



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y DE AVERÍA DEL SISTEMA DE  
ESTERILIZACIÓN DEL CENTRO MÉDICO MILITAR**

OSCAR FERNANDO ARGUETA MAYORGA  
Asesorado por Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2005

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y DE AVERÍA DEL SISTEMA DE  
ESTERILIZACIÓN DEL CENTRO MÉDICO MILITAR**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERIA

POR

**OSCAR FERNANDO ARGUETA MAYORGA**

ASESORADO POR ING. EDWIN ESTUARDO SARCEÑO ZEPEDA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2005

# UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



## FACULTAD DE INGENIERÍA

### NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO: Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
VOCAL I:  
VOCAL II: Lic. Amahán Sánchez Álvarez  
VOCAL III: Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz  
VOCAL IV: Br. Elisa Yazminda Vides Leiva  
SECRETARIA: Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

### TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO: Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
EXAMINADOR: Ing. José Francisco Arrivillaga Ramazini  
EXAMINADOR: Ing. José Arturo Estrada Martínez  
EXAMINADOR: Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda  
SECRETARIA: Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas



## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por haberme dado tantas bendiciones a lo largo de mi vida.
<b>Mis padres</b>	Ing. Oscar Argueta Hernández y Lcda. Aura Mayorga de Argueta, por apoyarme en todo momento de mi vida.
<b>Ing. Edwin Sarceño</b>	Por el apoyo técnico, brindado de manera incondicional y por su valiosa asesoría en el presente trabajo.
<b>Universidad de San Carlos de Guatemala y Facultad de Ingeniería</b>	Por haberme brindado la oportunidad de estudiar para lograr una de mis metas.
<b>Centro Médico Militar</b>	Por el apoyo y valiosa colaboración en la realización de este trabajo de graduación.



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por ser mi guía y porque de Él proviene la sabiduría
<b>Mis padres</b>	Ing. Oscar Argueta Hernández Lcda. Aura Mayorga de Argueta
<b>Mis hermanos</b>	José Luis Argueta Mayorga Dennis Salvador Argueta Mayorga
<b>Mis abuelos</b>	Oscar Argueta Toledo (+) Herminia Hernández de Argueta José Raúl Mayorga Rosaura Salguero de Mayorga <i>Gracias por sus consejos y cariño.</i>
<b>Mi bisabuelito</b>	Salvador Hernández (+) <i>Hermoso recuerdo de mi infancia.</i>
<b>Mis tíos y primos en general</b>	
<b>Mis amigos</b>	<i>Por el apoyo brindado.</i>



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	III
GLOSARIO .....	V
RESUMEN .....	VII
OBJETIVOS .....	IX
INTRODUCCIÓN .....	XI
1. MARCO TEÓRICO	
1.1. Antecedentes del Centro Médico Militar .....	1
1.2. Descripción de la División de Ingeniería .....	6
1.3. Descripción del Departamento Central de Equipo .....	9
1.4. Sistema de Esterilización .....	10
1.4.1. Sistema de Vapor .....	11
1.4.1.1. Vapor Centralizado .....	26
1.4.1.2. Por Resistencia Eléctrica .....	28
1.4.2. Sistema de Gas .....	29
1.5. Definición de Mantenimiento .....	39
1.5.1. Tipos de Mantenimiento .....	40
2. FASE DE INVESTIGACIÓN	
2.1. Descripción de Autoclaves del C.M.M. ....	45
2.1.1. Autoclaves de Vapor Centralizado .....	50
2.1.2. Autoclaves por Resistencia Eléctrica .....	56

2.2.	Diagnóstico de los Autoclaves .....	60
2.3.	Costo para la puesta a punto de los Autoclaves .....	65
3.	FASE TÉCNICO PROFESIONAL	
3.1.	Plan de Mantenimiento de Avería .....	69
3.2.	Plan de Mantenimiento Preventivo .....	71
3.3.	Diseño del sistema de alimentación de vapor a un autoclave por medio de un calderín .....	82
3.4.	Plan de mantenimiento del calderín .....	85
	CONCLUSIONES .....	89
	RECOMENDACIONES .....	91
	BIBLIOGRAFÍA .....	93

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1. Organigrama general del Centro Médico Militar .....	6
2. Organigrama General División de Ingeniería .....	8
3. Una de las tres calderas del C.M.M. ....	26
4. Calderín .....	28
5. Autoclave de gas .....	30
6. Fotografía del autoclave eléctrica .....	45
7. Fotografía del autoclave de vapor marca AMSCO .....	46
8. Vista lateral de la ubicación de los autoclaves .....	47
9. Esquema de autoclave .....	48
10. Fotografía autoclave eléctrica .....	56
11. Conjunto del generador de vapor eléctrico .....	58
12. Esquema de conexiones de un autoclave eléctrico .....	59
13. Diagnóstico del autoclave No. 1 .....	60
14. Diagnóstico del autoclave No. 2 .....	61
15. Diagnóstico del autoclave No. 3 .....	62
16. Diagnóstico del autoclave eléctrico .....	63
17. Diagnóstico del autoclave alimentada por el calderín .....	64
18. Tuberías y accesorios de un autoclave de vapor del C.M.M. ....	83

## TABLAS

I. Rango de tiempos y temperatura para destrucción microbiana .....	15
II. Artículos comúnmente esterilizados por óxido de etileno .....	35
III. Tiempo que transcurrirá para airear el equipo a esterilizar .....	38

## GLOSARIO

<b>Abrasión</b>	Desgaste producido por fricción.
<b>Asepsia</b>	Ausencia de cualquier germen microbiano y de cualquier elemento susceptible de provocar una infección.
<b>Agua de alimentación</b>	Mezcla de agua fresca y condensado de agua que posteriormente se convertirá en vapor.
<b>Bomba de alimentación</b>	Transporta el agua de alimentación del tanque de condensado a la caldera.
<b>Caballos de caldera (BHP)</b>	Un caballo de caldera es la evaporación de 34.5 libras de agua por hora a 212° F y a la presión atmosférica.
<b>Calibrar</b>	Averiguar la exactitud de un objeto y rectificarlo tomando como referencia un instrumento de medida de precisión.
<b>Calor</b>	Es una forma de energía que se transfiere a través de una frontera debido a una diferencia de temperaturas.

<b>Condensación</b>	Fenómeno que ocurre cuando en el ambiente exista mucha humedad y se produce agua por un cambio de temperatura.
<b>Dilatación</b>	Aumento del espacio que ocupa un cuerpo en todas o algunas de sus dimensiones, por la acción del valor. Puede ser lineal, superficial y cúbica.
<b>Línea de vapor</b>	Conducto que transporta el vapor a los diferentes procesos que lo requieren.
<b>P.S.I.</b>	Medida de presión. Libras por pulgada cuadrada.
<b>Sensor</b>	Dispositivo que detecta una determinada acción externa, temperatura, presión, etc., y la transmite adecuadamente.
<b>Válvula</b>	Dispositivo empleado para regular el flujo de un líquido, gas, una corriente, etc, de modo que sólo pueda ir en un sentido.
<b>Válvula Solenoide</b>	Válvula electromecánica energizada para abrir, cerrar o restringir el paso de un flujo.

## RESUMEN

El presente informe incluye, en su parte inicial, una reseña histórica del Centro Médico Militar, cómo funciona la división de Ingeniería y una descripción del Departamento Central de Equipos, como ente encargado de la esterilización del equipo a utilizarse para atender adecuadamente a los pacientes, de acuerdo con las normas de asepsia necesarias, para evitar focos de infección, tanto a nivel ambiental como personal.

Para contextualizar el trabajo realizado, se describe cómo funcionan los sistemas de esterilización y su instalación necesaria, para velar por la higiene instrumental en cualquier centro de atención médica.

Al revisar la información general, se procedió a analizar el equipo con el cual se cuenta dentro del Departamento de Central de Equipo, en el Centro Médico Militar, con el propósito de conocer su función dentro del proceso, así como para realizar una descripción de cada uno.

Se explica el funcionamiento de las calderas existentes en dicho centro, analizando el procedimiento ejecutado para alimentar de vapor a las autoclaves disponibles.

Como consecuencia de lo anterior, se describe, en forma detallada, el procedimiento llevado a cabo para implementar un plan de mantenimiento preventivo y de avería para los diferentes tipos de autoclaves, ejemplificando en forma gráfica o con fotografías, la existencia, estado y funcionamiento del equipo utilizado, así como el diseño del sistema de alimentación de vapor a un autoclave, por medio de un calderín.

# OBJETIVOS

## General

Establecer un programa de mantenimiento preventivo y de avería para los autoclaves utilizadas en el Centro Médico Militar.

## Específicos

1. Hacer un análisis y diagnóstico de los autoclaves.
2. Analizar las técnicas de esterilización de material de uso quirúrgico y de mantenimiento.
3. Calcular el costo para la puesta en marcha de un autoclave por medio de un calderín, así como el mejoramiento de la operación de los autoclaves.
4. Mejoramiento de la operación de los autoclaves, logrando su mayor efectividad y eficacia.
5. Capacitar al personal encargado de la operación de los autoclaves, sobre el manejo de las mismas.
6. Diseñar el sistema de alimentación de vapor de un autoclave, por medio de un calderín.



## INTRODUCCIÓN

La esterilización es un proceso esencial para el funcionamiento de un hospital, en el cual deben utilizarse todos los instrumentos quirúrgicos, implantes y muchos otros dispositivos, absolutamente, esterilizados. La desecación y la congelación eliminan muchas especies de bacterias, pero otras simplemente permanecen en estado vegetativo. El calor húmedo elimina todas las bacterias, combinando, adecuadamente, factores como la temperatura a la que se someten y el tiempo de exposición. Se puede esterilizar por calor húmedo en autoclaves a 120 °C durante 20 minutos y a presión superior a la atmosférica.

El vapor por sí solo no es esterilizante. Se somete en el interior a una presión mayor que la atmosférica que aumenta la temperatura del vapor, siendo de esta forma como se consigue la destrucción de todos los microorganismos.

El vapor penetra en la cámara de esterilización y alcanza cierta presión: la deseada. Este vapor se condensa por contacto con los materiales fríos. Esta condensación libera calor humedeciendo y calentando, simultáneamente, cada material.

El contar con un equipo libre de bacterias y otros gérmenes, ayuda a propiciar una atención adecuada a los pacientes, para obtener mejores resultados.

En el capítulo uno se describen las instalaciones y organización del Centro Médico Militar; así como la división de Ingeniería y el departamento de Central de equipo, también se describen los sistemas de vapor y se da una definición de mantenimiento.

En el segundo capítulo se describen los autoclaves con el que cuenta el departamento de Central de Equipo, se hace un diagnóstico de las autoclaves y se detalla un presupuesto para la puesta a punto de las autoclaves.

En el capítulo tres se describe un plan de mantenimiento de avería y preventivo para las autoclaves, así como un plan de mantenimiento para un calderín; luego, se presenta un diseño del sistema de alimentación de vapor a una autoclave por medio de un calderín.

# 1. MARCO TEÓRICO

## 1. 1. Antecedentes del Centro Médico Militar (C.M.M.)

### Centro Médico Militar

El Hospital Militar fue creado bajo los siguientes términos: “Considerando que es un deber del gobierno auxiliar de una manera eficaz a los individuos del Ejército que pierden la salud a consecuencia del servicio; es necesaria la creación de un establecimiento especial en donde bajo la inspección facultativa adecuada puedan los militares encontrar una buena asistencia profesional”. El General Justo Rufino Barrios, con fecha 9 de octubre de 1,880 acuerda la creación del Hospital Militar.

Esta decisión fue motivada principalmente porque los hospitales nacionales de la época estaban administrados por clérigos. Además, últimamente, los militares no recibían buena atención de éstos, debido en parte a que Barrios se había propuesto terminar con la influencia y los privilegios con que la iglesia contaba en ese entonces en toda Guatemala.

Acontecimientos relevantes: El 15 de marzo de 1,881 en la celebración del aniversario de toma de posesión del Presidente de la República, se inaugura el Hospital Militar Ciudad Vieja en el lugar que antes ocupaba el Colegio San José. En El Guatemalteco, Diario Oficial de la época, el 11 de febrero de 1,882 fue publicado el primer reglamento interno del Hospital Militar, el cual fue elaborado por el Dr. Joaquín Yema mismo que habla sido aprobado el 31 de enero de ese mismo año.

Los terremotos ocurridos en 1,917 y 1,918 terminaron de destruir las ya viejas instalaciones del Hospital Militar; ante la deplorable situación en que se encontraba, el 6 de diciembre de 1,920 es trasladado por orden del gobierno al edificio construido para el Hospital “Estrada Cabrera”, llamado después Asilo “Maternidad Joaquina” que servía de albergue a las madres solteras. En este lugar permaneció hasta 1,992.

El 5 de diciembre de 1,924 por disposición del General José María Orellana, Presidente de la República, se habilitó una sala de consulta gratuita anexa al Hospital, para atender a los vecinos de San Pedrito y Villa de Guadalupe, esto con el fin de aliviar en algo, la difícil situación económica y de salud de los habitantes de la ciudad. El Presidente de la República, General Lázaro Chacón, obsequió al hospital el primer aparato de rayos X, el cual luego de instalado comenzó a funcionar en 1930.

En el reglamento interno redactado en 1,882, se designaba al Hospital como “un cuerpo militar más”, y no fue sino hasta 1,963 cuando se inició la reorganización total del centro asistencial, para convertirlo desde el punto de vista teórico y científico en un verdadero Hospital Militar.

El 9 de octubre de 1,980 se conmemoró muy solemnemente el primer centenario de fundación del Hospital Militar; se le dio realce al acontecimiento organizando jornadas médicas (seminarios, conferencias, etc.) y actividades deportivas y culturales.

Centro Medico Militar: desde 1,945, se notó de parte de las autoridades del Hospital Militar la preocupación por construir instalaciones modernas, amplias y eficientes, y abandonar las que ocupaban por insuficientes e inadecuadas; se presentaron en su oportunidad varios proyectos, pero ninguno se ejecutó, especialmente por circunstancias de tipo económico.

Sin embargo, la necesidad de tener un nuevo hospital se acrecentó a raíz del terremoto de 1,976, debido a que esta catástrofe, dañó muy severamente las instalaciones construidas en el período del Presidente Manuel Estrada Cabrera; y es por ello que se encargó a un grupo de selectos profesionales especialistas de la ingeniería, el diseño y construcción del nuevo Hospital. El Centro Médico Militar, como se le llama actualmente, tiene un área construida de 60,000 m<sup>2</sup>; se adquirió, para el equipamiento del nuevo hospital lo más sofisticado y moderno.

La obra se ejecutó bajo el criterio de “construcción por administración”, prevaleciendo en ella la seguridad y calidad.

Los trabajos se iniciaron en marzo de 1,978, bajo la responsabilidad del Departamento de Finanzas del Ejército, toda la inversión realizada en la obra se erogó del presupuesto asignado al Ministerio de la Defensa, sin llegar a incurrir en préstamos externos ni endeudamiento interno para su culminación. No se escatimaron esfuerzos al destinar suficiente área física, calidad de materiales, diseños y cálculos basados en normas internacionales para hospitales, con el propósito de llegar a tener la infraestructura, instalaciones y equipo mejor dotados del área centroamericana.

Es por ello, que el Centro Médico Militar puede competir en materia hospitalaria con instituciones nacionales y extranjeras de mucho prestigio y lograr situarse en un nivel de categoría en el servicio Médico.

