. Es un producto incoloro e inodoro. El vapor, para usos industriales, se obtiene con el apoyo de una caldera, la cual consiste en una cámara donde ocurre combustión. El uso de aire y otros elementos involucrados se produce el intercambio de calor y se genera el vapor a mayores presiones y temperaturas que las ambientales.

El gas óxido de etileno es utilizado principalmente para eliminar microorganismos en productos que no puedan ser expuestos a altas temperaturas. Así mismo, productos que integran medios electrónicos y partes plásticas. La seguridad del personal que manipula el gas es la más importante, ya que, el gas óxido de etileno tiene efectos muy nocivos. En la manipulación de esta materia prima se deben tener mecanismos de control en las zonas. Por mencionar algunas: alarmas detectoras de gas colocadas en toda el área involucrada, sistemas de alarmas visuales y acústicas.

1.2.4. Otros suministros

Los suministros de apoyo a la esterilización son importantes, tales son las cintas adhesivas indicadoras de esterilización, la función de estas cintas es indicar si se logró o no la esterilización del paquete de productos médicos o farmacéuticos que se pretenden esterilizar. La cinta indicadora trae consigo una impresión que es un agente químico de gran desempeño y, en el momento de ocurrir la esterilización, muestra un cambio en su color. El cambio de color en la cinta adhesiva ocurre, sí y solo sí, el proceso de esterilización es correcto. De lo contrario, el paquete expuesto a esterilización no ha sido esterilizado correctamente.

1.2.5. Productos obtenidos

Los productos obtenidos son servicios hospitalarios no tangibles, pero brindados en el tiempo correcto y con la calidad esperada. Recordando y reconociendo que son vidas humanas las que están dependiendo de la esterilización de productos médicos y farmacéuticos con las cuales no se deben poner en riesgo bajo ninguna circunstancia.

1.3. Conservación y mantenimiento

Existe una pelea constante en cualquier institución industrial, sea pequeña, mediana o grande, esta tiene lugar al pensar que los equipos, instalaciones generales y otros, deben servir y funcionar para siempre. La palabra conservación hace énfasis en ofrecer un mantenimiento a los equipos, tratando de tenerlos en óptimas condiciones y que ofrezcan un servicio de calidad esperada. Tomando en cuenta que el equipo tiene un tiempo de vida útil y no como erróneamente se piensa que los equipos deben durar para siempre si se le

brinda un mantenimiento a tiempo y todo el tiempo que lo requiera. Por lo tanto, es conservar los equipos en óptimas condiciones y con la calidad esperada.

1.3.1. Diferencia entre mantenimiento preventivo y correctivo

El mantenimiento correctivo consiste en componer las fallas cuando estas se presentan. Las fallas ocurren por falta de supervisión o desinterés por planificar tareas de mantenimiento periódicas. Así mismo, desinterés por la parte financiera para apoyar el mantenimiento, demasiada demanda y equipos trabajando permanentemente, entre otros. El mantenimiento preventivo se puede definir como una serie de programaciones de inspección, reparaciones, calibración, lubricación, limpieza, análisis que deben hacerse periódicamente con base a un plan establecido o demanda del operario. Su único objetivo es prever las fallas manteniendo todo el equipo en óptimas condiciones.

1.4. Importancia del mantenimiento de equipo

La importancia radica en que todo equipo está sujeto a mantenimiento para cumplir con la confiabilidad para lo que fue diseñado, por lo tanto, el desempeño de la entidad dependerá de la calidad del mantenimiento que a estos equipos se les provea. Existen ventajas en ofrecer mantenimiento, por mencionar la garantía en la producción, mantener el tiempo de vida útil de los equipos, productos de buena calidad, entre otros.

1.5. Montaje de equipo

Es el proceso en el cual se coloca un equipo en una posición definitiva dentro de un espacio establecido y preparado con antelación. Para realizar un montaje se debe tomar en cuenta las condiciones del suelo, la naturaleza del

equipo, si produce mucho calor, si produce exceso de ruido, si vibra, anclaje, sensibilidad al contacto con el medio ambiente, entre otros. Estos con el fin de garantizar el correcto funcionamiento del equipo instalado y, así, lograr una mayor utilización y desempeño para lo cual fue adquirido e instalado.

2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LAS AUTOCLAVES

2.1. Descripción de la situación actual de las autoclaves

Actualmente se tienen 21 autoclaves distribuidas a lo largo y ancho del hospital Roosevelt. Las cuales 13 son de gas óxido de etileno, 3 son auto generadoras y el resto son alimentadas por una fuente externa de vapor.

2.1.1. Planta

No se tiene una planta en específico para las autoclaves debido a la naturaleza de industria. Se tiene que dar atención a ciertas áreas distribuidas en función al servicio que las áreas prestan. Algunas necesitan servicio de esterilización permanente y otros servicios de esterilización menor y no tan frecuente.

2.1.1.1. Análisis de la distribución de autoclaves

Se tienen distribuidas a lo largo y ancho del hospital Roosevelt. Principalmente están ubicadas por demanda, según la afluencia de pacientes y la capacidad instalada del área. El área que tiene más autoclaves es el edificio central, cuenta con 12. El edificio de maternidad cuenta con 4. La pediatría tiene 3 y hospital de día tiene 2 autoclaves.

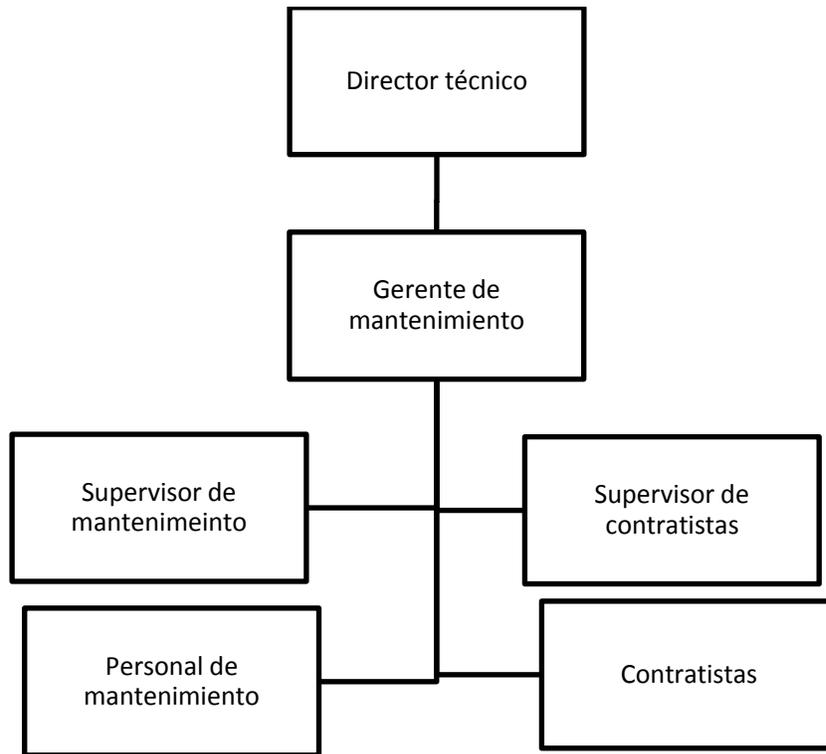
2.1.1.2. Análisis de la relación entre el departamento de mantenimiento y los altos mandos

Existe un director técnico, una figura que es la que aprueba o no, lo que el gerente de mantenimiento proponga. Este director normalmente es un médico, mientras que, el gerente de mantenimiento es un ingeniero mecánico. Por la diferencia entre las profesiones de las figuras más importantes en esta relación estrecha, la aprobación de los proyectos de mejora, de conservación y nuevos proyectos se basan en la planificación operativa anual. Tiene lugar con base a la cantidad de dinero, en quetzales, que el gobierno de Guatemala asigne al Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. Este a su vez, lo que asigne al hospital Roosevelt de Guatemala. Todos los proyectos de mejora, nuevos proyectos y acciones de conservación se ven afectados por la problemática que actualmente vive el país. Se dejando claro que la relación entre los altos mandos con el departamento de mantenimiento puede ser la mejor, pero es evidente que no depende de la buena relación, sino de la asignación financiera que la institución tenga y lo que se le pueda asignar al departamento de mantenimiento.

2.1.1.3. Estructura organizacional del departamento de mantenimiento

Se presenta la estructura organizacional del departamento de mantenimiento.

Figura 2. **Estructura del departamento de mantenimiento**



Fuente: elaboración propia.

2.1.1.4. Formas de realizar el mantenimiento

El mantenimiento de las autoclaves se realiza a través de empresas contratistas. En algunos casos en concreto, de forma correctiva, pero mayormente se hace a través del personal del departamento de mantenimiento.

2.1.1.5. Quién actualmente realiza las tareas de mantenimiento a las autoclaves

El mantenimiento a las autoclaves se efectúa por parte del personal del departamento de mantenimiento del hospital.

2.1.1.6. Cómo se realiza el mantenimiento

Se hace de forma correctiva, ya que no se cuenta con un plan o programa para establecer las rutinas de inspección, supervisión y reparación.

2.1.1.7. Quién supervisa el mantenimiento

El jefe del Departamento de mantenimiento efectúa la ronda de inspección de los equipos.

2.1.1.8. Utilización de herramienta y accesorios para el mantenimiento de autoclaves y red de vapor

El Departamento de mantenimiento provee de las herramientas y accesorios necesarios para el mantenimiento.

2.1.1.9. Lubricación de accesorios para autoclaves

La lubricación es importante para prevenir el desgaste de las piezas o instrumento de medición.

2.2. Seguridad e higiene industrial

Con base al Acuerdo Gubernativo 229 2014, Reglamento de Salud y Seguridad Ocupacional, que tiene como objetivo regular las condiciones generales de salud y seguridad ocupacional, en la República de Guatemala, en el que ejecutan sus labores los trabajadores del sector privado, público y autónomo. Todas las tareas que se efectúen deben cumplirse la normativa.

2.2.1. Señalización industrial

CAPÍTULO III SEÑALIZACIÓN DE LOS LOCALES DE TRABAJO.

ARTÍCULO 105. Las señales de seguridad, se han de utilizar para la identificación de aquellos riesgos que no han podido ser controlados o minimizados por las técnicas de la SSO, o para la ubicación de los equipos contra incendios y salvamento. Acuerdo Gubernativo 229-2014.

ARTÍCULO 106. Las señales de seguridad deben basarse en combinación del mensaje en cuanto a prohibición, protección contra incendios, advertencia, obligación y salvamento; Las figuras geométricas, consistentes en círculos, triángulos, cuadrados, rectángulos y los colores de seguridad. Acuerdo Gubernativo 229-2014.

2.2.2. Equipo de protección

CAPÍTULO III OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES.

ARTÍCULO 8. Todo trabajador está obligado a cumplir con las normas sobre SSO, indicaciones e instrucciones que tengan por finalidad proteger su vida,

salud e integridad corporal y psicológica. Asimismo, está obligado a cumplir con las recomendaciones técnicas que se le dan, en lo que se refiere al uso y conservación del equipo de protección personal que le sea suministrado, a las operaciones y procesos de trabajo indicados para el uso y mantenimiento de la maquinaria. Acuerdo Gubernativo 229-2014.

2.2.3. Código de colores para aislamiento térmico de tubería

Se describen los colores de identificación para tuberías.