**Misión:** la misión principal del Centro Médico Militar es proporcionar servicios médicos de calidad, en lo relativo a promoción, diagnóstico, tratamiento, rehabilitación, docencia e investigación para atención del personal militar que lo requiera y sus derecho habientes, en apoyo a la moral de los integrantes del ejército de Guatemala, extendiendo sus servicios, a la población civil.

**Organización:** el Centro Médico Militar, cuenta con una organización de tipo funcional, donde la dirección dicta los lineamientos y políticas para el buen desenvolvimiento de las cuatro visiones que lo conforman:

- *División médica:* brinda asistencia profesional calificada a los integrantes del ejército.
- *División administrativa:* distribuye y optimiza los recursos financieros con los que se cuenta.
- *División Técnica Operacional:* responsable de la planificación general, de los procedimientos legales, procedimientos de enseñanza e investigación.
- *División de Ingeniería:* encargada de maximizar la disponibilidad en función del rendimiento de los recursos físicos, técnicos y de equipo.

***Perspectivas de desarrollo:*** las autoridades del Centro Médico Militar, conscientes de la importancia del rol que el hospital desempeña en su proyección, tanto a su población derecho-habitante, como a la comunidad en general, han encaminado y aunado esfuerzos con el propósito de prestar un servicio calificado brindando atención al público y al paciente, y a la vez proyectándose, positivamente, hacia nuestra sociedad. Para el logro de este propósito, se han creado comités y al mismo tiempo, se forma parte de otros que se han establecido en el ámbito nacional, como:

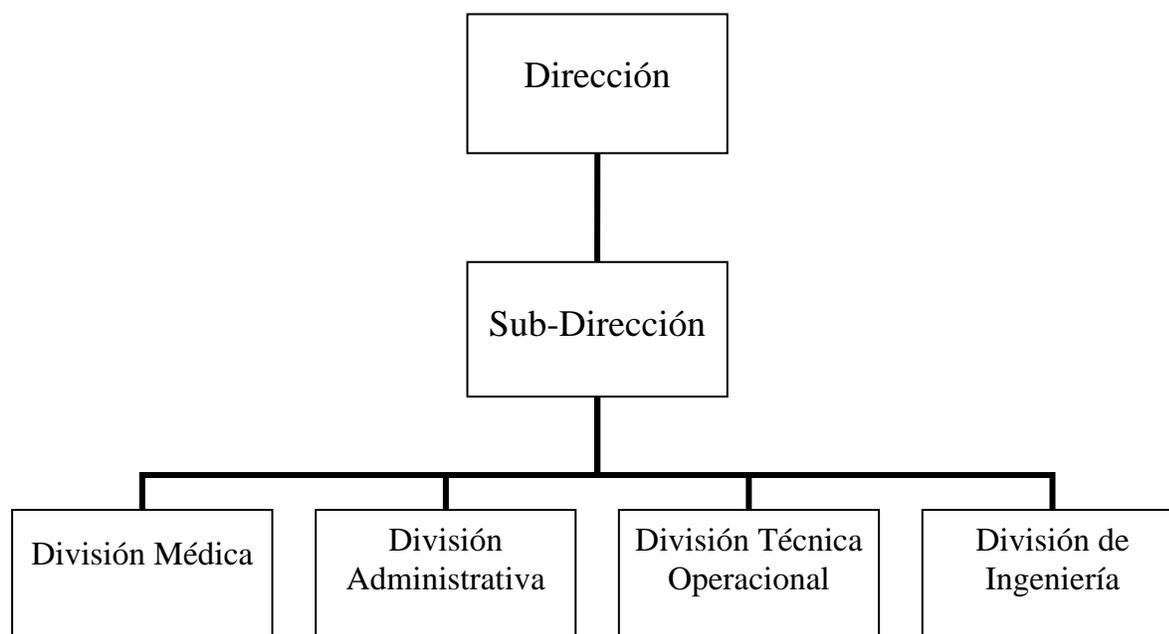
***CONAIMES:*** Comisión Nacional de Ingeniería y Mantenimiento de Establecimientos de Salud, que pretende desarrollar políticas comunes de organización y funcionamiento del mantenimiento de los hospitales.

***COMITÉ DE ACREDITAMIENTO DE HOSPITALES:*** creado con el fin de investigar y luego cumplir con los requisitos internacionales para que el hospital sea clasificado como de primera categoría.

***COMITÉ DE GARANTÍA DE CALIDAD:*** conformado por el personal que labora, involucrado directa o indirectamente en la atención del paciente, con el propósito de hacerlos partícipes de la implementación de calidad de atención a quienes la solicitan, permitiéndoles trabajar con iniciativa y tomando en cuenta sus sugerencias.

Como parte de su proyección al pueblo, el hospital ha abierto una biblioteca al público en general; además, en él se han desarrollado jornadas médicas de gran beneficio a la población guatemalteca; ha participado activamente con el Comité Nacional de Emergencia en actividades de evacuación y atención de personas en caso de desastres.

Figura 1. Organigrama general del Centro Médico Militar



## 1.2. División de Ingeniería

*OBJETIVOS:* Como parte fundamental dentro de la organización del Hospital Militar, fue creada la División de Ingeniería para cumplir con los siguientes objetivos:

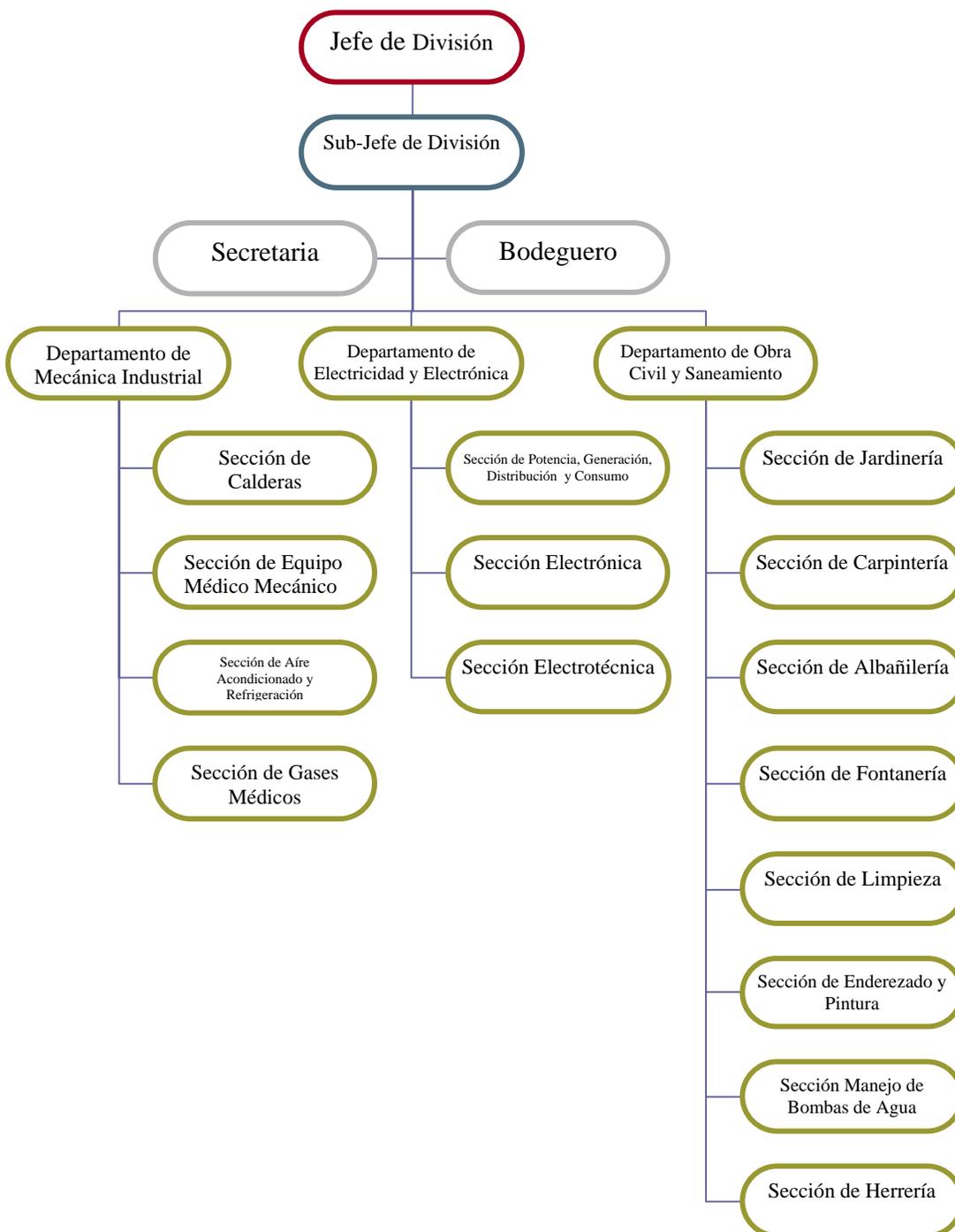
- Garantizar la disponibilidad del equipo, fluidos y energéticos para la atención de pacientes, preservando la instalación física en condiciones de funcionamiento económico, confiable y seguro, minimizando su deterioro.
- Participar del éxito de las demás divisiones del Centro Médico Militar, para que recíprocamente éstas coadyuven con la de Ingeniería y hacer efectiva la finalidad para la cual fue creada.

*ORGANIZACIÓN:* conscientes de la importancia de la salvaguardia y buen funcionamiento de los bienes del hospital, las autoridades le ha dado la categoría de división, pretendiendo con esto que cumpla con la tarea encomendada, única y exclusivamente bajo la Dirección del Centro Médico Militar.

La organización de la División de Ingeniería, está diseñada para tener la capacidad administrativa de delegar responsabilidades y adecuarse a las diversas necesidades de especialización, tomando en cuenta que el avance tecnológico de la atención médica en los últimos años y en los próximos, ha sido y será sumamente cambiante.

El logro de *los* objetivos está bajo la responsabilidad del Jefe de División quien traslada los lineamientos direccionales a seguir. La División de Ingeniería trabaja bajo el concepto de administración por objetivos, de aquí se definen tres metas organizacionales claramente identificables, ubicándolas administrativamente como Departamentos, tales como: Departamento de Mecánica Industrial, Departamento de Obra Civil y Saneamiento, y Departamento de Electricidad y Electrónica.

Figura 2. Organigrama General División de Ingeniería



### **1.3. Descripción del Departamento Central de Equipo**

Es el departamento en el cual se realiza la esterilización de equipo médico, necesario para realizar operaciones quirúrgicas, curaciones u otras atenciones emergentes.

Este departamento cuenta con dos enfermeras como personal de atención y servicio; quienes se turnan los siguientes intervalos de tiempo: de 7:00 – 13:00 horas y de 13:00 – 19:00 horas.

El personal del Departamento de Central de Equipo tiene como tarea principal la esterilización del equipo médico. Una de las más importantes responsabilidades del personal que trabaja en este servicio es asegurar que el equipo e instrumental sean conservados de la mejor forma y, en su momento debidamente esterilizados. La vida de los pacientes puede depender de ello.

Para poder desempeñar sus funciones en forma efectiva, el personal de la Central de Equipo deberá:

1. poseer un conocimiento exacto de la relación existente entre microbio-enfermedad.
2. conocer los principios básicos de esterilización.
3. poseer el suficiente conocimiento y la habilidad necesaria para aplicar los métodos apropiados en el procesamiento de los materiales y equipos.

#### **1.4. Sistema de Esterilización**

La esterilización es el método que permite destruir todos los microorganismos en un medio determinado.

Con base en este concepto, no puede decirse que un objeto está casi estéril o parcialmente estéril; es necesario que absolutamente todos los microorganismos sean destruidos para garantizar su esterilidad.

Debido a que la esterilización es esencial para la destrucción total de los microorganismos, es necesario conocer en detalle sus principios básicos. Éstos son:

1. Los artículos usados en el medio hospitalario, que requieran de estrictas condiciones de asepsia, deben poseer propiedades que no sean afectadas en forma adversa por alguno de los procedimientos de esterilización comúnmente utilizados.
2. Los elementos a ser esterilizados deben estar libres de toda sustancia o materia extraña, de manera que se permita al agente esterilizante entrar en “contacto directo” con la superficie de los mismos.
3. Los elementos deberán ser ensamblados y colocados de tal manera, que sea posible la penetración completa del agente esterilizante.
4. Deben establecerse y controlarse con la mayor exactitud el tiempo y condiciones de temperatura, necesarios para lograr la destrucción completa de todos los microorganismos.

5. Tanto los equipos de esterilización como los agentes esterilizantes deberán ser chequeados y probados periódicamente para comprobar su exactitud y eficiencia.
6. Los esterilizadores deberán ser operados de acuerdo con las instrucciones dadas por el fabricante.

#### **1.4.1. Sistema de Vapor**

Se realiza mediante la esterilización en autoclave. Las bacterias se matan más fácilmente por el calor húmedo que por calor seco. El vapor mata las bacterias por desnaturalización de proteínas. Una condición de seguridad convenida para la esterilización es utilizar vapor a 121° C durante 15 a 20 minutos. El aire tiene influencia importante en la eficacia de la esterilización, porque su presencia modifica la relación presión/temperatura; además, la existencia de bolsas de aire impedirá la penetración del vapor; debe eliminarse primero todo el aire que rodea y penetra en la carga, antes de que pueda comenzar la esterilización por vapor.

Los principios para obtener la esterilización mediante la utilización de vapor saturado a presión, son los siguientes:

1. El calor y la humedad deben estar siempre presentes para obtener una esterilización efectiva.
2. Mediante la utilización de “vapor a presión”, es posible alcanzar temperaturas más altas de las que son posibles de obtener con vapor a presión atmosférica.

3. El equipo mecánico usado para la esterilización por vapor es conocido comúnmente con el nombre de “Autoclave”. Este es, básicamente, un recipiente diseñado para contener los elementos a ser esterilizados y permitir su tratamiento con vapor a presión. En principio, es esencialmente igual a una olla a presión de tipo doméstico, a la cual se han agregado ciertos refinamientos para aumentar su confiabilidad, conveniencia y seguridad.
4. La temperatura es medida con un termómetro colocado en la línea de descarga de vapor de la cámara.
5. Para obtener una esterilización efectiva, el “calor húmedo” debe penetrar dentro de la cámara.

El proceso de esterilización con vapor ofrece las siguientes ventajas:

- ❖ es bastante rápido.
- ❖ se obtiene fácilmente y es efectivo para la destrucción de todos los microorganismos vivientes. Aún las resistentes “esporas secas” son destruidas después de un tiempo de exposición relativamente corto.
- ❖ no es tóxico y no deja residuos sobre los materiales sometidos al proceso.
- ❖ puede ser aplicado a muchos tipos de materiales (no todos) y, si se utiliza en forma apropiada, no causa daño a los materiales procesados.
- ❖ puede ser controlado fácilmente.
- ❖ los resultados pueden ser evaluados.
- ❖ el equipo inicial es costoso, pero su operación es bastante económica.

Las desventajas de este proceso son:

- ❖ se requiere de un equipamiento específico, que reúna las mejores condiciones técnicas y de ingeniería.
- ❖ la efectividad del proceso depende de la correcta operación del equipo.
- ❖ el proceso no puede ser aplicado a todos los materiales. Los aceites anhídridos, grasas, talco, y otras sustancias impermeables al vapor, no pueden ser esterilizados por este método.
- ❖ a no ser que sea eliminado completamente el aire del interior de la cámara antes de iniciarse el proceso, la esterilización puede resultar incompleta.
- ❖ la efectividad del tratamiento depende de los métodos correctos de empaque y apropiada disposición de la carga dentro de la cámara del autoclave.