Tabla I. **Colores de identificación para tuberías**

| | |
|--|-------------|
| Agua potable | Verde |
| Aguas negras | Negro |
| Agua sistema contra incendios/vapor | Rojo |
| Instalaciones telefónicas | Gris |
| Instalaciones eléctricas/agua caliente | Naranja |
| Red transmisión de datos | Azul oscuro |
| Líquidos combustibles | Amarillo |
| Aire | Azul claro |
| Conductos de ventilación | Blanco |

Fuente: elaboración propia.

2.2.4. Señalización de áreas de alto riesgo

El Acuerdo Gubernativo 229 2014 determina que todo lugar de trabajo debe contar con señalización de advertencia, información para los operarios y personas ajenas a las áreas de trabajo.

Figura 3. Señalización de alto riesgo



Fuente: CONRED. *Norma de reducción de desastres*. p 23.

2.2.5. Normas de seguridad en general

El equipo de protección se emplea para evitar quemaduras y escaldaduras que pueden producirse durante las operaciones con la autoclave. Guantes largos aislantes del calor deberían ser empleados para proteger manos y antebrazos. Bata de laboratorio para proteger partes más extensas del cuerpo.

2.2.6. Montaje e instalación de autoclaves

Las recomendaciones generales por los fabricantes, en general, son:

- Situar cerca de una toma de corriente adecuada al consumo de la máquina.
- Nivelar correctamente mediante las patas o inmovilizarla mediante topes, dependiendo del tipo de autoclave, para darle estabilidad.
- Fijar una manguera en la boca de salida de agua o vapor y fijar el otro extremo a un recipiente o desagüe procurando no obstruir el paso.
- No instalar en zonas en la que se almacenen líquidos inflamables o zonas de protección especial.
- Conectar a una tensión de red que coincida con la indicada en la placa de características.
- No utilizar, sin estar conectada, la toma de tierra.
- El equipo debe disponer de una placa de instalación en la que se especifique la presión máxima de servicio, número de registro y fecha de prueba.

2.2.6.1. Personal encargado del montaje e instalación

Las autoclaves a vapor y las auto generadoras son las que se instalan eléctricamente a la red de vapor y llevan anclaje respectivamente. Las autoclaves de óxido de etileno no requieren ningún tipo de instalación, solo requieren una fuente de energía eléctrica y un espacio dónde ser colocadas.

Las autoclaves auto generadoras y las alimentadas a vapor son instaladas por el contratista o en su defecto subcontratan el servicio de instalación, siendo

con ello terceras personas las implicadas en dicho servicio. La instalación de autoclaves es un evento no muy común se realiza cuando se va adquirir nuevo equipo, cuando existen donaciones de alguna entidad en general o cuando hay un traslado de equipo de algún hospital de la red hospitalaria a nivel nacional.

2.2.6.2. Personal encargado de supervisión

Es cuestión de supervisar los trabajos del montaje e instalación de autoclaves. Por ser un trabajo realizado por terceras personas lo supervisan dos personas, la persona contratista y el supervisor interno de contratistas de hospital Roosevelt.

2.2.6.3. Personal encargado de recibir el trabajo terminado

Es recibido en primera instancia por la persona contratista. Si por alguna razón aún no procede la recepción del trabajo terminado se realizan los ajustes necesarios hasta que el trabajo sea considerado aceptable según lo planificado y que cumpla con los parámetros establecidos por el contratista se recibe. Por parte del contratista, el trabajo terminado, esta entrega el trabajo terminado al supervisor de contratistas del hospital Roosevelt.

2.2.6.4. Indicadores de presión

Son instrumentos de medición que se utilizan en diferentes equipos. Los manómetros son los instrumentos que se utilizan para medir presión dentro de un espacio confinado, donde no interviene la acción de la presión atmosférica. Actualmente las autoclaves no tienen todos sus manómetros en funcionamiento, algunos ya están dañados, fracturados y sin agujas, por lo que dificulta en gran manera el control de presión en las autoclaves.

2.2.6.5. Indicadores de temperatura

Son conocidos como termómetros. Son, junto con los manómetros, instrumentos de medición de control. Lo que se controla con termómetro son temperaturas. Existe una variedad de termómetros, los cuales deberán ser elegidos con respecto al tipo de equipo y el ambiente en el que controlarán temperatura. Las autoclaves de óxido de etileno tienen instalados termómetros que dan una lectura en digital. Las autoclaves auto generadoras y alimentadas por vapor tienen instalados termómetros análogos de vidrio, tomando en cuenta que algunos termómetros tienen fracturada la pantalla de vidrio.

Las autoclaves auto generadoras de vapor tienen alimentación de agua, la cual, por un proceso de calentamiento de la misma a una presión dada, es transformada en vapor saturado para esterilizar equipo de grado médico y otros. Debe existir un sistema de control automático de nivel del agua, este sistema es controlado con dos electrodos que están ubicados dentro de la cámara de la autoclave, uno es para medir la altura del nivel máximo de agua y el otro electrodo mide el nivel mínimo de agua que se puede tener dentro de la cámara de la autoclave. Ambos tienen la función de mantener el nivel de agua requerido para completar un ciclo de esterilización. Ambos electrodos envían una señal a través de un pulso eléctrico a una electroválvula, quién es la que abre o cierra el paso del ingreso de agua a la cámara de la autoclave, según sea el caso.

2.2.6.6. Otros accesorios

Las autoclaves de óxido de etileno son equipos que deben estar protegidos ante variaciones de voltaje eléctrico, por lo que es necesario tener un regulador de voltaje. Este irá conectado directamente a la fuente de energía y del regulador de voltaje al equipo de esterilización. Las autoclaves auto generadoras y alimentadas por vapor deberán tener accesorios que resguarden la integridad

física de los operarios. Se podrían provocar sobrepresiones en el sistema, por lo tanto, es necesario la instalación de válvulas de escape de vapor. Las autoclaves de óxido de etileno no tienen regulador de voltaje, están conectadas directamente a la fuente de energía sin protección alguna. Las autoclaves auto generadoras y alimentadas por vapor sí cuentan con un sistema de protección en caso ocurra una sobrepresión en el sistema de los equipos.

2.2.6.7. Función y descripción técnica de las autoclaves

La función primordial de toda autoclave es esterilizar lo que sea mientras sea necesario. No importa su aplicación, la naturaleza de lo que se quiera esterilizar o el tipo de producto que se necesita eliminar microorganismos. Lo que sí importa es que, dependiendo de asuntos como el tipo de equipo a esterilizar, la cantidad de equipo, el costo de esterilizar, entre otros. De esto dependerá el tipo de equipo a utilizar: por tamaño, por el agente activo que esterilizará, por precio del equipo, por capacidad instalada, entre otros.

Tabla II. Datos técnicos

| Equipo | Ubicación | Marca | Serie | No. de bien |
|-----------------------------------|----------------------------------|--------------|-----------|-------------|
| Autoclave de gas óxido de etileno | Central de equipos | Consolidated | 61185 | 1-0094-002 |
| Autoclave de gas óxido de etileno | Central de equipos maternidad | Huxley | 950913 | 1-0094-004 |
| Autoclave de gas óxido de etileno | Central de equipos adultos | Consolidated | 21998 | 1-0093-002 |
| Autoclave de gas óxido de etileno | Central de equipos adultos | Consolidated | 22098 | 1-0093-003 |
| Autoclave de gas óxido de etileno | Emergencia de adultos | Ta-chang | 950191379 | 1-0094-009 |
| Autoclave de gas óxido de etileno | Hospital de día | Udono | s/n | 1-0094-006 |
| Autoclave alimentada por vapor | Laboratorio clínico | Amsco | 23016 | 7-0600-001 |
| Autoclave de gas óxido de etileno | Laboratorio clínico | Jouan | s/n | 7-1215-004 |
| Autoclave de gas óxido de etileno | Laboratorio clínico | Jouan | s/n | 7-1215-003 |
| Autoclave alimentada por vapor | Laboratorio de leche maternidad | Morris | 4412e | 15-1400-001 |
| Autoclave de gas óxido de etileno | Laboratorio de microbiología | American | s/n | 1-0094-010 |
| Autoclave de gas óxido de etileno | Sala de operaciones de pediatría | American | s/n | 7-0390-016 |
| Autoclave alimentada por vapor | Sala de operaciones de adultos | Amsco | s/n | s/n |
| Autoclave de gas óxido de etileno | Sala de operaciones de adultos | Consolidated | 62085 | 1-0094-003 |

Fuente: elaboración propia.

2.2.6.8. Autoclaves y otros equipos implicados en los procesos de esterilización

La palabra autoclave no se limita a los equipos que funcionan con vapor de agua, ya que los equipos utilizados para esterilizar con óxido de etileno se denominan de la siguiente forma:

- Esterilización por peróxido de hidrógeno: este es un proceso en el que se regula la temperatura. No requiere altas temperaturas y consiste en la difusión de peróxido de hidrógeno en fase plasma (estado entre líquido y gas), que ejerce la acción biosida. El peróxido de hidrógeno no deja ningún residuo tóxico. Se convierte en agua y oxígeno al final del proceso. material no precisa aireación. El ciclo de esterilización dura entre 54 y 75 minutos. Entre las limitaciones es que no se pueden esterilizar objetos que contengan celulosa, algodón, líquidos, humedad, madera o instrumental con lúmenes largos y estrechos. Es el método de esterilización más caro de entre los mencionados.
- Esterilización por óxido de etileno: es un proceso de esterilización a baja temperatura entre los 30 y 60 grados centígrados, mediante el cual se somete a los microorganismos a la acción química del óxido de etileno. Se presenta como gas o líquido incoloro, puro o con mezcla (en general, con freón). Penetra con facilidad a través de materiales de goma y plástico en estado gaseoso. Es un agente esterilizante muy eficaz. Esteriliza todos los materiales termo sensibles que no se pueden esterilizar con vapor. El material esterilizado requiere aireación para que se eliminen los residuos del gas. La duración del ciclo es de 90 minutos y el periodo de aireación suele ser de 12 horas. Es inflamable, tóxico y reactivo, por lo que se necesita formación adecuada para su utilización, con el fin de evitar riesgos para la salud. La limitación más importante de este sistema es el periodo de aireación necesario para eliminar la toxicidad.¹

¹ SILVESTRE, Marcus; ANDREWS, Kenneth; WUCIUS, Wong; SMITH, John; THOMPSON, Andrew. *Esterilización de equipo médico*. p. 35.

2.2.6.9. Uso de las autoclaves

Una autoclave es un recipiente de presión metálico de paredes gruesas con un cierre hermético que permite trabajar a alta presión para realizar una reacción industrial, una cocción o una esterilización con vapor de agua a fin de desinfectar materiales e instrumentos quirúrgicos.

2.2.6.10. Operarios de autoclaves y manipulación de vapor

Se describen las acciones a tomar y considerar para la operación de autoclaves.

2.2.6.10.1. Problemas comunes en la manipulación del vapor

Las autoclaves a vapor se diseñan para emplear vapor a alta presión y temperatura para eliminar microorganismos. Una mala manipulación puede provocar una fuga de vapor generando una situación de riesgo para el área de operación, lo cual se podría traducir en quemaduras de primer grado.

2.2.6.10.2. Preparación previa de autoclaves

Verificar que las válvulas de vapor y desagüe estén cerradas. Llenar la cubeta de la autoclave con agua, preferiblemente descalcificada, hasta el nivel de la gradilla inferior. Cerrar la tapadera ejerciendo una fuerte presión, seleccionar o establecer el programa de trabajo. Poner en marcha el equipo.

2.2.6.10.3. Proceso de esterilización

El calor húmedo destruye los microorganismos por coagulación de sus proteínas celulares. La esterilización por vapor a presión se lleva a cabo en una autoclave. Estos equipos emplean vapor de agua saturado, a una presión de 15 libras lo que permite que la cámara alcance una temperatura de 121 °C.

2.2.7. Servicios atendidos por autoclaves

Se describen los servicios atendidos por las autoclaves del hospital en estudio.

2.2.7.1. Edificio central

Se encuentran concentradas las áreas de emergencia para adultos y especialidades médicas.

2.2.7.2. Edificio de pediatría

Está constituido por la atención a recién nacidos, neonatos y emergencia de niños.

2.2.7.3. Edificio de maternidad

El área de maternidad está diseñada para el control médico de la madre y el bebé, así como la asistencia en el momento del parto.

2.2.8. Análisis de costos

Se describe la situación de los costos de operación de los equipos.

2.2.8.1. Costos de mantenimiento

El costo de mantenimiento representa las reparaciones que se efectúan de emergencia. Estas que no están programadas en el plan de mantenimiento. Además, se suman los rubros de compra de repuestos, lubricantes y aditivos.

2.2.8.2. Costos técnicos profesionales

Representa el pago a técnicos, mecánicos para el mantenimiento correctivo y preventivo de los equipos del hospital en general.

2.2.8.3. Costos por mal manejo autoclaves

Representan los daños que se hacen al equipo por mala operación del trabajador encargado de la esterilización de equipos. Esto es un paro no programado que genera una fluctuación en los costos.

2.2.8.4. Otros costos

En ocasiones se trabaja con terceras personas el servicio de mantenimiento y reparación. Es decir, un aumento en el presupuesto del área de mantenimiento.

2.3. Análisis FODA

Se presenta el análisis FODA del área de esterilización del hospital en estudio.

Tabla III. **Análisis FODA del área de esterilización**

| Fortaleza | Debilidad | Oportunidad | Amenaza |
|---|---|---|---|
| Cuenta con presupuesto asignado por la dirección del hospital. | No se le da mantenimiento predictivo. | Contar con programas de mantenimiento preventivo y correctivo programado. | Que no se cumpla con la cobertura de servicio por falta de equipo. |
| Personal calificado para su operación. | No se actualiza inventario de repuestos. | Tecnificación del personal. | Fallo general del sistema de mantenimiento. |
| Equipo es propio del hospital. | No se cuenta con registro de mantenimiento. | Reducción de costos por paros no programados. | Personal de mantenimiento renuncie y no se tenga mano de obra disponible ante una emergencia. |
| Cuenta con varios equipos para cubrir la demanda de servicio del hospital en tiempo normal y emergencias médicas. | No se da seguimiento a las acciones de mantenimiento. | Ahorro en la factura energética. | Falta de repuestos por parte de los proveedores. |

Fuente: elaboración propia.

3. PROPUESTA PARA MEJORA DEL MONTAJE Y MANTENIMIENTO DE AUTOCLAVES

3.1. Montaje de autoclaves

Se describen las acciones a tomar para el montaje de autoclaves y sus consideraciones técnicas.

3.1.1. Evitar calentamiento al ambiente de trabajo

Mantener el área de trabajo con una ventilación adecuada, previniendo una contaminación cruzada por el aire. Se debe colocar extractor para la renovación del aire.

3.1.2. Evitar vibraciones al equipo

Las vibraciones pueden provocar un desajuste en la calibración de los equipos, los cuales no tendrán el rendimiento óptimo para el proceso de esterilización.

3.1.3. Aprovechamiento de espacios

La adecuación del equipo en un proceso de flujo continuo permitirá tener áreas con mayor circulación del personal, así como el acceso a los equipos y será más fácil realizar las inspecciones de mantenimiento.

3.1.4. Mejor manejo del vapor

Medir la presión y temperatura del vapor para tener una esterilización completa y sin riesgos.

3.1.5. Evitar pérdidas de energía

El gasto de energía para aumentar la presión y la temperatura dentro de la cámara es mínimo. Este es uno de los motivos para la elección del agua como el fluido para trabajar en la autoclave.

3.1.6. Evitar accidentes al personal

Dentro de los problemas que puede presentarse es la posible explosión de la autoclave. Este evento puede tener diversas causas, todas prevenibles. Para entender el por qué se originan se debe recordar que la autoclave funciona con vapor de agua a una presión superior a la atmosférica, al acumularse o generarse de forma súbita es la responsable de que falle la puerta, pudiendo salir proyectada a gran velocidad, con el riesgo al operador y para otras personas que se encuentren cercanas.

3.1.7. Documentación del proceso

Todo servicio debe tener un registro de las operaciones y bitácoras de programación de mantenimiento preventivo y correctivo.

3.2. Mantenimiento de autoclaves

Se presenta las acciones a realizar para el mantenimiento de autoclaves en el hospital en estudio.

3.2.1. Mantenimiento preventivo

La autoclave es un equipo que demanda mantenimiento preventivo permanente, debido a la gran cantidad de componentes y tecnologías que lo constituyen.

Se encauza el mantenimiento hacia aquellas rutinas básicas que pueden realizar los operadores del equipo. Para ejecutar el mantenimiento detallado convendrán seguir las instrucciones determinadas en los manuales de servicio de los fabricantes.

3.2.1.1. Cronograma de actividades del mantenimiento preventivo

Se presenta el cronograma de actividades a realizar de forma diaria, semanal y mensual.

Tabla IV. **Mantenimiento de autoclave**

| Frecuencia | Acciones |
|--|---|
| <p style="text-align: center;">Diaria</p> | <p>Antes de iniciar los procesos de esterilización deberán realizarse las siguientes verificaciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Colocar una nueva plantilla o carta en el dispositivo de registro, para documentar el desarrollo del ciclo de esterilización. 2. Controlar que las plumillas registradoras disponen de tinta. 3. Asegurar que las válvulas de suministro de agua fría, aire comprimido y vapor estén abiertas. 4. Accionar el interruptor que permite calentar la cabina de la autoclave. Este control, al activarse, permite el ingreso de vapor a la camisa de la cámara de esterilización. Al ingresar el vapor empieza el proceso de calentamiento de la cámara de esterilización. Mantener la puerta de la autoclave cerrada hasta el momento que se coloque la carga a esterilizar, para evitar pérdidas de calor. 5. Verificar que la presión de la línea de suministro de vapor sea de al menos 2,5 bar. 6. Comprobar el estado de los manómetros y de los termómetros. 7. Controlar que no se presenten fugas de vapor en ninguno de los sistemas que operan en la autoclave. 8. Limpiar con un trapo húmedo el frente de la autoclave: controles, indicadores y manijas. |
| <p style="text-align: center;">Semanal</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Limpiar el filtro del drenaje de la cámara de esterilización. Retirar cualquier residuo retenido en él. 2. Limpiar internamente la cámara de esterilización utilizando productos de limpieza que no contengan cloro. Incluir, en la limpieza, las guías de las canastas usadas para colocar los paquetes. 3. Limpiar con una solución acetificada, si se esterilizan soluciones con cloro. El cloro causa corrosión, incluso en implementos de acero inoxidable. Lavar con agua abundante. |

Continuación de la tabla IV.

| Frecuencia | Acciones |
|------------|--|
| Semanal | <p>4. Limpiar las superficies externas inoxidables con un detergente suave. Eventualmente, podría utilizarse un solvente como el cloro etileno, procurando que este no entre en contacto con superficies que tengan recubrimientos de pintura, señalizaciones o cubiertas plásticas.</p> <p>5. En autoclaves con puerta de accionamiento manual verificar que los mecanismos ajustan bien y que su operación es suave.</p> <p>6. Drenar el generador de vapor (en equipos que disponen de este accesorio). Para esto se abre una válvula ubicada en la parte inferior del generador que permite extraer su contenido. Por lo general, se hace al finalizar las actividades de la semana. Seguir las recomendaciones que para este propósito indica el fabricante del equipo.</p> <p>7. Nunca utilizar lana de acero para limpiar internamente la cámara de esterilización.</p> |
| Anual | <p>1. Limpiar todos los filtros.</p> <p>2. Comprobar y ajustar el nivel del tanque de alimentación de agua. Se debe encontrar dentro de los 20 mm del máximo nivel.</p> <p>3. Verificar y ajustar la tensión de los resortes de las válvulas de diafragma.</p> <p>4. Desmontar, limpiar y ajustar las válvulas de seguridad.</p> <p>5. Cambiar el filtro de aire.</p> <p>6. Efectuar un proceso general de esterilización comprobando en detalle: presión, temperatura, tiempos requeridos para completar cada fase del ciclo, estado de las lámparas de señalización del proceso, funcionamiento del sistema de registro. Verificar que el funcionamiento se encuentre dentro de las tolerancias definidas por el fabricante.</p> |

Fuente: elaboración propia.

3.2.1.2. Realización del mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo puede ser realizado por el operador en conjunto con el técnico designado por el departamento de Mantenimiento.

3.2.1.3. Reducción de los tiempos entre falla y falla de los elementos que conforman los equipos

Para la reducción de fallas se debe utilizar indicadores de servicio, hojas de control de inspecciones y cronograma de operaciones de registro.

3.2.1.4. Formas de recepción del mantenimiento realizado

La recepción de un equipo se basa en la orden de servicio emitida para su inspección, supervisión y reparación según sea el caso tipificado.

Tabla V. **Hoja de recepción de equipo**

| | | | | |
|----------------------------|----------------------|----------------|---------------------|---------------|
| Fecha de reporte de daño | | Área | | Equipo |
| Fecha de entrega de equipo | | Responsable | | Supervisa |
| Código del equipo | Ubicación del equipo | Daño reportado | Fecha de evaluación | Observaciones |
| | | | | |

Fuente: elaboración propia.

3.2.1.5. Personal exclusivo a cargo de la supervisión de las buenas prácticas de mantenimiento

El personal de mantenimiento es el único autorizado para realizar las tareas de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo de los equipos de todas las áreas del hospital.

3.2.2. Mantenimiento correctivo

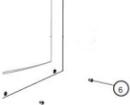
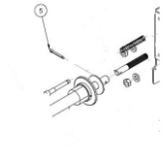
Se presenta las acciones a tomar para el mantenimiento correctivo de las autoclaves.

3.2.2.1. Stock de materia prima y repuestos

Se debe contar con un inventario de repuestos que sean útiles en el momento de identificar una falla y sea reparada en la brevedad posible. Esto ahorra la gestión de realizar una compra con el proveedor o sucursales de repuestos que pueden tomar un tiempo en ser despachadas.

A continuación, se describe los repuestos de autoclave.