#### Materiales que se pueden esterilizar con vapor

- Material textil
- Material de vidrio
- Material de goma
- Instrumental Quirúrgico de acero inoxidable
- Soluciones acuosas
- Todo aquel material cuyo fabricante certifique que pueda ser esterilizado por vapor

#### Materiales que no se pueden esterilizar con vapor

- Sustancias oleosas
- Sustancias grasas
- Polvos

- Material termo-sensible
- Instrumental Quirúrgico cromado o niquelado
- Artículos eléctricos sin cobertura especial
- Todo material que no tolera la exposición al calor y a la humedad
- No se deben esterilizar prótesis por este método

Los factores críticos que influyen en la efectividad del proceso son:

## **I. Tiempo**

- a. Es necesario conocer la relación “Tiempo — Temperatura” necesaria para asegurar la destrucción de las formas más resistentes de vida microbiana.
- b. Debe determinarse el período de tiempo necesario para obtener la esterilización a una temperatura dada, incluyendo el tiempo para penetración del vapor dentro de cada artículo o paquete a ser esterilizado.
- c. Durante el proceso de esterilización por vapor, el tiempo y la temperatura están en contraposición, ya que si se aumenta la temperatura, el tiempo de exposición disminuye; contrariamente, si desciende la temperatura, el tiempo aumenta.

Esta relación tiempo-temperatura puede variar desde 0.9 minutos a 135 °C hasta 834 minutos a 100 °C.

Los valores dados en la Tabla No. I, indican los standards de tiempo y temperatura necesarios para asegurar una esterilización completa.

**Tabla No. I Rango de Tiempos y Temperatura para destrucción Microbiana**

Temperatura	Tiempo
100 °C (212 °F)	(*) 834 minutos
105 °C (220 °F)	405 minutos
110 °C (230 °F)	122 minutos
115 °C (238 °F)	44 minutos
120 °C (247 °F)	12 minutos
125 °C (256 °F)	4.6 minutos
130 °C (266 °F)	2.2 minutos
135 °C (275 °F)	0.9 minutos
140 °C (284 °F)	0.9 minutos

(\*) A estos tiempos es aconsejable asignarles un período adicional como margen de seguridad.

## **II. Calor (Temperatura)**

- a. Deberá determinarse la temperatura de esterilización más apropiada para cada uno de los materiales o elementos a ser esterilizados.
- b. Ha sido probado que una temperatura entre los 121° C - 123° C (250° F – 254° F) puede ser considerada como la óptima “Standard” para lograr la esterilización.
- c. El calor, por sí mismo, puede matar rápidamente las bacterias, produciendo una interrupción de las funciones vitales de la célula, mediante la misma. Sin embargo, como en el caso de las esporas, que poseen mayor resistencia al calor seco, son fácilmente destruidas por acción del calor húmedo.

d. Con respecto a la relación “Temperatura - Presión” se pueden mencionar dos condiciones físicas:

(i) El vapor saturado no puede sufrir una reducción de su temperatura sin el correspondiente descenso en la presión, y viceversa.

- En regiones altas, es necesario utilizar mayor presión de vapor para alcanzar el rango mínimo de temperatura necesario para obtener la esterilización, debido a que la presión atmosférica varía con la altitud.

- Los esterilizadores de vapor del tipo “Standard”, generalmente son diseñados para operar a una presión máxima entre 19-20 psi.

- Algunos esterilizadores de alta presión son diseñados para funcionar a una presión entre 30-35 psi.

(ii) La presencia de vapor bajo presión eleva la temperatura del mismo, a un grado mayor del que sería posible obtener bajo las condiciones normales de presión atmosférica.

### **III. Humedad**

El calor y la humedad, son los factores indispensables para conseguir la destrucción de las bacterias, mediante el método de esterilización por vapor a presión.

#### **IV. Remoción de aire**

- a) El aire contenido dentro de la cámara deberá ser evacuado cuando el vapor es introducido dentro de la misma.
- b) La retención de aire ocasiona variaciones de la temperatura en las diferentes partes de la cámara.
- c) La retención de aire puede causar una deficiente esterilización por la presencia de “bolsas de aire”, que impiden la entrada y libre flujo del vapor dentro de la cámara.

#### **V. Calidad del vapor**

La mayoría de los hospitales modernos poseen una Central que genera el vapor necesario y una red de distribución que lo conduce al sitio de utilización en las áreas que lo requieran.

Desafortunadamente, estas Centrales no siempre proporcionan vapor en las condiciones adecuadas para el proceso de esterilización. Desde luego, resulta difícil controlar su calidad, ya que sus variaciones abarcan un amplio campo.

En los hospitales de cierto número de camas, las redes de vapor alcanzan longitudes considerables. Esto provoca que en los momentos de bajo consumo de vapor, se produzcan condensaciones ocasionando una humedad excesiva del mismo. En condiciones de alta demanda, desaparece el agua en las tuberías, pero es posible que se presenten condiciones de sobrecalentamiento del vapor.

Es frecuente que la obtención de un vapor de alta calidad no sea posible de lograrse sino hacia la mitad de la jornada.

El poder destructivo del “calor húmedo”, (vapor saturado a presión), depende de tres (3) factores principales: *calor, humedad y tiempo*.

Debe mencionarse, brevemente, que el vapor puede existir en varios estados físicos, y en cada uno de ellos ejerce un efecto determinado sobre el desempeño del autoclave, tales como:

- a) Vapor Saturado: el término “Vapor Saturado” significa que el vapor de agua ejerce la máxima presión para determinadas condiciones de temperatura y presión.

El vapor en este estado reúne las condiciones más efectivas para la esterilización.

- b) Vapor Húmedo: se presenta esta condición de vapor cuando el agua de la caldera, o la que se condensa en las tuberías de conducción, es inyectada dentro de la autoclave. El resultado es un exceso de agua, el cual produce, como consecuencia, que los elementos contenidos en el esterilizador salgan húmedos.

- c) Vapor Recalentado: se refiere al vapor saturado que ha sido sometido a altas temperaturas. En estas condiciones el vapor se vuelve “Seco” con la consiguiente pérdida de la humedad necesaria para la esterilización.

Si durante la esterilización de tejidos se tiene un vapor excesivamente húmedo, ciertos ácidos se precipitan y la fibra textil es atacada. Además se obtiene como resultado la presencia de paquetes “húmedos”.

Si por el contrario el vapor está sobrecalentado, significa que ha recibido más calor del necesario para evaporar toda el agua; es decir que resulta casi igual que utilizar “aire caliente”. En estos casos es necesario aplicar temperaturas más altas, es decir entre 160° - 180° C. para conseguir una esterilización y que a estas temperaturas los tejidos se quemen.

Si el sobrecalentamiento es más moderado, se produce la evaporación de la humedad natural del tejido ocasionando, a corto plazo un desgarramiento de las fibras textiles.

A pesar de las muchas ventajas del vapor como agente esterilizante, existen ciertos factores que pueden impedir una esterilización positiva:

- *La presencia de aire dentro de la cámara del esterilizador.* Si por cualquier circunstancia quedan como remanentes pequeñas cantidades de aire dentro de la cámara, éstas se concentrarán formando “bolsas de aire” que pueden resultar difíciles de eliminar.
- *Errores de Procedimiento:* es esencial que el personal de la Central de Esterilización reconozca los errores que se mencionan a continuación y evite de esta manera, posibles fallas en el proceso:

a.- Sobrecarga: la disposición holgada de los paquetes dentro del esterilizador constituye una medida esencial para permitir el libre acceso de vapor y la evacuación total del aire contenido dentro de la cámara. Si esto no sucede, es posible que se forme una mezcla de aire y vapor cuyas consecuencias se traducen en un descenso indeseable de la temperatura dentro de la cámara. El mayor problema estriba en que los controles exteriores (termómetros) pueden no registrar este error.

b.- Sobredimensionamiento o paquetes muy apretados: la eliminación del aire, parte esencial del proceso, resulta difícil de lograr en la forma apropiada si los paquetes a ser procesados son muy grandes o están envueltos en forma muy apretada. en vista de que este problema no puede detectarse por los controles externos del autoclave, es necesario que la preparación de los paquetes se realice en la forma apropiada.

c.- Operación Inapropiada: a continuación se dan algunos ejemplos de mala operación del autoclave:

- negligencia en seguir las instrucciones dadas por el fabricante.
- tiempo de exposición demasiado corto, debido a órdenes o procedimientos urgentes.
- falta de limpieza periódica de la rejilla de salida y línea de descarga de vapor.

- ausencia de inspecciones regulares y de un servicio de mantenimiento adecuado.

*Otros impedimentos:* Otras condiciones que pueden ocasionar una esterilización poco satisfactoria son:

- Muchos de los autoclaves usados en la actualidad son demasiado viejos y adolecen de algunas limitaciones en su diseño; esto los convierte en equipos obsoletos.
- No todo el personal de mantenimiento está técnicamente entrenado y posee los conocimientos necesarios para reparar, efectuar ajustes o calibrar los autoclaves. Es indispensable que la persona responsable de supervisar la Central insista sobre las inspecciones periódicas y el cumplimiento de las rutinas de mantenimiento preventivo, las cuales deben ser realizadas por un técnico especializado.

## PROCEDIMIENTOS GENERALES DE LA ESTERILIZACIÓN

- a. Los elementos de lencería, utilizados para empacar los materiales, deberán lavarse antes de ser sometidos a un nuevo proceso de esterilización. Esta medida previene el daño de las fibras textiles que pueden producirse debido al resarcimiento excesivo de los mismos.
- b. El tamaño y densidad de los paquetes deberá ser tal que permita una penetración uniforme y completa del vapor, con un apreciable margen de seguridad, en un tiempo promedio de 30 minutos a una temperatura de 121° C (250° F).

- c. Las dimensiones máximas de los paquetes no deberán exceder los 30X30X50 centímetros y su peso no debe de sobrepasar las 12 libras.
- d. Los paquetes deberán envolverse de manera que queden algo flojos y colocarse de manera que permitan una libre circulación del vapor en el centro de los mismos.
- e. La envoltura o cubierta protectora de los paquetes deberá proporcionar protección contra la contaminación por contacto después de la esterilización.
- f. La tela utilizada para la fabricación de envolturas debe poseer buenas características filtrantes pero sin que esta propiedad dificulte el paso del vapor hacia el interior de los paquetes.
- g. No se recomienda la utilización de la lona o lienzo para la fabricación de las envolturas, ya que debido a la densidad de su tejido dificultan el flujo de vapor.
- h. Puede utilizarse papel, previa determinación de sus cualidades protectoras y de impermeabilidad. Los paquetes grandes no deben envolverse en papel ya que este material puede volverse frágil después de ser sometido al autoclave. Pueden presentarse perforaciones o rasgaduras, difíciles de detectar, con el consiguiente peligro de contaminación.
- i. Existen varios métodos para asegurar los paquetes a ser esterilizados. Los clips, alfileres y grapas no deberán usarse para este propósito, en vista que pueden rasgar la tela o el papel y producirse contaminación del contenido.

- j. Las cuerdas, cintas de algodón, cintas adhesivas, etc., pueden ser utilizadas en forma satisfactoria para asegurar los paquetes.
- k. Las cintas adhesivas sensibles al vapor, pueden ser utilizadas, adicionalmente, para asegurar los paquetes y proporcionar una indicación de que éstos han sido procesados en el autoclave, sin que sean una garantía de esterilidad de su contenido.
- l. El método utilizado para envolver los paquetes deberá garantizar el mantenimiento de las condiciones de esterilidad de los materiales durante su almacenamiento.

## MÉTODOS PARA VERIFICAR LA EFECTIVIDAD DE LA ESTERILIZACIÓN

Indicadores o testigos.

Cintas que se colocan en el paquete o caja a esterilizar, que viran de color, cuando se alcanzan las temperaturas adecuadas para la esterilización.

Dichos indicadores pueden ser internos (tiras impregnadas con la sustancia química reactiva), externos (cinta control viraje autoadhesivas), en forma de sellos impresos sobre bolsas.

El viraje de dichos indicadores debe ser observable en cada uno de las unidades procesadas, a fin de atestiguar que las mismas han pasado por el proceso.

## MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA EL PERSONAL

### Medidas de higiene:

- No salpicar pisos, paredes, materiales o a las personas en el área de lavado.
- No dejar jabones mojados dentro de las piletas.
- Proceder al lavado de manos antes y después de cada procedimiento.
- No depositar materiales en lugares húmedos, no higiénicos o en precario estado de construcción.
- Evitar corrientes o movimientos de aire dentro de las áreas de la central de esterilización.
- Evitar ventiladores.
- Proceder a erradicar cualquier tipo de insecto habitual en el área. Hacerlo sin salpicar con los productos de fumigación las áreas, materiales o personas.
- Evitar en el área todo tipo de construcción no programada.
- El personal deberá usar su uniforme completo y evitar el uso de esmaltes de uñas, cosméticos, joyas para no contaminar los materiales.
- La limpieza de la Central se hará en forma húmeda una vez por turno. No utilizar plumero ni escobas.

- No guardar materiales a procesar en la zona de bajo-pileta porque se puede mojar.
- No apoyar materiales limpios en el piso.
- No utilizar cortinas.
- No tener plantas en el área.
- No comer, fumar o beber en el área.
- Los armarios deberán permanecer cerrados.
- No manipular innecesariamente los materiales procesados.
- No apoyar manos, cuerpo u otros objetos sobre los materiales procesados. No mojarlos.
- No escribir sobre los envoltorios.
- No apoyar los materiales aún calientes sobre superficies frías o húmedas.
- Resguardar los envoltorios de rotura.
- La Central de Esterilización debe constituir un lugar higiénico y seguro.

### 1.4.1.1. Vapor Centralizado

Las calderas son dispositivos industriales de gran aplicabilidad en la industria a nivel mundial; su objetivo principal es el de generar calor que pueda luego ser aprovechado en diferentes secciones del proceso. El calor es transferido en forma de vapor; el cual puede ser aprovechado para una gran diversidad de usos. El vapor generado se conduce a través de tuberías, las cuales deben encontrarse aisladas, hacia los diferentes puntos del proceso. Entre las aplicaciones más importantes en Guatemala del uso del vapor generado en las calderas están: *generación de potencia (plantas eléctricas), evaporación de soluciones de sal y azúcar en evaporadores y utilización del vapor en intercambiadores de calor para calentar diversas soluciones*. Las calderas se utilizan en la industria textil, en hoteles y en hospitales; siendo estos últimos los que utilizan gran cantidad de vapor para realizar esterilizaciones.

El Centro Médico Militar cuenta con tres calderas pirotubulares, las cuales operan a presiones de 125 psi y desarrollan una potencia de 500 bhp.

Figura 3. Una de las tres calderas del C.M.M.



Fuente: Centro Médico Militar

Las calderas pirotubulares, básicamente son recipientes metálicos, comúnmente de acero, de formas cilíndricas o semicilíndricas, atravesados por grupos de tubos por cuyo interior circulan los gases de combustión.

Por problemas de resistencia de materiales, su tamaño es limitado. Sus dimensiones alcanzan a 5 m de diámetro y 10 m de largo. Se construyen para flujos máximos de 20,000 kg/h de vapor y sus presiones de trabajo no superan los 250 psi.

Pueden producir agua caliente o vapor saturado. En el primer caso se les instala un estanque de expansión que permite absorber las dilataciones de agua. En el caso de vapor poseen un nivel de agua a 10 o 20 cm sobre los tubos superiores.