Tabla VI. Repuestos de autoclave

| | |
|----------------------|--|
| Bomba de vacío |  A photograph of a vacuum pump, likely a rotary vane pump, with a black circular flange on the left and a grey metal body with various ports and a label on the right. |
| Tornillo de sujeción |  A technical drawing of a locking screw, showing a long shaft with a hexagonal head and a small circular feature on the side. |
| Membrana |  A photograph of a circular membrane, which is a dark grey, slightly textured disc with a central hole. |
| Pasador inox |  A technical drawing of an inox pin, showing a cylindrical shaft with a hexagonal head and a small circular feature on the side. |
| Llave allen |  A technical drawing of an L-shaped Allen key, showing a long shaft with a hexagonal end and a shorter, bent section. |

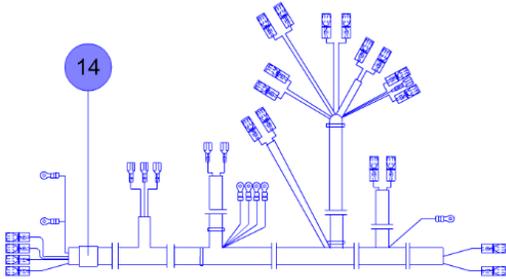
Continuación de la tabla VI.

| | |
|---------------------------------|---|
| Abrazadera |  |
| Sensor de conductividad de agua |  |
| Presostato de seguridad |  |
| Kit transductor de presión |  |

Continuación de la tabla VI.

| | |
|---------------------------|--|
| Rodamiento clásico |  |
| Kit de patas traseras |  |
| Kit de bomba de inyección |  |
| Kit pantalla LCD |  |

Continuación de la tabla VI.

| | |
|-------------------------------|--|
| <p>Generador de vapor</p> |  |
| <p>Cables de alimentación</p> |  |
| <p>Circuito</p> |  |

Fuente: elaboración propia.

3.2.2.2. Eficiencia y eficacia de la realización del mantenimiento correctivo

“Los indicadores son parámetros cuantitativos de control para determinar el comportamiento y la efectividad del sistema de mantenimiento de un sistema productivo. Estos parámetros son absolutos o relativos.”²

La confiabilidad de una unidad productiva es la garantía o probabilidad de que producirá el producto requerido por sus clientes. Se caracteriza por el tiempo promedio entre fallas (TPEF).

$$\text{Confiabilidad} - \text{TPEF} = \frac{\text{horas de operación}}{\text{número total de fallas}}$$

TPEF: tiempo promedio entre fallas

HROP: horas de operación

NTFALLAS: número total de fallas

El tiempo promedio para reparar es un parámetro de medición asociado a la mantenibilidad, es decir, a la ejecución del mantenimiento. El mantenimiento, definido como la probabilidad de devolver el equipo a condiciones operativas en un cierto tiempo utilizando procedimientos prescritos. Este es una función del diseño del equipo (factores como accesibilidad, modularidad, estandarización y facilidades de diagnósticos, facilitan enormemente el mantenimiento). Para un diseño dado, si las reparaciones se realizan con personal calificado y con herramientas, documentación y procedimientos prescritos, el tiempo de

² GARCÍA PALENCIA, Oliverio. *Comportamiento y efectividad del sistema de mantenimiento de un sistema productivo*. p. 45.

reparación depende de la naturaleza del fallo y de las mencionadas características de diseño.

$$TPPR = \text{tiempo de averías} / \text{número de averías}$$

$$\text{tasa de reparación } (\mu) = 1 / TPPR$$

3.2.2.3. Reducción de paro de equipo por falta de repuestos

Al contar con un inventario de repuestos, herramientas, aditivos, lubricantes se logra cubrir la demanda de servicios.

3.3. Mantenimiento de red de alimentación de vapor

Se describe las acciones a realizar para el mantenimiento de la red de alimentación de vapor.

3.3.1. Mantenimiento preventivo

El programa de mantenimiento preventivo tiene relación con la red de tuberías que alimenta el sistema.

3.3.1.1. Programa de análisis de la red

Debido a la importancia del mantenimiento preventivo en la prolongación de la vida útil de los elementos de distribución de vapor, ya que el mantenimiento ayuda al funcionamiento adecuado de los elementos que integran la red de vapor, es necesario que se lleven a cabo las siguientes acciones.

Tabla VII. **Mantenimiento de la válvula de la compuerta**

| | |
|-------------------------|--|
| <p>Revisión externa</p> | <p>Verificar periódicamente que la válvula se encuentre completamente abierta o cerrada para evitar erosión en el disco o cuña. La válvula debe estar siempre que sea posible con el vástago en posición vertical. Revisar que no existan fugas en las conexiones de la válvula, vástago y bonete.</p> |
| <p>Limpieza externa</p> | <p>Limpiar las roscas del vástago que se encuentran afuera del cuerpo de la válvula, ya que deben mantenerse limpias y libres de polvo o de cualquier otra suciedad para que no exista ningún problema cuando se quiera accionar.</p> |
| <p>Limpieza interna</p> | <p>Limpiar el cuerpo y cuña de la válvula de cualquier suciedad o incrustación para evitar que la válvula no pueda realizar un cierre hermético o que la válvula pueda quedar obstruida.</p> |

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Mantenimiento de válvula de globo**

| | |
|------------------|--|
| Revisión externa | La válvula debe estar instalada de modo que la presión esté debajo del disco, excepto en servicio con vapor a alta temperatura. Revisar que no existan fugas en las conexiones de la válvula, vástago y asiento de la válvula. |
| Limpieza externa | Las roscas del vástago que se encuentran fuera del cuerpo de la válvula deben mantenerse limpias y libres de polvo o de cualquier otra suciedad, para que no exista ningún problema cuando se quiera accionar. |
| Limpieza externa | El cuerpo de la válvula debe de limpiarse para evitar que existan incrustaciones en el asiento y esto evite un cierre hermético de la válvula. |
| Prueba funcional | La válvula debe ser accionada periódicamente para evitar que la misma se pegue por falta de uso y se tenga que usar un gran torque para accionarla. Hay que abrir ligeramente la válvula para expulsar los cuerpos extraños del asiento. |

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Mantenimiento preventivo de válvula de retención**

| | |
|------------------|---|
| Revisión externa | Revisar que la válvula está instalada con la flecha en el sentido del flujo. Revisar que la válvula esté en posición horizontal, la entrada y la salida deben estar al mismo nivel para que la plaqueta actúe libremente. |
| Limpieza externa | Las conexiones y las tuberías deben estar completamente limpias y libres de partículas como escorias, óxido y polvo. |
| Limpieza interna | Limpieza de partes de la válvula, así como del interior del cuerpo de la válvula para evitar mal funcionamiento por causa de suciedad. |

Fuente: elaboración propia.

3.3.1.2. Exámenes visuales a tuberías

La inspección visual en las tuberías se debe hacer con el objeto de determinar el grado de desgaste que tienen por la corrosión que las ataca. En la cuales se evalúan las condiciones climáticas en las que se exponen las mismas, diseño de aislamiento, calidad del recubrimiento y condiciones de servicio.

3.3.1.3. Exámenes auditivos a tuberías

Se evalúa las condiciones en las que el vapor circula si se escucha un flujo constante o tiene interrupción del paso dentro de la tubería.

3.3.2. Mantenimiento correctivo

Se realiza cuando una autoclave ha dejado de funcionar completamente o el proceso de esterilización es incompleto.

3.3.2.1. Colocación de aislamiento térmico a tuberías

El aislamiento en las tuberías se utiliza para reducir la pérdida de calor sobre consideraciones de tipo económico. Una conductividad térmica baja es la propiedad que distingue a un aislamiento térmico. Dependiendo del uso, otras propiedades pueden ser consideradas como la resistencia, dureza, densidad, compresibilidad, calor específico y la resistencia a las bajas y altas temperaturas. Existen muchos materiales aislantes para tubería como el de 85 % de magnesio (ligada con fibra de vidrio), la fibra de vidrio, el silicato de calcio, entre otros.

3.3.2.2. Eliminación de fugas de vapor

Cuando exista fuga en el cuerpo del elemento de codos, uniones, reductores se debe realizar las siguientes acciones:

- Esperar a que la presión dentro del sistema se desvanezca.
- Desmontar el elemento.
- Cambiar el elemento por uno nuevo de igual magnitud y especificaciones.
- Montar el nuevo elemento en la red.

3.3.2.3. Colocación de color a tuberías para identificación del tipo de fluido que conduce el ducto

Para evitar estos accidentes se debe colocar al revestimiento calcomanías que indiquen que es tubería de vapor. Se le puede pintar las franjas de color a la tubería sin revestimiento, utilizando el código de color que existe en el departamento de mantenimiento pero que no lo utilizan. Este es:

- Dos franjas amarillas tubería de vapor.
- Una franja amarilla y una anaranjada tubería de retorno de vapor.

3.3.3. Solicitud de mantenimiento correctivo

Se presentan los formatos para la solicitud de mantenimiento en la red de tuberías.

3.3.3.1. Implementación de órdenes de trabajo

La orden de trabajo permite establecer las acciones a realizar para la inspección, evaluación, reparación y reconexión del sistema. Además, se indican las personas responsables de la tarea de mantenimiento.

3.3.3.2. Modelo de orden de trabajo

Se presenta el modelo de la orden de trabajo para mantenimiento de la red.

Tabla X. **Orden de trabajo**

| | | | | |
|-------------------------------------|-------------------|----------------------|---------------|-------------------|
| Departamento | | Sección | | Código de trabajo |
| Mantenimiento preventivo correctivo | Daño identificado | Área del daño | Observaciones | |
| Descripción del servicio | | | | |
| Técnico | | Supervisa | | Autoriza |
| Fecha | | Elementos utilizados | | |

Fuente: elaboración propia.

3.3.3.3. Estudio de demanda de órdenes de trabajo

Se presenta el estudio de demanda de órdenes de trabajo. Se tomó el mes de enero, 2020, para la evaluación.

3.3.3.3.1. Frecuencia de llegada de órdenes de trabajo

En la tabla XI, a continuación, se presenta la tasa de llegada de órdenes de trabajo.

Tabla XI. **Orden de llegada**

| Enero 2020 | | | |
|------------|----------------|---|----------------|
| Día | No. de órdenes | Día | No. de órdenes |
| 1 | 1 | 18 | 1 |
| 2 | 2 | 19 | 1 |
| 3 | - | 20 | 1 |
| 4 | 2 | 21 | 1 |
| 5 | 2 | 22 | 1 |
| 6 | 1 | 23 | 2 |
| 8 | 2 | 24 | 1 |
| 9 | 2 | 25 | 1 |
| 10 | 1 | 26 | 2 |
| 11 | 1 | 27 | 1 |
| 12 | 1 | 28 | 2 |
| 13 | 2 | 29 | 1 |
| 14 | - | 30 | 1 |
| 15 | - | 31 | 1 |
| 16 | 2 | Observaciones: Durante el mes de enero se tuvo 36 solicitudes de servicio. | |
| 17 | 1 | | |

Fuente: elaboración propia.

3.3.3.3.2. Órdenes de trabajo no realizadas

Se presenta el resumen de las órdenes no realizadas.

Tabla XII. **Órdenes no realizadas**

| Enero 2020 | | | |
|------------|----------------|---|----------------|
| Día | No. de órdenes | Día | No. de órdenes |
| 1 | | 18 | |
| 2 | | 19 | |
| 3 | | 20 | |
| 4 | | 21 | |
| 5 | 1 | 22 | |
| 6 | 1 | 23 | 1 |
| 8 | | 24 | |
| 9 | | 25 | |
| 10 | | 26 | |
| 11 | | 27 | |
| 12 | | 28 | |
| 13 | | 29 | |
| 14 | | 30 | |
| 15 | | 31 | |
| 16 | | Observaciones: Durante el mes de enero no se realizaron 3 órdenes de servicio. | |
| 17 | | | |

Fuente: elaboración propia.