Entre sus características se pueden mencionar:

- sencillez de construcción
- facilidad de inspección, reparación y limpieza
- gran peso
- lenta puesta en marcha
- gran peligro en caso de explosión o ruptura debido al gran volumen de agua almacenada.

En el departamento Central de Equipo es donde se ubican las autoclaves; el vapor que llega al Departamento Central de Equipos es regulado a 60 psi, y luego en la autoclave, a un intervalo de 30 – 35 psi. Posee una línea que transporta el condensado de regreso al tanque de alimentación con el propósito de aprovecharlo.

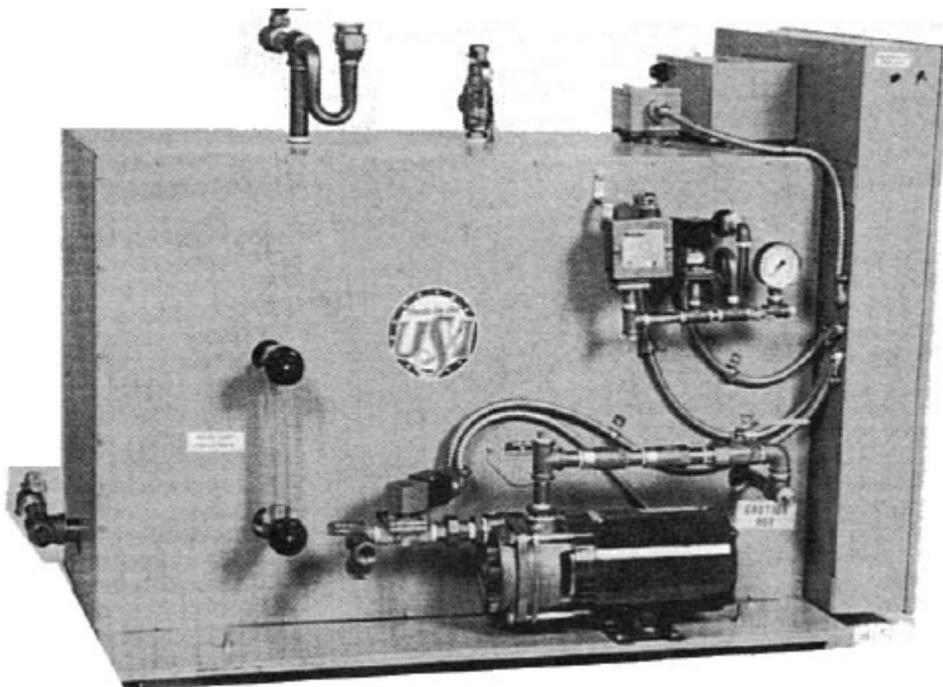
#### 1.4.1.2. Por Resistencia Eléctrica

Los generadores de vapor eléctrico, producen vapor por medio del calentamiento de agua, a través de resistencias eléctricas. En el C.M.M. se cuenta con un calderín, el cual posee dos resistencias eléctricas de 20 Kw c/u.

Este generador de Vapor produce 120 lb/h a una presión operativa de 100 a 116 psi, siendo particularmente convenientes para procesos industriales. Estas calderas son especialmente útiles para laboratorios y pequeños consumos de vapor.

Para el funcionamiento del autoclave de vapor, se regula la presión del calderín a 60 psi, debido a que la reguladora de presión del autoclave no soporta más de esa presión.

Figura 4. Calderín



Fuente: Figura Sacada de unas especificaciones, ElectroSteam

### 1.4.2 Sistema de Gas:

Aún cuando la utilización del vapor para obtener una esterilización efectiva continúa siendo el método más práctico y ampliamente empleado, la humedad y las altas temperaturas requeridas pueden causar daño a ciertos materiales. Muchos elementos fabricadas de plástico, caucho y metal no soportan bien una exposición continuada a las altas temperaturas como 121° C (250° F) y 132° C (270° F).

Este problema condujo al desarrollo de un nuevo agente esterilizante: *óxido de etileno gaseoso*.

Este producto ha demostrado poseer una extraordinaria habilidad para la penetración y presenta la ventaja que puede ser utilizado a la temperatura ambiente. La amplia difusión del uso del óxido de etileno existente en la actualidad, se fundamenta en su habilidad para destruir microorganismos, tales como las bacterias y los virus, sin causar daño a los materiales delicados.

La esterilización por gas no es un sustituto de la esterilización por vapor, pero es un método alternativo para procesar elementos sensibles al vapor.

Los sistemas de esterilización por gas, más frecuentemente utilizados en la actualidad son:

- esterilización por óxido de etileno.
- esterilización por formaldehído gaseoso
- glicoles (trietileno o propileno)
- vapores de Beta-Propiolactone
- otros gases

La esterilización por óxido de etileno se produce mediante la exposición al gas. Su efectividad se basa en el gas mismo y no es dependiente de un gran aumento en la temperatura.

Figura 5. Autoclave de gas.



Fuente: Centro Médico Militar

Las propiedades más sobresalientes del óxido de etileno son:

- a) Extremadamente activo
- b) Soluble en todas proporciones, en agua, alcohol y éter.

- c) Altamente inflamable. Los vapores de óxido de etileno forman una mezcla explosiva con el aire, El problema de la alta inflamabilidad y explosividad de este gas ha sido resuelto mediante las mezclas con gases inertes tales como dióxido de carbono, freón o nitrógeno.
- d) Irritante a la piel y las membranas mucosas. Puede ocasionar erupciones en la piel por contacto con la sustancia o materiales que hayan absorbido el gas.
- e) Moderadamente tóxico. No debe de ser inhalado.
- f) Han sido plenamente establecidos los efectos letales del óxido de etileno sobre las bacterias esporas, virus y hongos.

El mecanismo exacto de acción, no es plenamente conocido. Sin embargo, se supone que el gas penetra al microorganismo y éste reacciona químicamente con sus proteínas.

Este proceso interrumpe las funciones vitales (metabolismos, reproducción, etc.) de manera que la célula no puede sobrevivir al tratamiento.

La esterilización por óxido de etileno es un proceso completo. Para que pueda ser un agente esterilizante efectivo, debe existir la relación apropiada entre la concentración del gas, humedad, tiempo y temperatura. La alteración de cualquiera de estas variables puede afectar las demás y cambiar el proceso de esterilización.

- a) **Concentración del gas.** En su recipiente presurizado, el óxido de etileno se encuentra en estado líquido y por lo tanto debe ser vaporizado para que penetre y esterilice la carga en forma efectiva.

El óxido de etileno en estado puro, es extremadamente explosivo, inflamable y tóxico. La concentración del gas es medida en miligramos por litro de espacio de cámara. El rango de una concentración efectiva está entre 450 y 1500 miligramos por litro. Las altas concentraciones se traducen en un tiempo de esterilización más corto. Esto, sin embargo, está basado en la temperatura de la cámara y otros factores.

- b) **Humedad.** La humedad es medida en términos de humedad relativa. Generalmente la esterilización por óxido de etileno es considerado un proceso seco. Sin embargo, el vapor de agua debe estar presente, pero no al nivel de la esterilización por vapor (100% de humedad relativa).

Las condiciones óptimas se consideran entre 30 y 60% de humedad relativa. Las células y esporas secas son mucho más resistentes a la esterilización por óxido de etileno. Por lo tanto, el procedimiento recomendado es pre-acondicionar la carga llenando la cámara del esterilizador con una atmósfera de alta humedad por lo menos durante 30 minutos, con el propósito de ablandar la superficie de las esporas y permitir una más fácil y rápida penetración del óxido de etileno.

- c) **Tiempo.** El tiempo de exposición puede variar considerablemente, debido a que posee condiciones diferentes en cuanto al grado de contaminación, densidad, contenido y permeabilidad al óxido de etileno. En consecuencia, el tiempo de esterilización debe ajustarse a las características propias de cada carga y con base en las instrucciones dadas por el fabricante, las cuales deben seguirse cuidadosamente.

d) **Temperatura.** El óxido de etileno se vaporiza (de líquido a gas) a una temperatura de 10.5° C (51° F). En consecuencia, puede ser un agente esterilizante muy efectivo a temperaturas tan bajas como los 21° C (70° F). Sin embargo, a mayores temperaturas pueden lograrse ciclos más cortos como resultado de un aumento en la rata de difusión del gas.

.De las cuatro variables críticas que son esenciales para la esterilización por óxido de etileno, únicamente el “tiempo de exposición” puede ser medido con exactitud por el operador.

La concentración del gas depende esencialmente de la forma en que es inyectado dentro del esterilizador.

La temperatura solamente puede ser medida en un punto, y no necesariamente es un indicativo de las condiciones de temperatura existentes en otros sitios dentro de la cámara.

En la mayoría de los esterilizadores por óxido de etileno no es posible obtener una medición de la humedad.

La esterilización por óxido de etileno, ofrece las siguientes ventajas:

- es efectivo contra todos los tipos de micro-organismos.
- puede ser usado para esterilizar objetos que podrían sufrir daño si son sometidos al calor y a la humedad.
- no es corrosivo y no produce deterioro a los elementos procesados.

- posee la habilidad de difundirse y penetrar con facilidad a través de la masa de materiales secos.
- no son necesarias altas condiciones de presión, humedad y temperatura.

Aún cuando el óxido de etileno tiene la capacidad potencial para procesar la mayoría de los elementos utilizados en el hospital, una cierta cantidad de desventajas limitan su uso:

- ❖ requiere largo tiempo de exposición.
- ❖ comparado con el vapor, la instalación y operación del equipo resultan costosas.
- ❖ es tóxico, si es inhalado, y produce una acción irritante sobre la piel.
- ❖ algunos objetos absorben el gas durante el proceso de esterilización. Por lo tanto deberán airearse durante un período largo de tiempo hasta obtener la disipación completa del gas.

Existen muchos artículos, equipos, etc., sensibles al calor y la humedad, los cuales pueden ser procesados en forma efectiva y segura utilizando este método.

Aún cuando el óxido de etileno es altamente penetrante, existen algunos materiales en los cuales la rata de penetración es reducida en forma considerable debido a la naturaleza de los mismos y a su forma de empaque.

La Tabla No. II contiene una relación de los artículos que son compatibles con la Esterilización por óxido de etileno.

**Tabla No. II. Artículos comúnmente esterilizados por óxido de etileno**

<u>Instrumentos y Equipos</u>	
Electrocauterios	Tiendas de oxígeno
Instrumentos dentales	Hojas de Bisturí
Lámparas	Espéculos
Agujas	Jeringas, etc.
Instrumentos de Neurocirugía	
<u>Materiales de plástico</u>	
Máquinas de diálisis	Incubadoras
Cateters	Equipo de Venoclis
Máquinas corazón	Nebulizadores
Pulmón	Tubos de prueba, etc.
Marcapasos	
<u>Materiales de caucho</u>	
Cateters	Guantes quirúrgicos
Drenajes	Tubos, etc.
<u>Instrumentos Telescópicos</u>	
Broncoscopios	Equipo de Endoscopia en General
Sistoscopios	Oftamología, etc.
<u>Misceláneos</u>	
Sábanas	Ampolletas selladas
Libros	Suturas
Cable eléctrico	Instrumental quirúrgico en general
Muebles	Equipo de anestesia
Equipo eléctrico	Equipo electrónico, etc.

## Procedimientos de esterilización

Las etapas más comúnmente usadas en la operación de los esterilizadores de óxido de etileno, incorporan los siguientes procedimientos:

- a) **Preparación:** los materiales deberán estar limpios, libres de suciedad o materias extrañas (Ej. Sangre) y perfectamente secos. Todas las tapas, válvulas, etc., de los materiales a ser esterilizados, deberán retirarse para permitir la fácil circulación del aire. Las agujas, tubos, etc., deberán tener los dos extremos abiertos. Las jeringas completamente desensambladas.
  
- b) **Carga:** el procedimiento de carga es similar al utilizado en la esterilización por vapor, teniendo especial cuidado en proporcionar los espacios suficientes para permitir la libre circulación del gas.  
  
Debe evitarse la sobrecarga y la presencia de paquetes excesivamente densos.
  
- c) **Temperatura:** debe precalentarse el esterilizador hasta obtener la temperatura de operación.
  
- d) **Vacío Inicial:** debe crearse un vacío. El tiempo de duración varía de acuerdo con el tamaño de la cámara del esterilizador.
  
- e) **Humedad:** para efectuar el ciclo normal de esterilización por gas se requiere de una humedad relativa del 30%.

Algunos modelos automáticos requieren la adición de agua o la colocación de esponjas húmedas dentro de la cámara para obtener la humedad mínima requerida.

Otros modelos automáticos inyectan vapor de agua dentro de la cámara hasta obtener una humedad relativa entre el 30-60%.

Posteriormente a la inyección de la humedad deberá proporcionarse un período de acondicionamiento con una duración entre 30 y 60 minutos. Este tiempo permite la humedificación de las esporas secas y optimiza la acción letal del gas.

- f) **Inyección de gas:** las recomendaciones con respecto a las óptimas condiciones de presión y concentración del gas, varían de acuerdo con el tipo y marca del esterilizador.
- g) **Tiempo de exposición:** es imperativo operar el esterilizador siguiendo estrictamente las recomendaciones del fabricante.
- h) **Vacío Final:** al finalizar el tiempo de exposición, el gas es evacuado de la cámara mediante el proceso de vacío final.
- i) **Restablecimiento atmosférico:** al final del ciclo, es admitido el aire filtrado dentro de la cámara con el propósito de re-establecer la presión atmosférica. Deberá evitarse la inhalación accidental de cualquier remanente de gas que pueda escapar de la cámara al abrir la puerta. Los elementos no deberán ser retirados de la cámara antes de transcurridos por lo menos 5 minutos.

- j) **Aireación:** los elementos deberán ser aireados en forma adecuada con el objeto de eliminar todo el gas residual.

El mayor peligro que presenta el proceso de esterilización por óxido de etileno lo constituye el gas residual y sus sub-productos. Estos peligros son reducidos mediante la correcta preparación de los paquetes, la utilización del ciclo apropiado (concentración del gas, pureza, temperatura, humedad y tiempo) y por una aireación adecuada posterior a la esterilización.

Algunas investigaciones han determinado los siguientes estándares mínimos para una aireación a la temperatura ambiente y para aireación forzada:

Tabla No. III. Tiempo que transcurrirá para airear el equipo a esterilizar

CATEGORIA	TIEMPO QUE TRANCURRIRA LA CARGA A TEMPERATURA AMBIENTE	AIREADOR (*)
Papel	24 horas	8 horas
Caucho	96 horas	8 horas
Elementos metálicos	24 horas	8 horas
Polietileno	48 horas	8 horas
Cloruro de polivinilo	7 días	12 horas
Combinación de cloruro de polivinilo	7 días	12 horas
Combinación de caucho y metal	96 horas	8 horas

(\*) Los tiempos de aireación pueden variar de acuerdo con las especificaciones de cada fabricante.

## 1.5. Definición de mantenimiento

Se entiende por mantenimiento a toda clase de actividades que deben realizarse con el fin de conservar en óptimas condiciones los elementos de una empresa: maquinaria, equipos, instalaciones, etc., para operar en condiciones de funcionamiento seguro, eficiente, económico y especialmente para mantener el servicio que prestan y para el cual han sido creados.

La función del mantenimiento es proveer todos los medios posibles para la conservación de los elementos físicos de una empresa, para que operen con la máxima eficiencia, seguridad y economía. En el mantenimiento existen dos objetivos fundamentales: el primero, conservar el servicio que presta la maquinaria, equipo o instalaciones y el segundo, la conservación y cuidado de la maquinaria. Estos objetivos no son independientes uno del otro, por lo que se deben tratar conjuntamente; para cumplirlos, se deben combinar de la mejor forma los siguientes factores:

1. Calidad económica del servicio.
2. Duración adecuada del equipo.
3. Minimización de los costos de mantenimiento.

Los tres factores anteriores se resumen de la siguiente manera:

La calidad del servicio que presta una empresa será económica siempre y cuando el costo de mantenimiento sea mínimo, asegurando así una larga duración del equipo para prestar el servicio para cual fue creado.

La adquisición de equipo nuevo acarrea costos elevados, pues inicialmente su depreciación es acelerada, aunque esto se compensa por ser bajos los costos de mantenimiento, pues la expectativa de falla es menor.

Conforme envejece el equipo sus componentes se desgastan, aumentando la frecuencia de falla y como consecuencia, los gastos de mantenimiento son mayores; además, el cambio de repuestos es más costoso debido a la dificultad de obtenerlos, por no tener existencia en las bodegas y que el fabricante no garantice la existencia de éstos, en períodos muy largos. Por otro lado, un aumento en la frecuencia de fallas del servicio, causa pérdidas en el ingreso que origina la prestación del mismo, de tal manera que estos costos aumentan tanto, que hacen prohibitivo el uso del equipo.

### **1.5.1. Tipos de mantenimiento**

#### **Mantenimiento de averías**

Este tipo de mantenimiento se da cuando hay algún paro de producción debido a alguna avería en el equipo y es necesario repararlo de inmediato.

El mantenimiento ha sido adoptado por la similitud que su actuación tiene con la de un médico, cuya intervención se produce cuando el individuo ha caído enfermo y necesita de los medios necesarios para poder curarlo. De la misma manera, la reparación de averías es una reacción que se produce cuando la máquina o equipo ha dejado de funcionar.

A partir del momento en que se presenta la avería, se hace la planificación de actividades, repuestos, materiales, personal, etc., para la reparación. Este tipo de mantenimiento como única función no es recomendable. En la industria, es imposible depender de un tipo de mantenimiento de esta naturaleza; puede acarrear grandes pérdidas, dependiendo de la gravedad de la avería.

## **Mantenimiento Preventivo**

El mantenimiento preventivo puede definirse como el conocimiento sistemático del estado de la maquinaria y equipo, para la planeación y programación de las actividades que eliminarán las averías que provocan paros imprevistos; considerando que los paros necesarios para esta acción, ejerzan la menor influencia posible sobre la producción.

Este tipo de mantenimiento trata de anticiparse a la aparición de las fallas; evidentemente, ningún sistema puede anticiparse a las fallas que no nos avisan por algún medio. La base de información surge de fuentes internas en la organización y de fuentes externas a ella.

Las fuentes internas están constituidas por los registros o historiales de reparaciones existentes en la empresa, los cuales informan sobre todas las tareas de mantenimiento que el bien ha sufrido durante su permanencia. Se debe tener en cuenta que los bienes existentes pudieron ser adquiridos como nuevos (sin uso) ó como usados.

Forman parte de las mismas fuentes, los archivos de los equipos e instalaciones con sus listados de partes, especificaciones, planos generales, de detalle, de despiece; los archivos de inventarios de piezas y partes de repuesto; y por último, los archivos del personal disponible en mantenimiento con el detalle de su calificación, habilidades, horarios de trabajo, sueldos, etc.

Las fuentes externas están constituidas por las recomendaciones sobre el mantenimiento, que efectúa el fabricante de cada bien.

Las salidas del sistema, están constituidas por los informes de:

- compras e inventario
- listado de partes de los equipos e instalaciones
- historiales
- de análisis de costos (costos reales contra los costos estándar)
- órdenes de trabajos de mantenimiento y de recorridas en sus diversos tipos.

En el caso de compra de bienes de cierta importancia, junto con el mismo, se recibe un manual de operación y mantenimiento. En dicho manual, se recomienda la realización de determinados trabajos de mantenimiento y determinados reemplazos de piezas *y/o* de materiales de consumo, especificándose la oportunidad de su ejecución sobre una base de tiempo de uso, tiempo desde la última intervención, número de golpes, número de vueltas, kilómetros recorridos, cantidad de materia prima procesada, etc.

El fabricante puede formular esas recomendaciones porque se basa en su experiencia, es decir, en el conocimiento que obtiene sobre los productos de su fabricación, por la práctica y por la observación a través de un tiempo prolongado. En ambas fuentes de información se encuentra implícito el conocimiento de la vida útil del bien. Es justamente la definición de una vida útil para los bienes y sus componentes, lo que facilita encarar el mantenimiento del tipo preventivo.

Por otro lado, para los casos en que no disponemos de información sobre la historia o sobre la vida útil de un bien, la recorrida periódica de todos ellos y la confección de un programa de reparaciones anticipadas, permiten actuar antes que se produzcan muchas de las fallas. En todos los casos, la prevención permite preparar el equipo de personal, los materiales a utilizar, las

piezas a reponer y la metodología a seguir, lo cual constituye una enorme ventaja. La mayor ventaja de este sistema es la de reducir la cantidad de fallas por horas de marcha.

El desarrollo del mantenimiento preventivo, se realiza a través de las siguientes actividades básicas: visitas, revisiones, lubricación y limpieza.

**Visitas:** sirven para comprobar el estado del equipo, por medio de inspecciones periódicas que no involucran ninguna operación de desmontaje.

**Revisiones:** son inspecciones periódicas para comprobar el estado del equipo, muy similares a las visitas, pero con la diferencia de que sí se realizan operaciones de desmontaje parcial o total.

Su profundidad es mayor que en las visitas, sin embargo es necesario efectuar paros o realizarlas durante el tiempo programado de interrupción de producción.

**Lubricación:** no es más que la aplicación periódica de aceites y grasas, para evitar las fallas provocadas por el desgaste prematuro de las piezas, debido a la *fricción*. La lubricación es un punto fundamental en el mantenimiento preventivo, pues si se aplica de manera adecuada, podrán obtenerse beneficios como:

- prolongación del servicio prestado por la maquinaria y equipo
- reducción de costos de mantenimiento
- reducción de paros imprevistos

**Limpieza:** la limpieza de maquinaria y equipo en cualquier tipo de industria es un punto muy importante para la aplicación del mantenimiento preventivo, pues permite detectar más fácilmente las averías en el equipo y facilita así mismo el trabajo del personal de mantenimiento.



## 2. FASE DE INVESTIGACIÓN

### 2.1. Descripción de Autoclaves del C.M.M.

En la Central de Equipos del Centro Médico Militar, se cuenta con nueve autoclaves, siendo importantes para el presente estudio solamente cinco: cuatro de vapor y una eléctrica. Actualmente sólo ocho de ellas están en funcionamiento (cuatro de gas, una eléctrica y tres de vapor).

La autoclave eléctrica es la más utilizada, debido a que su funcionamiento se hace más práctico por la disponibilidad del recurso de la energía eléctrica, más que cualquier combustible o sistema. La esterilización y secado con la autoclave eléctrica tarda un tiempo de 60 minutos.

Figura 6. Fotografía del autoclave eléctrica



Fuente: Centro Médico Militar

Los autoclaves de vapor marca AMSCO trabajan en el horario siguiente: de 5:00 a 8:00 horas durante la mañana y luego, de 13:00 a 15:00 horas, por la tarde.

La ventaja de las autoclaves de vapor es el rendimiento en cuanto a tiempo; pues se tardan 35 minutos en la esterilización y 20 minutos para el secado del equipo médico; pero si se desea esterilizar agua, puede hacerse en solamente 10 minutos.

Figura 7. Fotografía del autoclave de vapor marca AMSCO

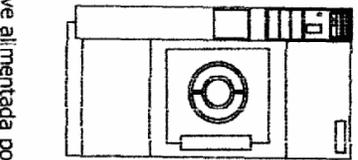
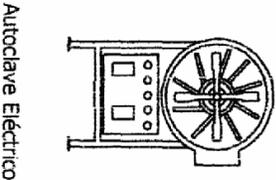
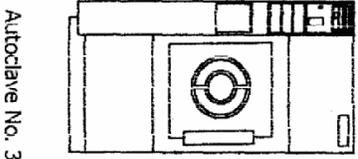
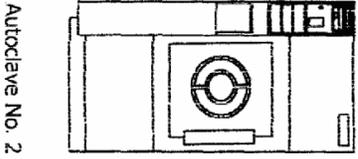
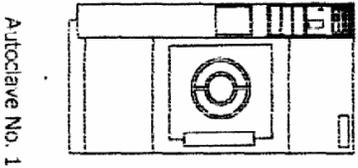


Fuente: Centro Médico Militar

La temperatura a la cual esterilizan equipo médico las autoclaves de vapor es de 270° F a 275° F

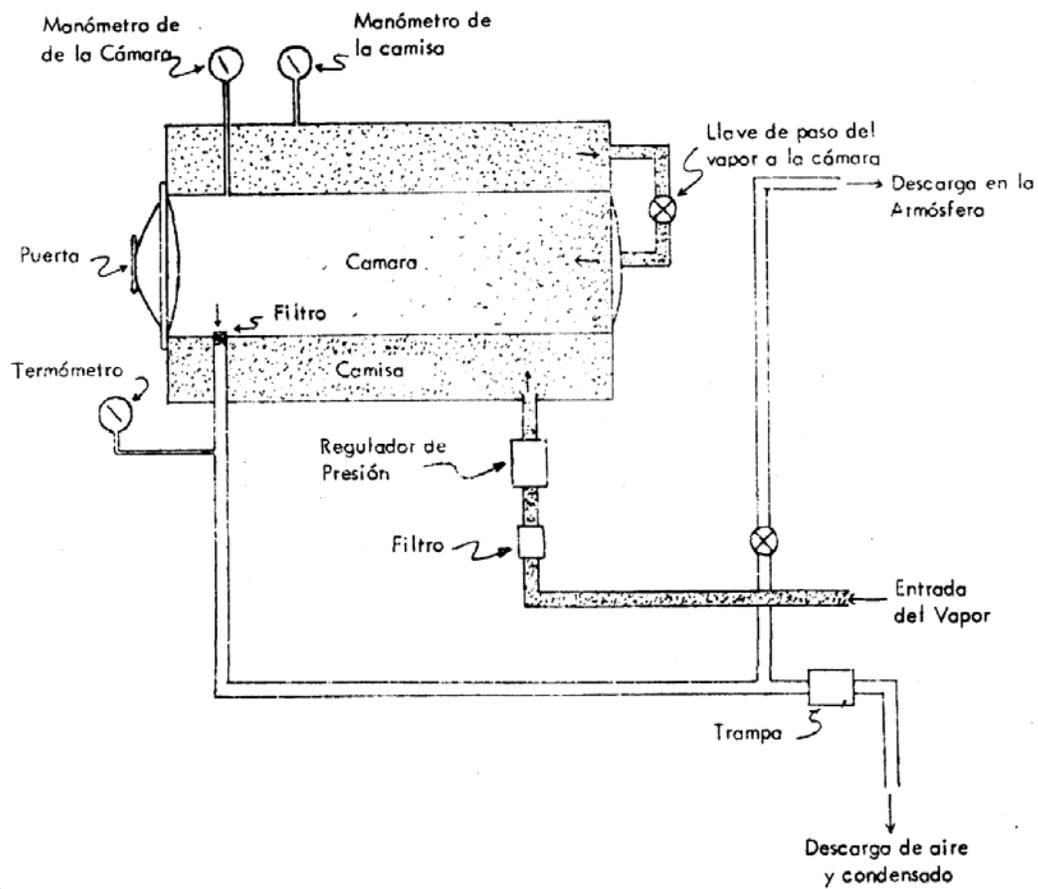
Figura 8. Vista lateral de la ubicación de los autoclaves

Vista plana de la ubicación de los autoclaves



Un autoclave es un aparato de paredes resistentes y con cubierta, que se cierra por la propia presión; por esa presión y temperaturas elevadas, se destruyen los gérmenes patógenos.

Figura 9. Esquema de autoclave



**ESQUEMA DE AUTOCLAVE**

Fuente: Proyectos de Instalación de Equipo de Hospitales  
Operación y Mantenimiento

## COMO CARGAR EL AUTOCLAVE

- a. Disposición de la carga:
  - i. los paquetes deberán colocarse en posición tal que presenten la menor resistencia posible al paso del vapor a través de la carga.
  - ii. en el caso de cargas combinadas, el tiempo de exposición deberá ser el más largo requerido por el o los elementos constitutivos. Sin embargo no es aconsejable procesar guantes o cualquier elemento de caucho, combinados con materiales que requieran mayor tiempo de esterilización.
- b. Las jarras, canastillas y otros recipientes no porosos que contengan materiales secos, deberán colocarse de lado. Esto permite un rápido desplazamiento del aire y un contacto adecuado del vapor con todas las superficies tanto del recipiente como de su contenido.
- c. Los utensilios deberán colocarse de lado, en estas condiciones se secarán en forma más rápida y conveniente.
- d. En cargas que combinen lencería y elementos duros, coloque estos últimos en la parte inferior de la cámara. De esta manera se evita el humedecimiento de la lencería causado por el goteo del condensado procedente de los materiales con superficies lisas.

Basados en el mismo principio de esterilización los autoclaves pueden clasificarse en tres grupos:

1. de vapor centralizado
2. eléctrica y
3. por gas

### **2.1.1. Autoclaves de vapor centralizado**

El autoclave es un aparato provisto de una llave y manómetro para regular la presión y temperatura que deseemos utilizar. El vapor por sí solo no es esterilizante. Se somete en el interior a una presión mayor que la atmosférica, que aumenta la temperatura del vapor, siendo de esta forma como se consigue la destrucción de todos los microorganismos.

Este vapor saturado debe estar sometido a una temperatura determinada y durante un tiempo necesario.

El vapor penetra en la cámara de esterilización y alcanza cierta presión: la deseada. Este vapor se condensa por contacto con los materiales fríos. Esta condensación libera calor humedeciendo y calentando simultáneamente cada material. Por ello es necesario que no haya aire en el autoclave, lo que se consigue succionando éste por medio de un sistema de vacío e introduciendo el vapor de forma muy rápida, para así forzar la salida del aire.

El sistema del mando ofrece tres diferentes ciclos de esterilización: Prevacío, Gravedad, y Líquidos. Los ciclos Líquidos y de Gravedad son convencionales, ciclos de desplazamiento de gravedad. El ciclo de Prevacío incorpora una fase que consiste en una serie de pulsos de presión/vacío.

### Modelos de Prevacío

Se opera a una temperatura de 132° C – 135° C (270° F – 275° F). En este ciclo se crea un alto vacío dentro de la cámara. El resultado es una reducción considerable del tiempo necesario para el procesamiento y una más rápida penetración del vapor dentro de los paquetes. Con la utilización de este ciclo, los elementos son calentados durante un tiempo más corto y, en consecuencia, se reducen las posibilidades de causar daño al material y el tiempo (ciclo) de secado.

Una de las ventajas de los esterilizadores a vapor de prevacío y alta temperatura es precisamente la necesidad de utilizar una bomba de vacío. Por lo tanto existe la posibilidad de falla o mal funcionamiento del equipo de vacío, lo cual puede ocasionar la formación de bolsas de aire dentro de los paquetes, impidiendo la entrada de vapor.