3.3.3.3. **Órdenes de trabajo realizadas**

Durante el mes de enero se realizaron 36 órdenes de servicio, 3 se dejaron de hacer y 33 se efectuaron para una cobertura del 92 %.

3.3.3.3.4. Almacenamiento y uso de información de órdenes de trabajo

Para su almacenamiento se debe tener un software de registro de mantenimiento para la cobertura de órdenes de trabajo, como para el control de inventario de repuestos insumos.

Al trabajar con el software toda la información de la operación realizada es almacenada, quedando disponible en el sistema. Se facilita el proceso de transacciones y el manejo de información.

Provee una planificación y control del mantenimiento de la planta, a través de la calendarización, las inspecciones, mantenimiento de daños y administración de servicios para asegurar la disponibilidad de los sistemas operacionales.

Para la utilización del programa se presenta la descripción de cada fase para la ejemplificación del usuario.

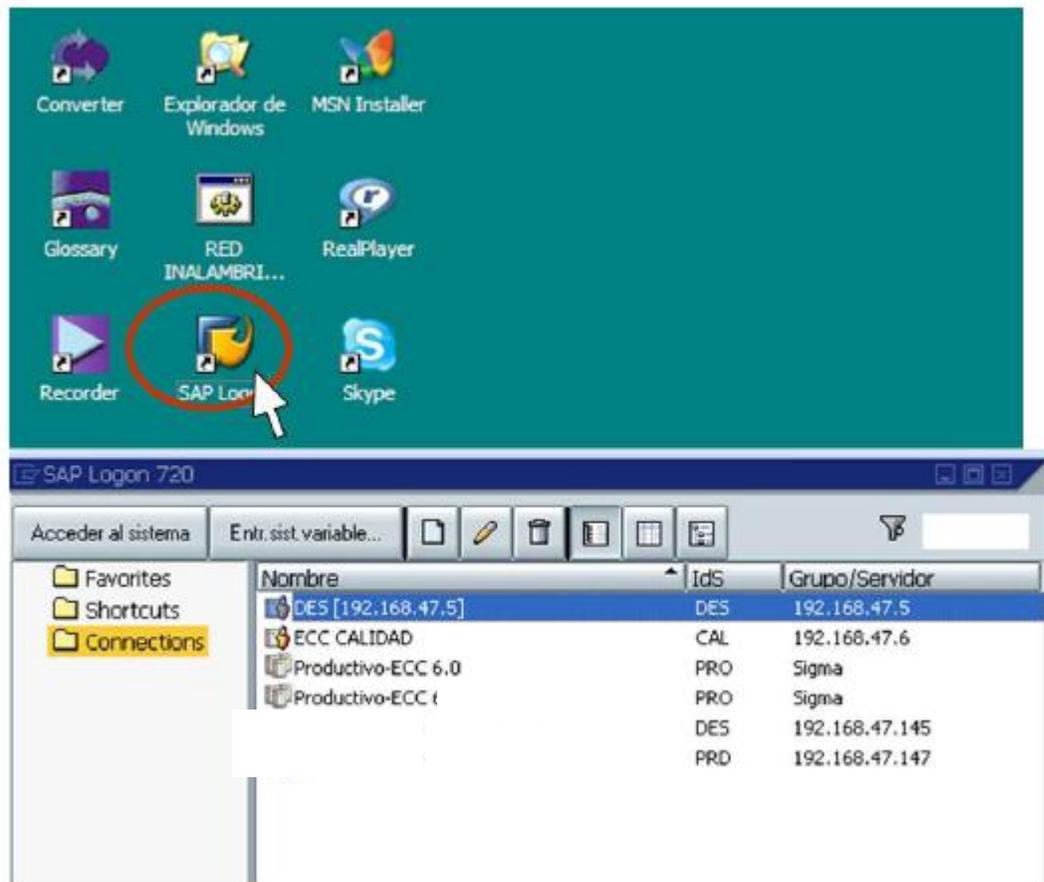
- Navegación: para el ingreso al sistema se debe dar doble clic en el icono de SAP, seguidamente aparecerá el ingreso al sistema SAP.

Figura 4. **Icono de SAP en la pantalla**



Fuente: elaboración propia.

Figura 5. Pantalla de ingreso al sistema SAP



Fuente: elaboración propia.

- El ambiente del sistema SAP se basa en el desarrollo. En él se realizan los programas, ajustes y funciones del programa: DES (desarrollo).
- El sistema de prueba en el cual se efectúan comandos para verificar si se está operando de forma correcta: QAS (prueba).
- PRD que significa producto, el cual es el ambiente real de trabajo.

Para ingresar al sistema se debe color en los campos, colocar el usuario de la persona que realiza la gestión, contraseña, de lo contrario el programa no permitirá el acceso.

Figura 6. Navegación e ingreso al sistema SAP

Ingrese el usuario

Ingresar password. Por seguridad, se mostraran asteriscos

Seleccione el idioma de trabajo. Si lo deja en blanco, tomara el idioma por defecto (en este caso Español)

<ENTER>

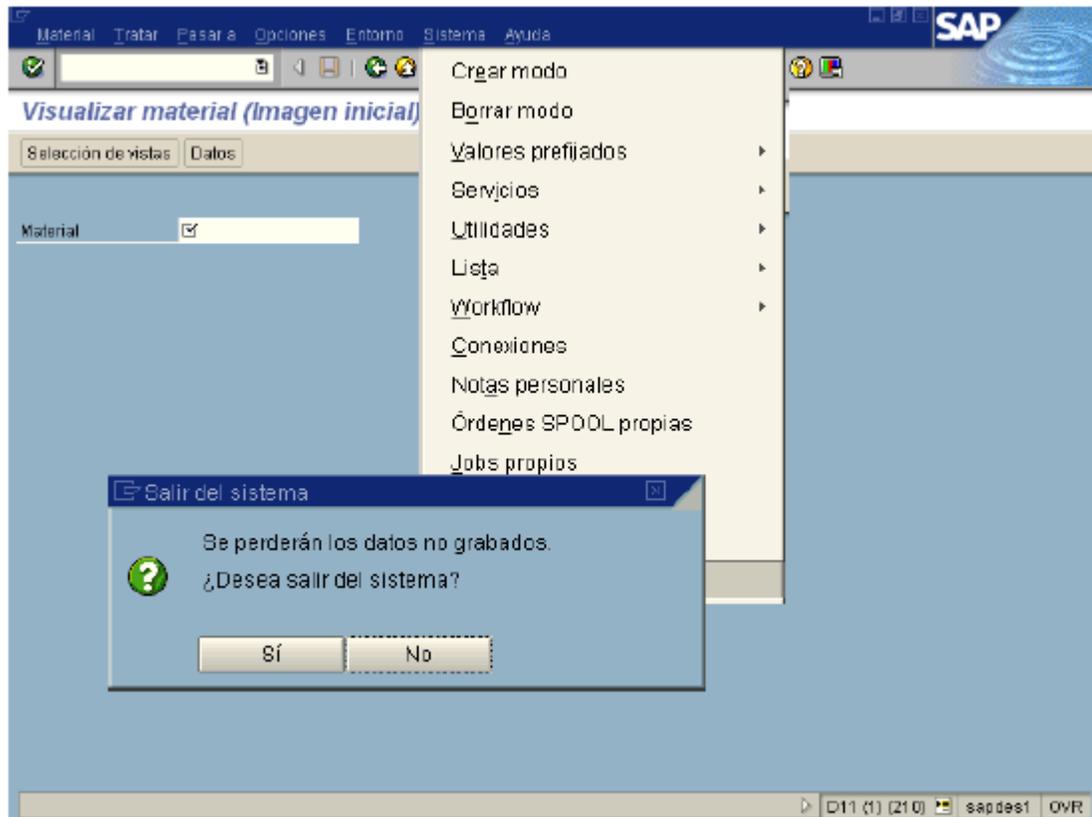
Si es la primera vez que ingresa el sistema le pedirá que cambie la clave.

Reglas para crear la contraseña:

1. Debe tener al menos 3 caracteres y no más de 8.
2. Pueden utilizarse letras y/o números; también son válidos los signos de puntuación.
3. No debe iniciar con signos de admiración, signos de interrogación, espacio en blanco ni con 3 caracteres idénticos.
4. No debe ser igual a otra contraseña anterior del usuario.

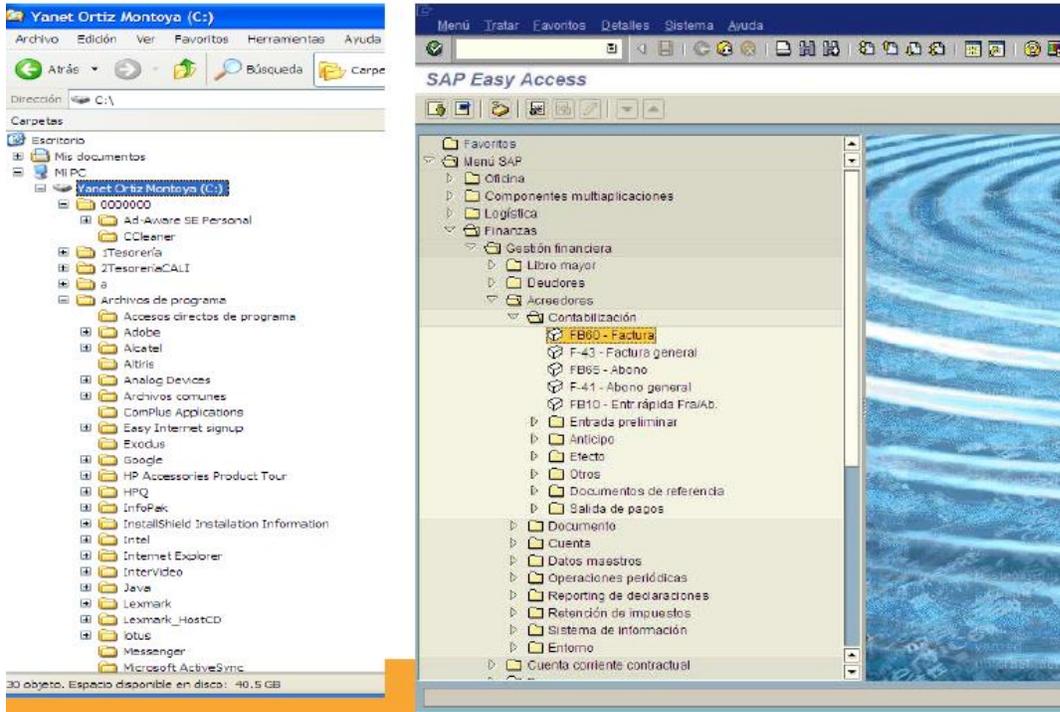
Fuente: elaboración propia.

Figura 7. Salir del sistema



Fuente: elaboración propia.

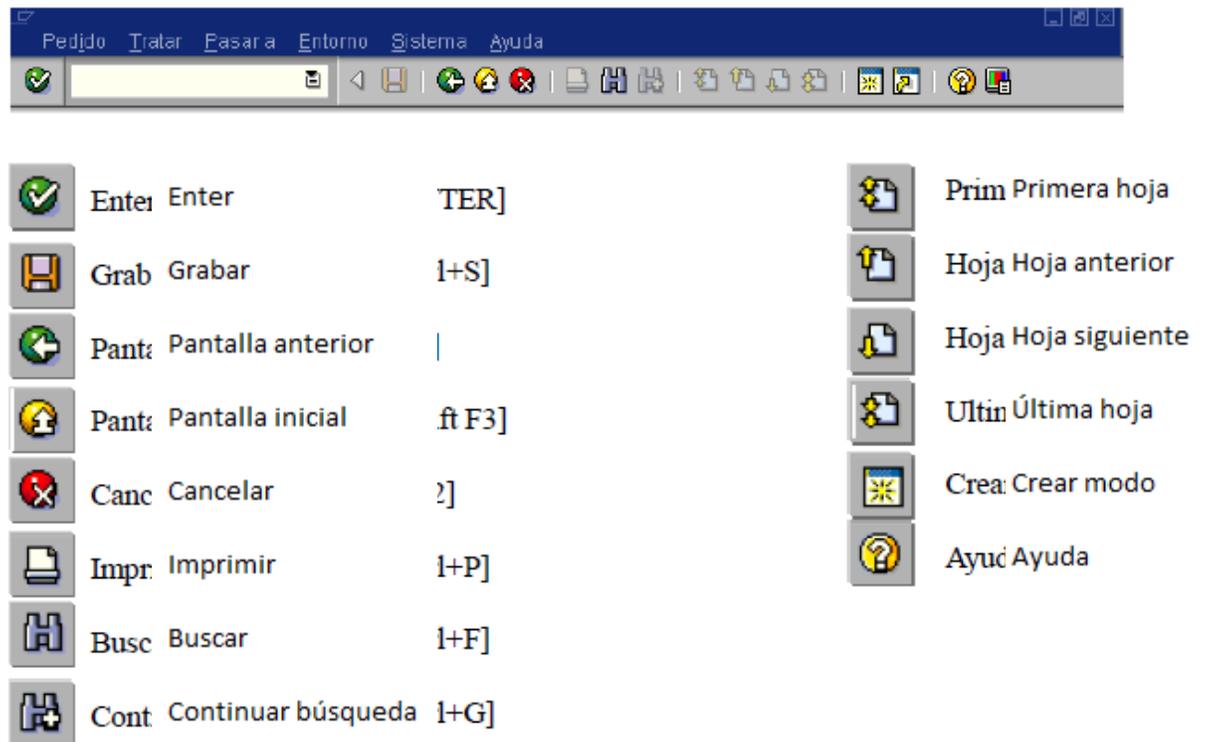
Figura 8. Navegación dentro del sistema SAP



Fuente: elaboración propia.

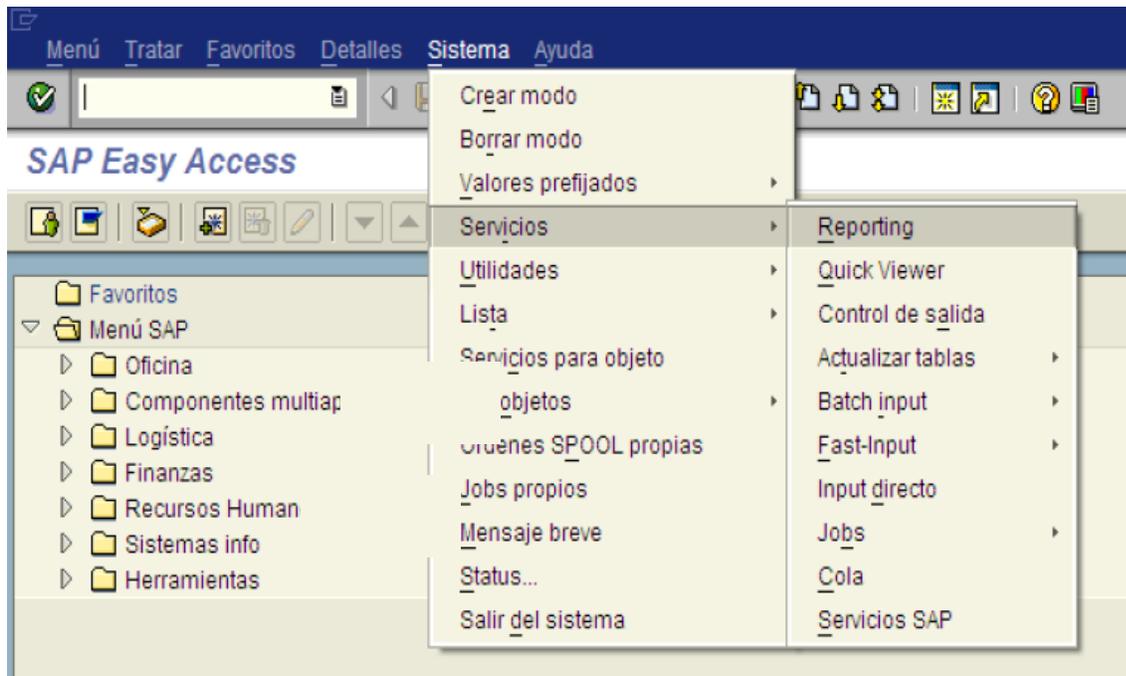
En el sistema SAP las operaciones que se realizan se pueden acceder por medio de un menú. A continuación, se presenta una descripción de los iconos básicos que permiten la interacción con el funcionamiento del sistema.

Figura 9. Iconos básicos de SAP



Fuente: elaboración propia.

Figura 10. **Funciones del sistema SAP**



Fuente: elaboración propia.

3.4. **Implementación del uso de bitácoras**

Las bitácoras permiten el registro de las acciones realizadas en cada equipo asignado.

3.4.1. **Bitácoras**

Se presenta el formato para el control de las bitácoras de servicio.

Tabla XIII. **Bitácora de servicio**

| Mantenimiento Preventivo | | | | | |
|--|--|--------------|--|-------------------------------|-------------|
| Fecha Realización | | Contrato No. | | Fecha de suscripción contrato | Contratista |
| Observaciones | | | | | |
| | | | | | |
| *El diligenciamiento de este formato es digital, podrá adicionarse el numero de campos necesarios cada vez que se relize un nuevo mantenimiento. | | | | | |
| Mantenimiento Correctivo | | | | | |
| Fecha Realización | | Contrato No. | | Fecha de suscripción contrato | Contratista |
| Observaciones | | | | | |
| | | | | | |

Fuente: elaboración propia.

3.4.2. **Uso de las bitácoras**

Las bitácoras se emplean de uso diario para establecer las áreas de trabajo, equipos inspeccionados, repuestos utilizados y evaluar las condiciones generales del funcionamiento del sistema.

3.4.3. **Beneficios del uso de bitácoras**

Tiene como objetivo llevar un registro de cada día en relación al mantenimiento preventivo y correctivo que se haga en el hospital.

3.5. **Señalización industrial**

El Acuerdo Gubernativo 229-2014, en su Capítulo III señalización de los locales de trabajo describe.

Que las señales de seguridad se emplean para identificar riesgos, ubicación de extintores, mangueras para incendios, rutas de evacuación. Las señales utilizan mensajes para indicar una prohibición, obligación, salvamento. Las figuras geométricas que se usan son círculos, triángulos, cuadrados, rectángulos y colores de seguridad.

3.5.1. Colocación de rótulos

Artículo 108. “Para lo concerniente a la clasificación de avisos, símbolos, pictogramas, señales y sus dimensiones, diseños e iluminación, debe tomarse en cuenta lo dispuesto en las normas específicas para señalización de SSO en los centros de trabajo. Siempre que sea necesario, el patrono debe adoptar las medidas precisas para que en los lugares de trabajo exista una señalización de seguridad y salud”.³

3.5.2. Pintar en suelo y otros

La separación entre máquinas y equipos de trabajo debe ser para que los trabajadores ejecuten su labor cómodamente y sin riesgo. Nunca será menos de noventa centímetros, exceptuando cuando en el proceso de producción se requiera que las mismas estén en línea. Contándose esta distancia a partir del punto más saliente o relevante del recorrido de las piezas móviles de cada máquina. Cuando existan máquinas o equipos con piezas móviles que invadan en su desplazamiento una zona de espacio libre. La circulación del personal quedará señalizada con franjas pintadas en el suelo, de color amarillo de diez centímetros. De ancho que delimiten el lugar por donde deba transitarse.⁴

3.5.3. Proponer plan de seguridad industrial

El plan de prevención de riesgos laborales es la herramienta a través de la cual se integra la actividad preventiva de la empresa en su sistema general de

³ Diario de Centroamérica. *Reformado según Artículo 15 del Acuerdo Gubernativo 33-2016.* p. 8.

⁴ *Ibíd.*

gestión tanto en el conjunto de sus actividades como en todos los niveles jerárquicos de la misma.

El plan de prevención de riesgos laborales debe ser aprobado por la dirección de la empresa. Asumido por toda su estructura organizativa, en particular por todos sus niveles jerárquicos y conocido por todos los trabajadores de la misma.

El plan de prevención incluye:

- La organización de la producción en cuanto a la identificación de los distintos procesos técnicos, las prácticas y los procedimientos organizativos existentes en la empresa, en relación con la prevención de riesgos laborales.
- La organización de la prevención en la empresa, indicando la modalidad preventiva elegida y los órganos de representación existentes.
- La política, los objetivos y metas que en materia preventiva pretende alcanzar la empresa, así como los recursos humanos, técnicos, materiales y económicos de que va a disponer al efecto.
- Política de seguridad y salud en el trabajo.
 - La organización con objeto de desarrollar una gestión eficaz de la seguridad y salud de sus trabajadores ha determinado los principios rectores de su política que se desarrollarán de forma integrada con el resto de los procesos.

- La dirección de la organización define esta política de seguridad y salud en el trabajo partiendo del principio fundamental de proteger la vida, integridad y salud de todos los trabajadores, tanto propios como de empresas colaboradoras.

- Dicha política se sustenta en los siguientes principios:
 - Es apropiada a la naturaleza y magnitud de los riesgos para la SST de la organización.

 - Incluye un compromiso de prevención de los daños y el deterioro de la salud, y de mejora continua de la gestión de la SST y del desempeño de la SST.

 - Incluye un compromiso de cumplir. Al menos con los requisitos legales aplicables y con otros requisitos que la organización suscriba relacionados con sus peligros para la SST.

 - Proporciona el marco de referencia para establecer y revisar los objetivos de SST.

 - Se documenta, implementa y mantiene.

 - Se comunica a todas las personas que trabajan para la organización, con el propósito de hacerles conscientes de sus obligaciones individuales en materia de SST.

 - Está a disposición de las partes interesadas.

- Se revisa periódicamente para asegurar que sigue siendo pertinente y apropiada para la organización.

3.5.3.1. Minimización de condiciones inseguras

Los equipos o herramientas deben estar resguardados para el uso del personal autorizado. Se debe restringir el acceso del personal no asignado a esas áreas y al público en general.

3.5.3.2. Implementos, accesorios y otros para protección personal

Deberán utilizarse los siguientes equipos de protección individual: guantes largos frente al riesgo térmico, que presenten resistencia frente al calor de contacto y buen agarre, de acuerdo con la norma UNE-EN-407. En el caso de que se manipulen objetos cortantes o punzantes, según norma UNE-EN-388, deberán tener resistencia al corte, rasgado y perforación. Gafas de seguridad frente al riesgo de proyección de líquidos y partículas. Además de los equipos de protección individual anteriormente señalados deberá utilizarse la siguiente ropa de trabajo: bata de laboratorio, zapatos cerrados y cofia para la protección de la cabeza.