### Modelos de desplazamiento por gravedad

Operan a 121° C (250° F). Se basa en el flujo de vapor desde la parte superior del esterilizador hacia una válvula de salida colocada en la parte inferior. La principal limitación en su utilización se debe al tiempo relativamente largo, que es necesario para esterilizar una carga.

### Modelo de Prevacío pulsante

Opera creando dentro de la cámara un vacío alrededor del 80%. Cuando se llega a este porcentaje, se permite el ingreso brusco del vapor dentro de la cámara, la succión se realiza después con una bomba de vacío.

En vista de que el volumen de vapor inyectado es mayor que la capacidad de succión de la bomba, se genera un incremento de presión dentro de la cámara. Cuando la presión ha alcanzado un 40/50%, la bomba de vacío se detiene.

Al llegar la presión a una atmósfera (14.7 psi) la inyección de vapor cesa y la bomba de vacío empieza a funcionar nuevamente.

### Descripción de partes

1. *Llave principal de vapor:* es una llave de paso de vapor que sirve para poner en servicio el autoclave, así como también para cerrar completamente el paso de vapor al realizar cualquier revisión o reparación del equipo.
2. *Filtro de entrada de vapor:* el vapor antes de entrar en el autoclave atraviesa la válvula reguladora, pasando primero por el filtro, cuyo trabajo es el de absorber las partículas de material sólido que vienen mezcladas con el vapor, para no dejarlas pasar a los asientos de las válvulas, reguladores, trampas, etc.
3. *Válvula reguladora de presión:* el flujo de vapor que atraviesa la válvula reguladora de presión es controlada por medio de un pistón o por un diafragma (según tipo de válvula) abriendo y cerrando el paso de vapor a la camisa del esterilizador para mantener la presión deseada; presión que se puede comprobar fácilmente cerrando todas las llaves del autoclave y dejando solamente abierta la llave principal. El manómetro de la camisa indicará la presión a la que ha sido ajustado el regulador.

4. *Manómetro indicador de la camisa*: este manómetro sirve para registrar la presión en la camisa durante la operación del autoclave.
5. *Trampa para descarga del condensado de la camisa*: sirve para descargar el aire y el condensado de la camisa mientras que retiene el vapor.

Prueba de funcionamiento:

- a) abra la puerta del autoclave
- b) asegúrese que todas las llaves estén cerradas
- c) abra solamente la llave principal de vapor y ciérrela al indicar el manómetro de la camisa, la presión normal de trabajo. Si la presión de vapor indicada por el manómetro se mantiene y baja lentamente debido a la condensación, es prueba que la trampa está en buenas condiciones; y si la presión baja bruscamente o no se mantiene, es que la trampa está dañada.

Puede ser de tipo termostático o de balde invertido y ser precedida de un filtro de vapor.

Si la trampa no descarga el condensado, el agua de la condensación invadirá la cámara, y producirá un ruido intermitente (martilleo) en la misma.

6. *Llave de paso de vapor a la cámara*: sirve para dar paso de vapor de la camisa a la cámara de esterilización.

Prueba de funcionamiento:

- a) Abra la puerta del autoclave
- b) Asegúrese que todas las llaves estén cerradas
- c) Abra solamente la llave principal de vapor. Si pasa vapor a la cámara es prueba que la llave está dañada.

7. *Termómetro*: sirve para indicar la temperatura de la cámara de esterilización. Esta colocada en la línea de retorno, antes de la trampa eliminadora de aire y condensado, que es el punto más frío de la cámara.

8. *Válvula de seguridad*: esta válvula protegerá el aparato por exceso de presión, en caso de fallas en el regulador de presión de entrada de vapor.

Se recomienda hacer una descarga diaria durante 10 segundos, lo cual se lleva a cabo levantando la palanca que está en la parte superior.

9. *Trampa para descarga de aire y condensado de la cámara*: sirve para descargar el aire y el condensado de la cámara de esterilización.

Prueba de funcionamiento: la llave de escape debe estar en buenas condiciones para esta prueba. Deben seguirse los siguientes pasos:

- a. Cierre la llave de escape.
- b. Abra todas las llaves, una vez que los dos manómetros indiquen la presión de trabajo.

- c. Cierre la llave principal de vapor y espere unos minutos. Si los manómetros bajan lentamente es prueba que la trampa está trabajando bien; si el descenso es brusco, esto señala que la trampa está dañada.

Si la trampa permanece cerrada, no descargará el condensado y éste invadirá la cámara de esterilización ensuciando el material quirúrgico.

10. *Empaque de la puerta:* sirve para mantener herméticamente cerrada la cámara. Para evitar que se pegue, es conveniente cubrirla ligeramente con talco en cada operación.
11. *Filtro de la cámara:* sirve para recoger materias extrañas tales como agujas e hilos que se desprenden del material quirúrgico, evitando la entrada de los mismos a la línea de descarga, protegiendo de esta manera la trampa eliminadora de aire y condensado de la cámara.
12. *Llave de escape:* sirve para la descarga del vapor de la cámara y de la camisa a la atmósfera.

Se puede comprobar su funcionamiento correcto, procediendo de la misma forma que en la prueba de funcionamiento de la trampa de descarga de la cámara.

En los autoclaves de funcionamiento automático la llave de paso de vapor a la cámara en unos y el conjunto de levas y válvulas de operación manual en otros, ha sido substituido por un sistema accionado a motor, con un monitor de mando; el cual previa selección de los controles se encarga automáticamente de efectuar el ciclo completo de esterilización.

### 2.1.2. Autoclaves por resistencia eléctrica:

En este tipo de autoclaves posee su propio generador de vapor. Los incisos del 4 al 12 forman parte del conjunto de accesorios y su función es idéntica en los autoclaves eléctricos como en los de funcionamiento a vapor.

Figura 10. Fotografía autoclave eléctrica



Fuente: Centro Médico Militar

#### Descripción de partes

##### 1. Cuerpo principal del generador:

Tanque provisto de alimentación de agua, drenaje, indicador de nivel de agua y de sus respectivas resistencias de calefacción. Debe mantenerse el nivel de agua a  $\frac{3}{4}$  (autoclaves con indicador de nivel de columna de vidrio) y tener cuidado de que la llave de paso esté bien cerrada durante el proceso de esterilización. No se llene demasiado el generador, pues el agua invadiría la camisa. Si esto sucediese por descuido, ábrase la llave de desagüe, hasta obtener el nivel deseado.

## 2. Elementos de calefacción:

Son resistencias de tipo de inmersión. La vida útil de las mismas depende del buen funcionamiento del sistema de protección. Hay dos sistemas de protección:

- a) El de bulbo de contacto directo: Al faltar el agua el bulbo recibe mayor cantidad de calor de la resistencia e interrumpe la corriente de las bobinas en los relés de alimentación de las resistencias de calefacción.
- b) El de micro-interruptor combinado con el nivel de agua, que interrumpe la corriente de las bobinas de los relés por bajo nivel.

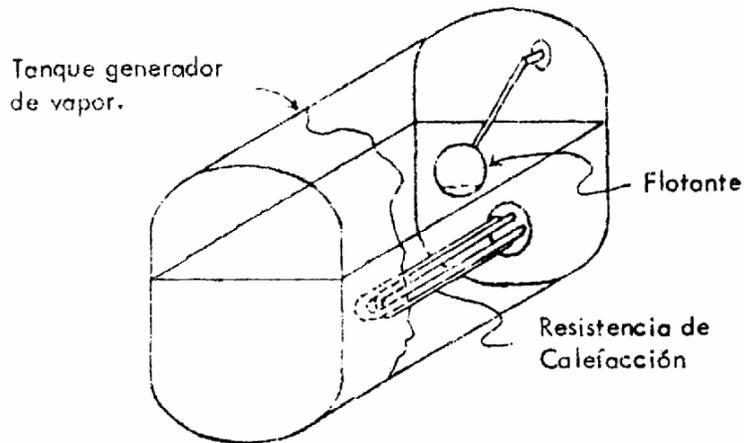
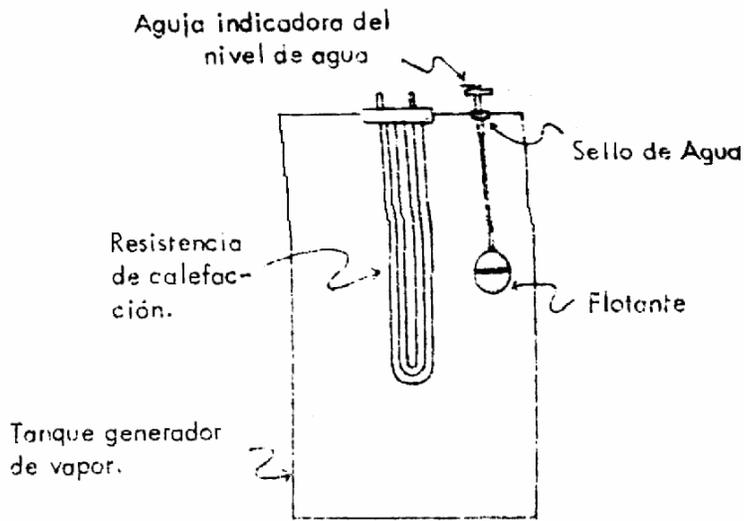
## 3. Regulador de presión:

Sirve para mantener la presión en la cámara de esterilización. Es de tipo regulable, y su misión es conectar y desconectar las resistencias de calefacción, cuando la presión del vapor en la cámara baja o sube respectivamente del valor previsto para la esterilización.

## 4. Interruptor protector y conmutador:

Este conjunto sirve para poner en funcionamiento el autoclave, mantener la presión de esterilización, conectando y desconectando grupos de resistencias y al mismo tiempo la protege en combinación con los interruptores de protección.

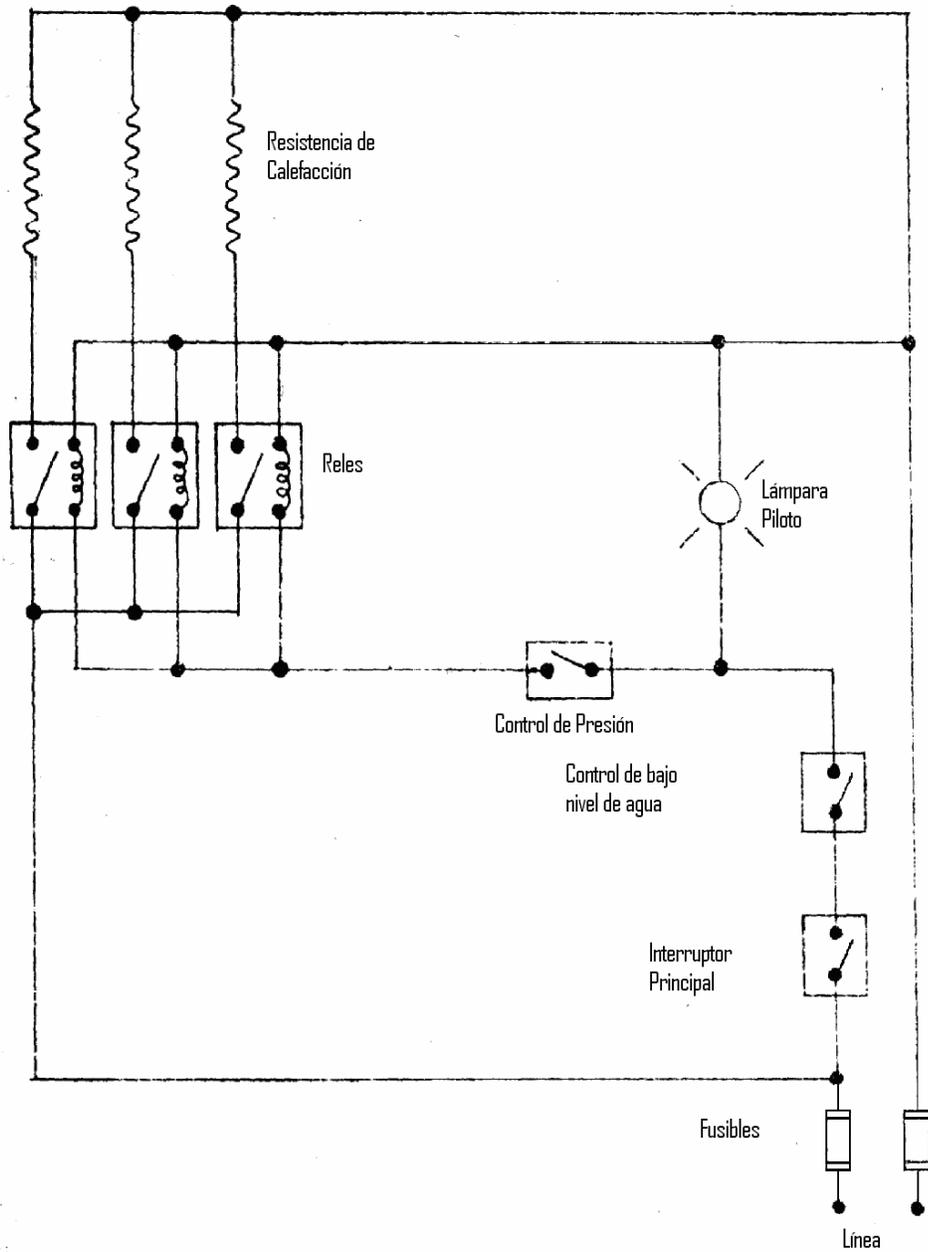
Figura 11. Conjunto del generador de vapor eléctrico



**CONJUNTO DEL GENERADOR DE VAPOR DE UN AUTOCLAVE ELECTRICO**

Fuente: Proyectos de Instalación de Equipo de Hospitales  
Operación y Mantenimiento

Figura 12. Esquema de conexiones de un autoclave eléctrico



Esquema de conexiones de un autoclave eléctrico

Fuente: Proyectos de Instalación de Equipo de Hospitales  
Operación y Mantenimiento

## 2.2. Diagnóstico de las autoclaves

La autoclave número 1 presenta daños en la reguladora de presión, tiene fuga en la parte que comunica la tee de ¼" con la tubería que viene de la válvula Needle. Presenta desgaste en las tuberías de desagüe. También presenta daños en la fuente de voltaje de alimentación principal.

Figura 13. Diagnóstico del autoclave No. 1

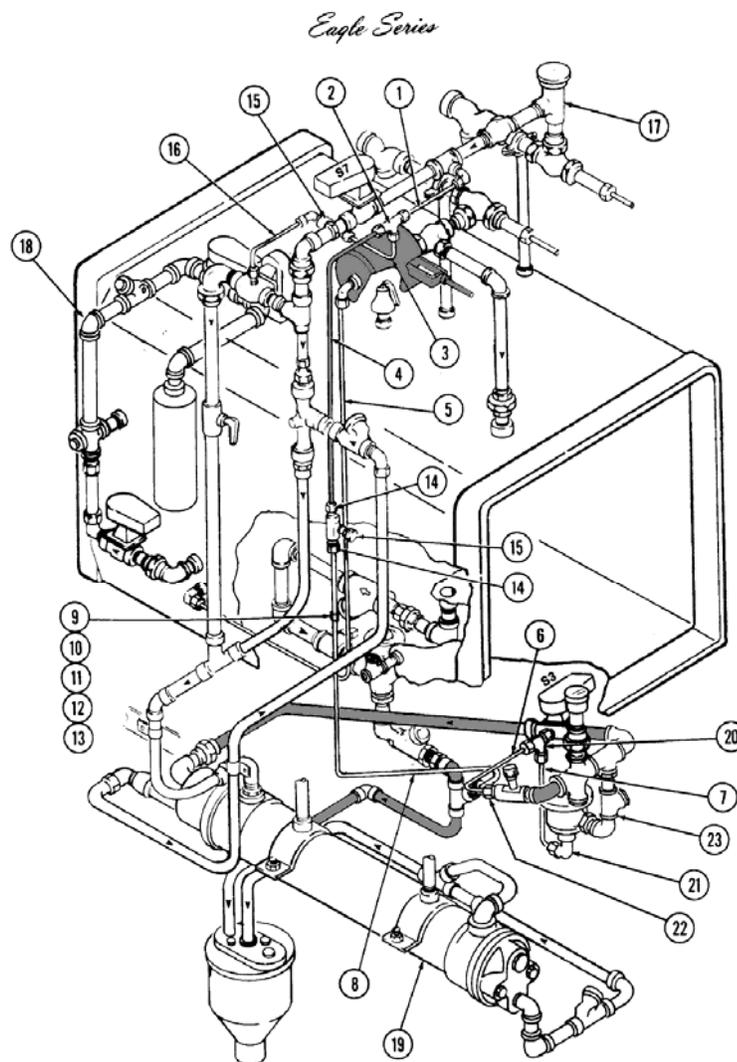


Figure 8-51. PIPING ASSEMBLY, Complete.  
(Units with Printcon)

Fuente: Manual de Mantenimiento, AMSCO.