Figura 11. **Equipo de protección para uso de autoclave**



Fuente: elaboración propia.

Figura 12. **Personal de manejo de autoclave**



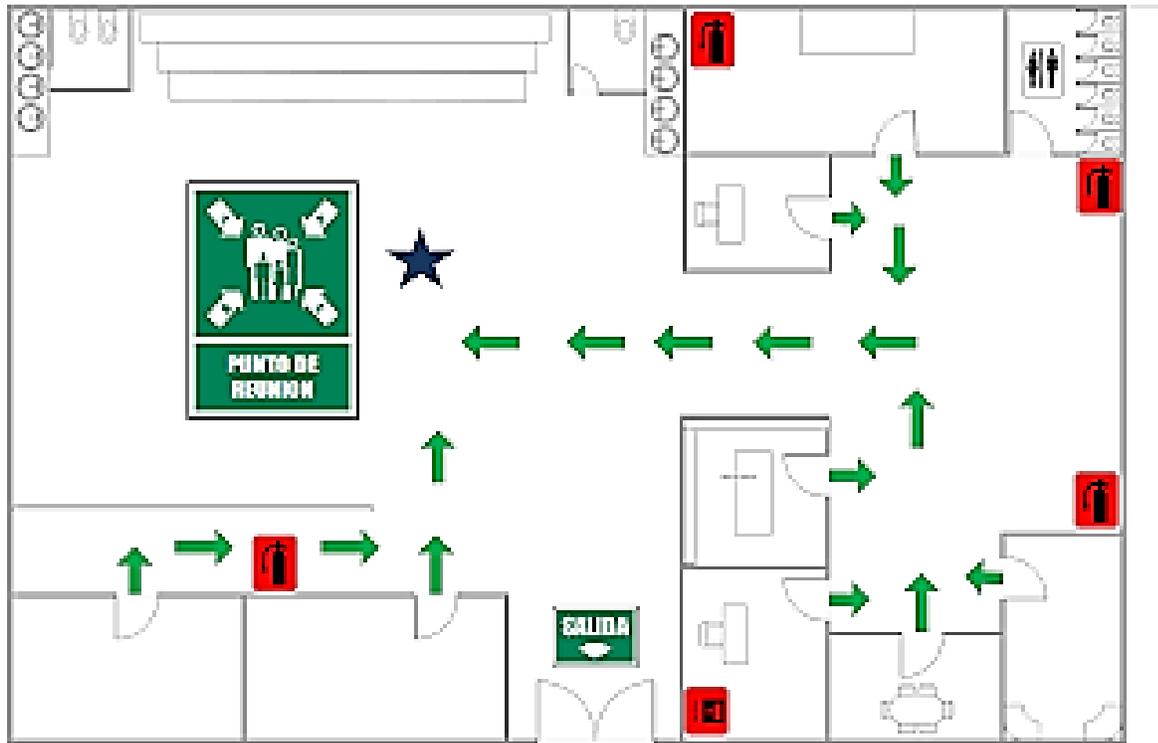
Fuente: elaboración propia.

3.5.3.3. Minimización de riesgos

Se debe de regir con base a las normas mínimas de seguridad en edificaciones e Instalaciones de uso público. Según con el acuerdo p- 04-2011, por la coordinadora nacional para la reducción de desastres CONRED. Esta tiene como objetivo: establecer los requisitos mínimos de seguridad que deben observarse en edificaciones e instalaciones de uso público, para resguardar a las personas en caso de eventos de origen natural o provocado que puedan poner en riesgo su integridad física. Las normas mínimas de seguridad constituyen el conjunto de medidas y acciones que deben ser implementadas en las edificaciones e instalaciones de uso público para alcanzar el objetivo descrito.

De igual forma, se deben de definir las rutas de evacuación de las instalaciones para lo cual se presenta el siguiente esquema.

Figura 13. **Plano de rutas de evacuación**



Fuente: elaboración propia.

3.6. **Adiestramiento a personal operativo de autoclaves**

Se describen las medidas a tomar para el personal operativo de autoclaves.

3.6.1. **Uso del equipo**

Para trabajar con seguridad, el personal debe recibir la formación adecuada en el uso correcto de las autoclaves, asimismo llevar ropa y equipo de protección personal. También se recomienda implementar lo siguiente:

- Nombre de la persona que lleva a cabo las operaciones con la autoclave, debe conservarse en una lista, en el lugar donde se usa el equipo. De esta manera si se produce un problema la persona puede ser contactada.
- Todo el personal debe recibir la formación antes de operar una autoclave por una persona designada y altamente calificada.
- La documentación de la autoclave debe estar situada en un lugar cercano al equipo en caso de necesidad.
- Todo el personal debe llevar ropa y equipo de protección personal al cargar y descargar la autoclave.
- Las autoclaves deben ser inspeccionadas con regularidad. Los registros de inspección, revisión y reparación deben estar disponibles cuando se soliciten. Se recomienda una inspección anual, puede ser efectuada por el fabricante o por el distribuidor del que adquirió la autoclave o por personal técnico de laboratorio.

3.6.2. Cuidados generales

Objetos que no deben introducirse en la autoclave:

- Objetos punzantes: jeringuillas, agujas, vidrio roto, láminas y tapas para el microscopio, pipetas pasteur, bisturíes y cuchillas de afeitar. No necesitan ser esterilizados antes de ser eliminados. El personal de seguridad lo transportará y tratará separadamente, incluyendo el proceso con la autoclave o cualquier otra forma adecuada de descontaminación.
- Productos químicos peligrosos: no tratar con la autoclave, materiales inflamables, reactivos, corrosivos, tóxicos o radioactivos. No trate con la autoclave lejía ni nitrocelulosa (inflamable o explosiva). El personal de seguridad eliminará estos artículos.

- Residuos patológicos: esqueletos de animales o tejidos humanos. Normalmente se incineran.
- Mezclas de residuos: las mezclas de tejidos biológicos, productos químicos o materiales radioactivos. El personal de seguridad se encargará de ellos.

3.6.3. Solución a problemas más comunes

Con la periodicidad que se establezca en el manual de instrucciones, se realizarán las operaciones periódicas de mantenimiento:

- Las operaciones de mantenimiento, únicamente, pueden realizarse por el personal con formación en esta materia y expresamente autorizado.
- Para la realización de cualquier operación de mantenimiento deberá desconectarse el equipo de la red eléctrica.
- Es aconsejable cambiar el agua después de 50 usos o una vez al mes.
- Limpiar de forma periódica todo el equipo.
- Revisar de forma periódica el funcionamiento de la válvula de seguridad.
- Controlar una vez al mes su capacidad de desinfección mediante esporas, sin ser suficiente el método químico.
- Revisar anualmente el total funcionamiento del equipo por personal cualificado.
- Realizar a los 10 y 20 años de la puesta en servicio, si procedió en el momento de la instalación, una prueba de presión. El usuario se quedará con un acta del resultado de la prueba.

4. IMPLANTACIÓN DEL MODELO

4.1. Compromiso de jefatura y altos mandos

Es responsabilidad directa de los directores del hospital el compromiso de la implantación del modelo. Se parte desde los informes de mantenimiento rendidos por el gerente de mantenimiento hacia el director técnico. Se promueve una cultura de mantenimiento que garantice el uso inmediato de las autoclaves y con la calidad esperada.

4.1.1. Comunicación hacia los empleados

Es responsabilidad del gerente de mantenimiento informar a sus empleados si existen problemas o mejoras en todo lo que se relacione a la compra de materiales, repuestos, servicios de mantenimiento externos, adquisición de nuevos equipos, entre otros.

Existen varias vías de comunicación. Se debe implantar la que más se acople al personal, medios con los que se cuentan para informar y recibir información. Se hizo una encuesta a treinta personas de varias áreas y puestos de trabajo dentro del hospital Roosevelt, respecto a qué medios de comunicación utilizan para comunicar eventos importantes a los clientes internos y cuál es el medio de comunicación más efectivo para ellos. Se obtuvo la siguiente información.

La información recolectada muestra tres medios de comunicación claros:

- Comunicación verbal.
 - Utilizada con frecuencia media para comunicar cosas con una importancia muy baja y con alta urgencia. La catalogan como muy deficiente, ya que las personas no muestran interés de algo que no acredita o evidencia que la información les fue entregada. Normalmente se usa la frase: “A mí nunca me comunicaron nada”.

- Comunicación escrita por memorando.
 - Es un medio de comunicación que se usa con alta frecuencia. Se utiliza para comunicar asuntos de gran importancia o asuntos donde se quiera evidenciar que la información fue entregada en el momento justo a la persona que interese.
- Comunicación escrita por correo electrónico.
 - Es un medio de comunicación utilizado con una frecuencia baja. Es usado, principalmente, por personal administrativo que cuenta con computadora y correo electrónico institucional. Es un medio de comunicación altamente eficiente pero no todo el personal tiene acceso a este medio.

El cien por ciento de las personas encuestadas prefieren que los asuntos importantes deben tratarse por medio de comunicación escrita, a través de memorando, para que exista evidencia que la información ha sido entregada en el momento oportuno y con ello no responsabilizarse por posibles malos entendidos y cruces de información no verídica.

Por lo tanto, se sugiere que el medio de comunicación oficial sea el uso de memorando, principalmente con los empleados del departamento de mantenimiento.

4.1.1.1. Dar a conocer los cambios

Siempre es importante dar a conocer los cambios que se integren con relación a las autoclaves. Debido a que tanto usuario como personal de mantenimiento se les facilitará tomar decisiones o acertar en el mantenimiento.

4.1.1.2. La necesidad de conocer

Dar a conocer al personal el cambio o los cambios efectuados. Permite actualizar los procesos y prevenir errores humanos por falta de conocimiento.

4.1.1.3. Impacto de la implantación del nuevo sistema

Mejorar el montaje y mantenimiento de las autoclaves. Evita daños prematuros en los mismos y mejora los procesos de esterilización de equipo y herramienta de grado médico.

4.1.2. Mejora de ambientes de trabajo

Se reduce el estrés térmico. Se mejora la ergonomía del movimiento y se reduce los riesgos por contaminación cruzada.

4.1.3. Minimización de riesgos

Reducción de generación de calor, así como poner en riesgo la salud del paciente al no tener un proceso de esterilización segura.

4.1.4. Resistencia al cambio

La resistencia al cambio se puede en cualquier ambiente laboral, más cuando los trabajadores han pasado tiempo realizando una o varias tareas repetitivas. Al tener una actualización del sistema consideran que su labor no es productiva e inicia la falta de cooperación.

4.1.4.1. Hacia altos mandos

Deben realizar charlas, seminario de concientización y hacer partícipe al personal involucrado en la mejora del proceso que se está evaluando, con la finalidad que todos aporten sus comentarios para tomar la mejor decisión y facilitar la transición de cambio.

4.1.4.2. Hacia los empleados

Dar guías de ayuda para afrontar la resolución de dudas, así como un proceso de capacitación para dar a conocer las acciones planteadas para la mejora continua.

4.2. Control de resultados

El control de resultado permite medir el grado de avance de la propuesta y mejora continua del sistema.