La autoclave número 2, presenta fuga en la tubería de 7/8" y desgaste en la tubería de desagüe.

Figura 14. Diagnóstico del autoclave No. 2

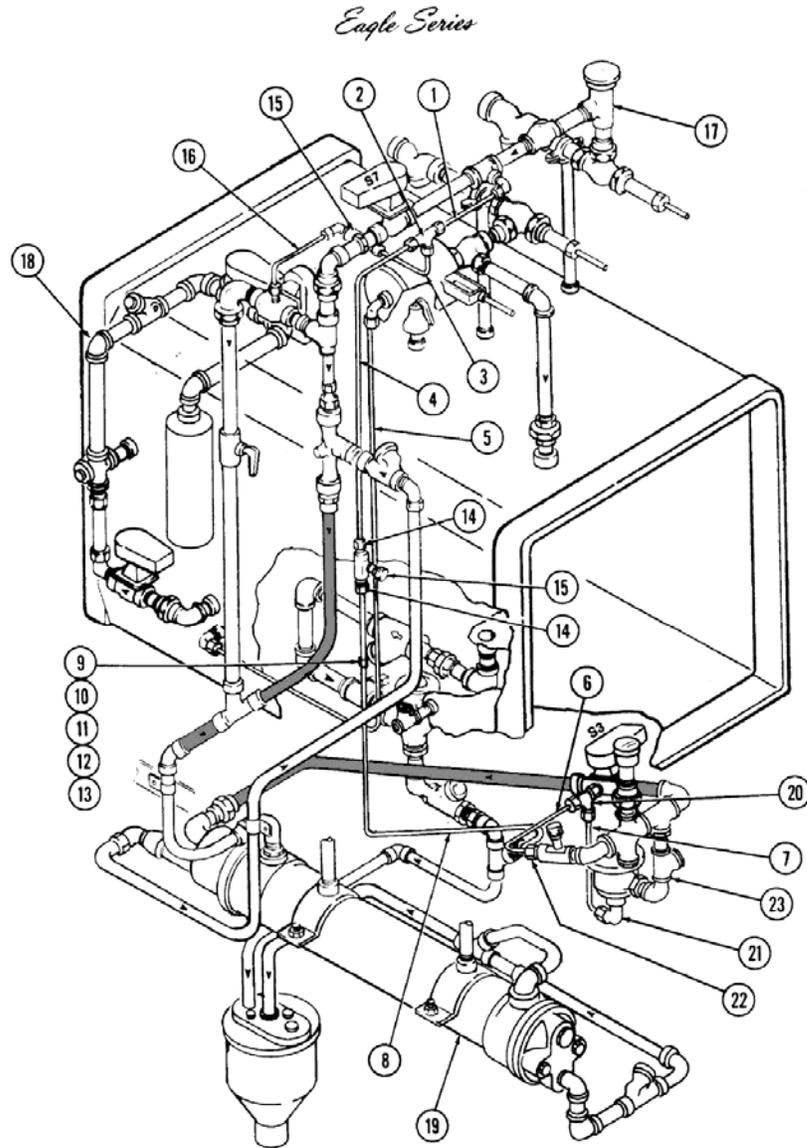


Figure 8-51. PIPING ASSEMBLY, Complete.  
(Units with Printcon)

Fuente: Manual de Mantenimiento, AMSCO

La autoclave No. 3 le falta una tee, tuberías y codos de ¼". Presenta fugas en la tubería de desagüe y daños en la fuente de voltaje de alimentación principal y en la reguladora de presión.

Figura 15. Diagnóstico del autoclave No. 3

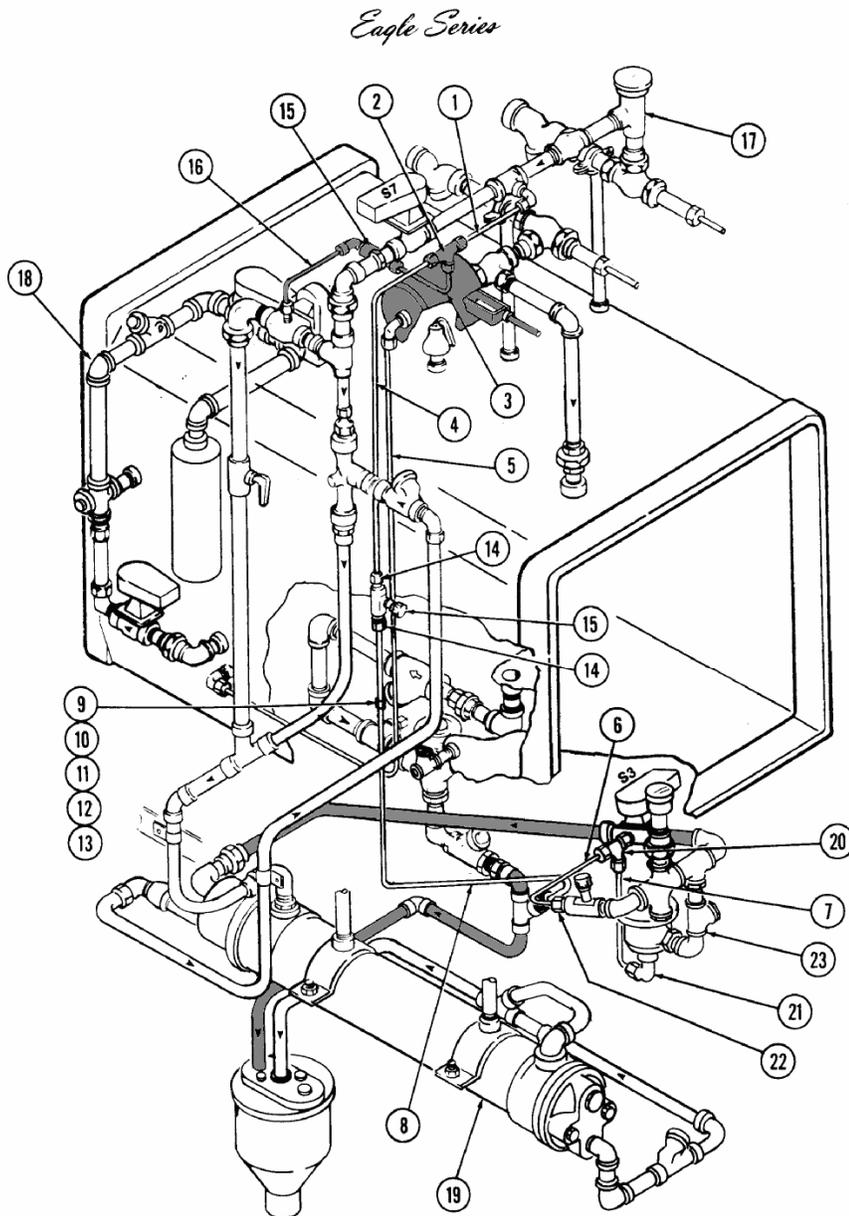
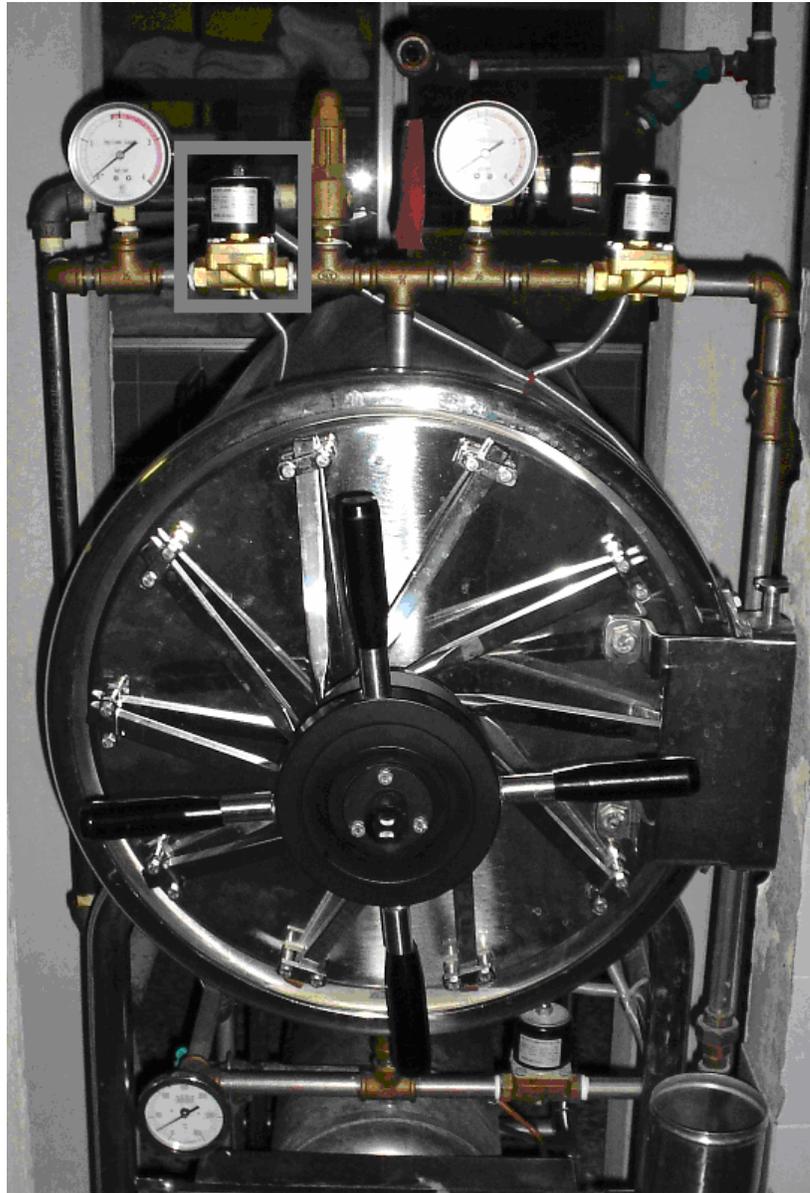


Figure 8-51. PIPING ASSEMBLY, Complete.  
(Units with Printcon)

Fuente: Manual de Mantenimiento, AMSCO

El autoclave eléctrico presenta daños en una de las dos solenoides y en los empaques del nivel del agua.

Figura 16. Diagnóstico del autoclave eléctrico



Fuente: Centro Médico Militar

El autoclave alimentado por el calderín, presenta daños en la tee de ¼”, daños en la reguladora de presión y en la fuente de voltaje de alimentación principal.

Figura 17. Diagnóstico del autoclave alimentado por el calderín

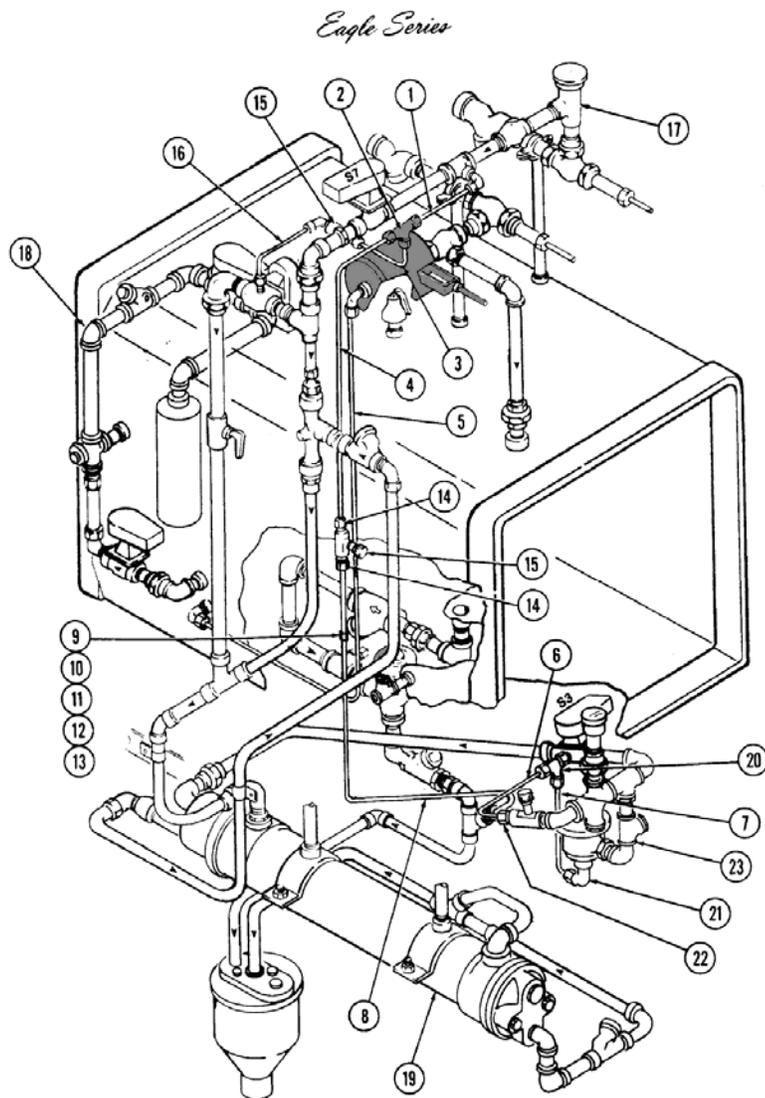


Figure 8-51. PIPING ASSEMBLY, Complete.  
(Units with Printcon)

Fuente: Manual de Mantenimiento, AMSCO

### 2.3. Costo para la puesta a punto de las autoclaves

#### Autoclave No. 1

No. Parte	Descripción	Precio
20661 091	Una reguladora de presión, HI-LO	Q. 6,000.00
46097 091	Una tee de ¼", compression	Q. 15.00
146645 042	Una fuente de voltaje de alimentación	Q. 2,500.00
74367 091	Empaque de la puerta	Q. 1,200.00
146651	PC tarjeta Printcon	Q. 4,500.00
146645 226	PC tarjeta control principal CPU	Q. 3,000.00
146645 226	Un Control Primario	Q. 2,000.00
	Seis pies de tubería de cobre de 5/8"	Q. 334.00
	Seis pies de tubería de cobre de 7/8"	<u>Q. 370.00</u>
	<b>TOTAL</b>	<b>Q. 19,919.00</b>

#### Autoclave No. 2

	Descripción	Precio
	Seis pies de tubería de cobre de 5/8"	Q. 334.00
74367 091	Empaque de la puerta	Q. 1,200.00
	Seis pies de tubería de cobre de 7/8"	<u>Q. 370.00</u>
	<b>TOTAL</b>	<b>Q. 1,911.00</b>

#### Autoclave No. 3

No. Parte	Descripción	Precio
46097 091	Una tee de ¼", compression	Q. 15.00
20661 091	Una reguladora de presión, HI-LO	Q. 6,000.00
146645 226	Un Control Primario	Q. 2,000.00

146651	PC tarjeta Printcon	Q. 4,500.00
146645 226	PC tarjeta control principal CPU	Q. 3,000.00
74367 091	Empaque de la puerta	Q. 1,200.00
146645 042	Una fuente de voltaje de alimentación	Q. 2,500.00
	Seis pies de tubería de cobre de 5/8"	Q. 334.00
	Seis pies de tubería de cobre de 7/8"	<u>Q. 370.00</u>
		Q. 19,919.00

#### Autoclave Eléctrica

<b>Descripción</b>	<b>Precio</b>
Válvula Solenoide 1/2" (0-145 psi, Temp. máx.140° C)	Q. 1050.00
Empaques del tubo medidor de agua	<u>Q. 20.00</u>
	Q. 1,070.00

#### Autoclave alimentado por el calderín

<b>No. Parte</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio</b>
20661 091	Una reguladora de presión, HI-LO	Q. 6,000.00
46097 091	Una tee de 1/4", compression	Q. 15.00
74367 091	Empaque de la puerta	Q. 1,200.00
146651	PC tarjeta Printcon	Q. 4,500.00
	Seis pies de tubería de cobre de 5/8"	Q. 334.00
	Seis pies de tubería de cobre de 7/8"	<u>Q. 370.00</u>
		Q. 12,419.00

Costo total para la puesta a punto de las autoclaves es de Q. 55,238.00

Para cumplir con el mantenimiento preventivo se deben tener almacenados repuestos en bodega, para ser utilizados en el momento en que se necesiten.