4.2.1. Control de órdenes de trabajo

Cada orden de trabajo debe estar cronológicamente con base al uso de correlativos y códigos para identificar la fecha, hora, personal involucrado, falla reportada, detectada y situación de emergencia con la finalidad de tener registros estadísticos de las fallas y sus soluciones.

4.2.1.1. Comunicación entre operario y personal encargado de brindar mantenimiento

Cada operario es responsable del equipo asignado. Previo a iniciar labores debe realizar una evaluación visual y operativa del equipo, para identificar alguna anomalía, ser reportada al jefe inmediato y al departamento de mantenimiento para su inspección y aprobación para ser utilizada nuevamente.

4.2.1.2. Evitar mantenimiento excesivo

Se debe regir el mantenimiento con base a especificaciones del fabricante, debido que están diseñados las acciones según el tiempo de servicio.

4.2.1.3. Evitar el mal uso de accesorios y otros en líneas de alimentación de vapor

El uso indebido de accesorios y otros en líneas de alimentación de vapor pueden generar un acto o condición insegura que comprometa el sistema de salud seguridad operacional.

4.2.1.3.1. Trampas de vapor

Trampa de vapor de precalentador de combustible: destaparla y remover la suciedad que tenga. Al colocarle la tapa poner nuevo empaque y aplicarle una capa de permatex para asegurar un buen sellado.

4.2.1.3.2. Reguladores de vapor

Control el rango de presión de vapor para no generar una explosión.

4.2.1.3.3. Llaves de paso

Verificar el flujo de paso esté regulado sin permitir el paso de partículas extrañas que dañen la red.

4.2.1.3.4. Filtros y otros

Un filtro es un elemento mecánico usado para retener toda impureza que puede tener el fluido. Tiene las mismas conexiones que las válvulas y están fabricados con un cuerpo de acero, hierro fundido, bronce, acero inoxidable. Tienen en su interior una malla, la cual puede ser de acero o acero inoxidable. Su funcionamiento consiste en el paso del flujo a través de un cedazo, el cual

está enrollado rígidamente en forma cilíndrica. No permite el paso de partículas extrañas en el flujo. Se especifica para el material que se requiere, la presión y temperatura, el tipo de fluido y el tamaño de la tubería a la cual es conectado. Cuando está instalado, antes de cualquier equipo, evita que el flujo entre con cualquier cuerpo extraño. También evita que el flujo corra libremente, lo cual puede impedir el funcionamiento normal del equipo o lo dañaría, por lo tanto, la instalación más común es después del equipo.

4.2.2. Medición de resultados obtenidos

Para la medición de resultados se debe evaluar indicadores para medir la eficiencia.

4.2.2.1. Eficiencia en uso de vapor

Evaluar si la red no presenta fuga y si la generación de vapor no cuenta con partículas en suspensión.

4.2.2.2. Eficiencia en la esterilización

Indicador biológico para esterilización con vapor. Estas cápsulas son fáciles de usar e interpretar a través de la lectura de cambio de color en 48 horas, integrador clase 5 para esterilización con vapor. Estos indican que los parámetros críticos de esterilización han sido alcanzados: tiempo, temperatura, vapor y valores de correlación con los indicadores biológicos.

Indicador químico para calor seco. El indicador cambia de color crema a negro a los 5 minutos a 170 °C durante una exposición a un proceso de calor seco.

4.2.2.3. Eficiencia en manejo de materias primas

Con el uso de SAP se permite tener un control del uso de la materia prima de sus ingresos y salidas a diferentes áreas del hospital.

4.2.2.4. Logros significativos en el proceso

Tener un proceso óptimo, amigable con el medio ambiente y reducción de costos de mantenimiento.

5. SEGUIMIENTO

5.1. Mejoras del modelo

Cualquier empresa o institución desea aumentar la vida útil de sus maquinarias o instalaciones, pero para lograr esto es necesario que se realice un mantenimiento preventivo con lo cual se pueden reducir paros en maquinarias por motivos de fallos.

5.2. Mejorar los planes de mantenimiento

Con un adecuado mantenimiento del equipo, este se conserva en condiciones óptimas de trabajo, permitiendo que la producción continúe su función normal sin interrupciones y los niveles de productividad suban considerablemente.

- Las personas que laboran con estos equipos se sentirán más satisfechas y trabajarán con un alto grado de motivación.
- Los equipos no sufrirán un deterioro mayor cuando han sido sometidos continuamente a un mantenimiento preventivo.

5.3. Aplicación de otras tecnologías

Las tuberías de vapor comúnmente son fabricadas de hierro negro, debido a que este material es capaz de soportar la presión y el calor del vapor a altas temperaturas. Estas tuberías también necesitan de un buen recubrimiento o

aislamiento térmico para evitar la condensación del vapor al existir una pérdida de calor.

Principales materiales de aislamiento:

- Silicato de calcio.
- Fibra de vidrio.
- Vidrio espumado.
- Lana de roca.
- Perlita expandida.
- Elastómeros.
- Poliestireno y poliuretano.

5.4. Capacitaciones al personal

La capacitación permite al trabajador fortalecer sus conocimientos teóricos y prácticos para mejorar sus procesos de mantenimiento.

5.4.1. Capacitaciones a operarios

Las capacitaciones deben estar enfocadas en los siguientes temas:

- Conocer los conceptos físicos básicos.
- Conocer los cambios de unidades relacionados con los instrumentos de medición.
- Conocer los diferentes usos del vapor.
- Conocer los tipos de autoclaves.
- Conocer parte y accesorios de las autoclaves.
- Conocer el funcionamiento de las autoclaves.

- Conocer los conceptos básicos de prevención de riesgo en el uso de la autoclave.
- Conocer las características del agua de alimentación de la autoclave.

5.4.2. Instruir al personal sobre condiciones de estadía dentro del área

Cada trabajador debe conocer las medidas de prevención y seguridad para operar en el área de esterilización. Por lo cual previo a ingresar debe realizar el proceso de descontaminación y uso de equipo de protección personal.

5.5. Indicadores de control

Se describen los indicadores de control para la propuesta de mejora.

5.5.1. Eficacia

Los indicadores químicos responden a cierto rango químico o físico que tiene lugar en el interior de la autoclave. Hay diferentes tipos de indicadores químicos empleados. Es muy común la cinta química, ya que emplea tinta sensible al calor que cambia de color de blanco a un tono visible si la temperatura ha alcanzado 121 °C. Si la cinta no cambia de color indica que hay un problema en el proceso de esterilización. Incluso si la cinta cambia de color no implica que se haya producido la esterilización. El cambio de color simplemente indica que el exterior del objeto en el que ha colocado la cinta alcanzó los 121 °C. No indica la temperatura que ha alcanzado el interior.

5.5.2. Eficiencia

Otro tipo de indicador de la autoclave son los biológicos. Consisten en poblaciones estandarizadas de esporas bacterianas resistentes. Estas bacterias se presentan en forma de esporas en tiras. La evaluación de las esporas bacterianas se emplea para determinar si los parámetros del ciclo de esterilización fueron suficientes para matar los microorganismos de la evaluación. Este indicador biológico de consecución de la esterilización es adecuado y debería realizarse siempre en la autoclave. Es mejor colocar el indicador biológico en un objeto a tratar, preferentemente en el centro de la carga a esterilizar.

La cinta como indicador químico se debería emplear para cada proceso de esterilización para confirmar que se han alcanzado 121 °C. Aunque no pruebe que el objeto esté esterilizado, proporciona una señal visible de que el objeto se ha expuesto al calor deseado en la autoclave. Los indicadores biológicos deberían ser empleados en cada tratamiento, especialmente si ha generado desechos biológicos de algún tipo.

5.6. Implementación de charlas motivacionales

Se debe realizar seminario, conferencias de motivación del personal para que se consideren parte de la empresa, que cada opinión que hagan es válida para la mejora de los procesos administrativos, operativos y de mantenimiento.

Para lo cual el jefe de área debe planificar una vez al mes una convivencia con su equipo de trabajo y relación con otras áreas de trabajo para fortalecer el trabajo en equipo.

CONCLUSIONES

1. El diseño de una propuesta para la operación y mantenimiento de autoclaves conlleva una serie de estandarizaciones, tanto en la operación como en el mantenimiento. En la actualidad existe una diversidad de modelos de autoclaves, siempre que conserven los mismos principios de operación.
2. El mantenimiento preventivo es un factor importante en una máquina, ya que un programa bien definido de mantenimiento preventivo, producirá una extensión de la vida útil de los componentes de una unidad. Además, producirá una baja en los costos de reparaciones y tiempo de paro no planeado, que son los más significativos entre los costos de operación.
3. Para la limpieza de la autoclave se debe usar un agente de limpieza anti incrustante diseñado específicamente para la limpieza y remoción de depósitos de agua, óxidos y otros sedimentos que se encuentran en esterilizadores de vapor. El material es una combinación de sales acidificadas y materiales adicionales de limpieza.

RECOMENDACIONES

1. Para evitar daños por descargas eléctricas es obligatorio que el usuario instale un disyuntor diferencial en el tablero eléctrico al que esté conectada la autoclave. Este disyuntor desconectará todos los polos de la línea de energía eléctrica en caso de que se produzca contacto accidental del operador u otra persona.
2. La red y las conexiones deben ser apropiadas al consumo del equipo. Debe cumplirse con las normas de seguridad y regulaciones de instalaciones locales. La tensión de alimentación no debe variar en más de un $\pm 5\%$.
3. Se debe evaluar la calidad del agua mensualmente. El uso de agua que no cumpla las especificaciones dadas, puede traer serias consecuencias a la vida útil de la autoclave y puede invalidar la garantía del fabricante.

BIBLIOGRAFÍA

1. Acuerdo Gubernativo Número 229-2014 y sus reformas 33-2016. *Reglamento de salud y seguridad ocupacional*. [en línea]. <<https://agexporthoy.export.com.gt/wp-content/uploads/2020/03/REGLAMENTO-G.-SSO-2.pdf>>. [Consulta: 3 de mayo de 2019].
2. BURGHARDAR, David. *Ingeniería en termodinámica*. 2a ed. Estados Unidos: McGraw-Hill, 2014. 256 p.
3. CONRED. *Acuerdo número 04-2011*. [en línea]. <https://conred.gob.gt/site/normas/NRD2/Acuerdo_04-2011_NRD2.pdf>. [Consulta: 3 de mayo de 2019].
4. _____. *Norma de reducción de desastres*. [en línea]. <<https://conred.gob.gt/site/Normas-para-la-Reduccion-de-Desastres>>. [Consulta: 3 de mayo de 2019].
5. GUZMÁN SHAUL, José Vicente. *Propuesta de la organización de los servicios de mantenimiento de hospitales del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 2017. 178 p.
6. RIVERA GARCÍA, Marco Vinicio. *Montaje, mantenimiento y seguridad industrial para la operación del equipo de esterilización y destiladores de agua, en el hospital general de accidentes del*

Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS). Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 1999. 194 p.

7. ROMERO ZETINA. Jorge Mario. *Implantación del mantenimiento correctivo y preventivo para el Hospital Nacional de San Benito*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 2006. 70 p.
8. SILVESTRE, Marcus; ANDREWS, Kenneth; WUCIUS, WONG; SMITH, John; THOMPSON, Andrew. *Esterilización de equipo médico*. Estados Unidos: McGraw-Hill, 2015. 234 p.