Precios de algunos accesorios del autoclave, que se dañan con mayor frecuencia, que como mínimo debe disponerse de ellos, para evitar un paro prolongado.

<b>No. Parte</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio</b>
46097 091	Tee, compression, ¼"	Q. 15.00
35880 091	Fuelle de la reguladora de presión	Q. 800.00
26836 091	Sylphon and bonnet assembly	Q. 600.00
146645 226	PC tarjeta control principal CPU	Q. 3,000.00
56396 211	RTD Temp	Q. 2,000.00
74367 091	Empaque de la puerta	Q. 1,200.00
136726 001	Válvula, manual multipuertos	Q. 1,500.00
134468 444	Tarjeta de control, primario	Q. 2,500.00
146651	PC tarjeta Printcon	Q. 4,500.00
	Tubería de ½", por cada 6 pies, tipo M	Q. 192.00
	Tubería de 1", por cada 6 pies, tipo M	Q. 411.00
	Tubería de ¼", por cada 6 pies	Q. 128.00

Accesorios de autoclaves que están en bodega

- Codos de 90° de ¼".
- Teflón para uniones.
- Fibra de vidrio.

**Nota:** Se debe de tener un mínimo de dos unidades por accesorio.



## FASE TÉCNICA PROFESIONAL

### 3.1. Plan de mantenimiento de avería

#### Autoclave No. 1

- Cambiar la reguladora de presión
- Cambiar la tee de diámetro ¼ “, utilizando teflón en las uniones.
- Cambiar las tuberías de desagüe, que presenten mayor desgaste.
- Cambio de la fuente de voltaje de alimentación.
- Cambio del control primario.
- Cambio de la tarjeta PC printcon
- Cambiar la tarjeta control principal CPU

#### Autoclave No. 2

- Cambiar el empaque de la reguladora de presión, de la línea que alimenta al autoclave.
- Cambiar las tuberías de desagüe, que presenten mayor desgaste.

#### Autoclave No. 3

- Colocación de una tee, un codo y tubería de un diámetro de ¼”, utilizando teflón en las uniones.
- Cambiar las tuberías de desagüe, que presenten mayor desgaste.
- Cambio del control primario.

- Cambio de la tarjeta PC printcon
- Cambiar la tarjeta control principal CPU
- Cambio de la fuente de voltaje de alimentación.

#### Autoclave Eléctrica

- Cambio de la válvula solenoide.
- Colocación de nuevos empaques en el tubo del medidor de agua.

#### Autoclave alimentada por el calderín.

- Cambiar la tee de diámetro  $\frac{1}{4}$  ", utilizando teflón en las uniones.
- Cambio de la reguladora de presión
- Cambio de la tarjeta PC printcon

### 3.2. Plan de mantenimiento Preventivo

Programa de mantenimiento de autoclave a vapor:

#### **Diario:**

1. Limpieza del colador o filtro de la cámara y reposición del mismo.
2. Verificar el funcionamiento de la válvula de seguridad, bajo presión, por 10 segundos.
3. Limpieza exterior e interior con un detergente suave que no contenga abrasivos.

#### **Mensual:**

1. Vaciar a través del filtro de la cámara una solución de fosfato trisódico (1 cucharada/1 litro de agua hirviendo) para remover grasas y residuos.
2. Comprobar el buen funcionamiento del mecanismo de la puerta, barras de seguridad, sello del empaque y lubricación de las bisagras.
3. Verificar el funcionamiento de la válvula reguladora de presión y su calibración.
4. Comprobar el buen funcionamiento de la válvula de seguridad del compartimiento, de la siguiente manera:

- a) Que el esterilizador esté fresco.
  - b) Examinar la válvula de seguridad para saber si hay acumulaciones de moho u otras sustancias que dificulten la operación libre de la válvula.
  - c) Accionar la palanca varias veces, la palanca debe de moverse libremente y volver a su posición de cerrado después de cada operación.
  - d) Revisar el funcionamiento de las trampas de vapor de la camisa y de la cámara.
5. Retirar el tapón y limpiar el filtro principal de vapor.

**Semestral:**

1. Destapar los cheques (válvulas de retención para su limpieza y comprobar su funcionamiento).
2. Vigilar cuidadosamente, durante el transcurso de un ciclo completo, el funcionamiento de todos los elementos del aparato en especial manómetros y sensor de temperatura, etc.

**Anualmente:**

1. Abrir y examinar las trampas de vapor termostáticas.

## **MANTENIMIENTO DE AUTOCLAVES:**

Descripción de tareas:

Antes de tratar de reparar o inspeccionar el autoclave asegúrese que el vapor ha sido cortado, la alimentación eléctrica ha sido desconectada, y cerrados todas las válvulas, y que la presión de la unidad ha sido liberada.

### Reemplazo del empaque de la puerta:

El empaque de la puerta está hecho de un material resistente a las altas temperaturas; su finalidad es proveer un sello efectivo entre la puerta del aparato y cámara para evitar el escape de vapor y la consiguiente pérdida de presión durante la esterilización.

Sin embargo, después de uso continuo prolongado es común que el empaque se agriete o pierda su comprensibilidad, con lo que deja de producir un sello efectivo, por lo cual hay que reemplazarlo.

Es preferible utilizar empaques originales y de la misma marca que vienen en forma entera, que tratar de adaptar otro tipo; situación que no siempre conduce a resultados aceptables.

El empaque está cementado a la ranura que lo contiene. Para removerlo puede utilizarse un destornillador de cabeza plana pero teniendo cuidado en no dañar o dejar marcas en la ranura o partes adyacentes.

Debe asegurarse que la ranura receptora del empaque quede completamente limpia de partículas de goma o pasta del viejo empaque; antes de comenzar la instalación del nuevo.

Para instalar el nuevo empaque se aplica una capa de material pegante (cemento especial) de alta temperatura que puede obtenerse con los distribuidores del equipo de esterilización. Luego se coloca sobre la puerta y se presiona con la mano en la ranura, a intervalos de 90°. Debe asentarse después el resto del empaque en su sitio, cuidando de no estirarlo demasiado.

Cuando no se obtenga el empaque correcto del distribuidor, es necesario hacer un corte y un empalme para reducirlo al tamaño apropiado; dicho empalme debe vulcanizarse de ser posible, o en caso contrario, hacerse en ángulo, para reducir los efectos de su dilatación y controlar la pérdida de vapor.

#### Reemplazo de una barra de cierre de puerta:

Las barras de seguridad de la puerta sólo necesitan ser reemplazadas en casos de desgaste excesivo o porque hayan sido dañadas por mala operación o alguna otra causa. La lubricación (del mecanismo central) debe ser llevada a cabo mensualmente con grasa para alta temperatura. El procedimiento descrito a continuación se aplica particularmente a los esterilizadores Castle, pero dada la similitud de este mecanismo en todas las marcas, el procedimiento puede ser generalizado con pocas modificaciones.

La inspección por el estado de las barras de cierre debe hacerse mensualmente, al mismo tiempo que se comprueba la hermeticidad de la puerta y el buen funcionamiento de las bisagras.

Para remover la barra, deben sacarse los dos tornillos que aseguran el yugo de la misma al perímetro de la puerta y retirarlo. Después debe hacerse girar la barra un cuarto de vuelta y luego sacarla, radialmente, hacia fuera.

La sustitución de una barra deteriorada debe ser hecha estrictamente con materiales de repuesto de la misma marca de fábrica, sin hacer adaptaciones. No debe olvidarse que un autoclave en funcionamiento es un artefacto bajo presión y que cualquier descuido puede tener consecuencias desastrosas.

Antes de reponer la barra debe lubricarse la punta de bola de la misma, con grasa resistente al calor. Este procedimiento debe repetirse pero a la inversa: girando la barra un cuarto de vuelta y reemplazando luego el yugo con sus dos tornillos.

### Puertas y Bisagras

Debe hacerse una revisión mensual del funcionamiento de la puerta y de las bisagras. El alineamiento de la puerta es, en muchas ocasiones, el causante de un escape de vapor que en la mayoría de los casos se atribuye al empaque.

Para el buen funcionamiento de las bisagras, éstas deben ser lubricadas moderadamente una vez al mes con grasa para alta temperatura.

Debe comprobarse siempre el buen alineamiento y el ajuste de la puerta con el empaque; por ello, se cubre éste con tiza y se procede a cerrar completamente la puerta.

De acuerdo con las marcas dejadas sobre la puerta, cuando ésta se abre, puede saberse en qué dirección debe ajustarse.

Si la marca de tiza aparece continua sobre la tapa, el contacto y la hermeticidad serán correctos. Este ajuste puede efectuarse con los tornillos colocados en cada bisagra.

En caso necesario, sacar bien la puerta, o cualquiera de las bisagras, procediéndose de la siguiente manera:

Para sacar la puerta, ésta se cierra completamente; luego se quitan los tornillos que la conectan con la hoja de la bisagra. Seguidamente se abre y se saca, teniendo en cuenta que su peso es muy considerable, debe evitarse que caiga al piso.

Si lo que quiere es retirar una bisagra, se deja la puerta cerrada y se retiran los tornillos que la sujetan, para que ésta pueda ser removida. La puerta permanecerá en su sitio todo el tiempo que dure la reparación, con una señal que indique que ésta no puede ser abierta.

### Filtros

Generalmente en el filtro hay una flecha que indica su posición correcta con relación al flujo. Debe seguirse esta indicación en todo momento.

El filtro de la cámara, colocado directamente por donde sale el vapor, puede, en la mayoría de los casos, ser retirado manualmente para inspección y limpieza; esta operación debe hacerse diariamente, antes de comenzar a trabajar.

La condición del filtro se determina visualmente y en caso de encontrarse sucio se limpia éste con el cepillo, bajo un chorro de agua. Si se encuentra dañado debe ser reemplazado de inmediato.

Los otros filtros existentes en la unidad (delante de las trampas de la camisa o a la entrada de vapor) pueden ser inspeccionados mensualmente y

para su revisión solamente se necesita remover el tapón de inspección. La limpieza se hace también con cepillo bajo un chorro de agua. La malla filtro debe ser sustituida al comprobarse su deterioro.

Debe asegurarse que todas las llaves de vapor y agua estén cerradas, incluyendo la llave maestra de vapor, antes de proceder a la inspección y limpieza de los filtros.

### Válvula reguladora de presión

Para ajustar el regulador de presión se debe proceder con la unidad instalada y el vapor pasando a través de ella. Se afloja la contratuerca en el frente de la válvula y se ajusta el tornillo para obtener la presión deseada (observando el manómetro respectivo). Para aumentar la presión reguladora se aprieta el tornillo (en la dirección de las agujas del reloj); mientras que para reducir la presión regulada se afloja el tornillo regulador (en dirección contraria a las agujas del reloj).

La inspección mensual hecha por el técnico encargado, debe incluir una prueba del regulador para ver si la presión está siendo regulada al valor establecido. Si hay desviaciones, es necesario volver a ajustar el regulador. Cuando no sea posible hacer un buen ajuste, se presume que el regulador está dañado y debe procederse a desmontarlo y sustituirlo por uno nuevo, mientras dure la reparación del viejo.

Los desperfectos más frecuentes son la rotura o el vencimiento del diafragma y el deterioro por picadura del asiento de la válvula o de la válvula misma.

### Válvula de seguridad:

Las válvulas de seguridad para autoclaves son generalmente unidades selladas; éstas no deben ser reparadas sino reemplazadas en caso de mal funcionamiento. Nunca debe tratar de ajustarse una válvula defectuosa.

Para su montaje y desmontaje simplemente se utiliza una llave fija de la medida apropiada.

Mensualmente debe hacerse la inspección de la válvula de seguridad, aumentando la presión en el regulador para ver si abre con la presión establecida, situación que se comprueba en el manómetro respectivo. Es recomendable, de vez en cuando, operar la válvula manualmente para evitar que se pegue en el asiento.

### Trampas de vapor

La revisión de las trampas de vapor del autoclave, debe hacerse por lo menos cada mes.

Para proceder a la inspección se cierran las válvulas de vapor, se desconectan las uniones de la tubería a la trampa, se retira ésta y se destapa para sacar el elemento termostático.

En las trampas comúnmente utilizadas en autoclaves (termostáticas), las averías más comunes son la perforación del fuelle del elemento termostático o la picadura del asiento de las válvulas. En ambos casos, puede notarse que no se eleva correctamente la presión en el autoclave, ya que no existe un escape de vapor en la trampa.

Para comprobar el fuelle se coloca éste sobre un chorro de vapor en alguna línea terminal para ver si se expande; en caso contrario, es necesario su reemplazo por uno de similares características.

Una inspección ocular junto con una limpieza general son suficientes para comprobar y mantener en buen estado la válvula y su asiento. Esto es seguro, especialmente, cuando los filtros de los que está provista la instalación, han sido revisados a los intervalos recomendados. Para montar la trampa reparada, simplemente debe invertirse el proceso anterior.

#### Cheques (válvulas de retención)

Para comprobar una válvula de retención simplemente se destapa, retirando con cuidado las partes móviles del mismo.

Deben revisarse las condiciones del asiento y las válvulas; (picaduras, corrosión, mal asentamiento), limpiando las partes al mismo tiempo. Si se observa cualquier desperfecto, es mejor reemplazar el conjunto de la válvula. Si todo está en regla, se vuelve a montar la válvula y se comprueba si efectivamente detiene en el sentido apropiado el paso de vapor, agua, aire o condensado.

## **Programa de mantenimiento preventivo para una autoclave eléctrica:**

### **Diario:**

1. Limpieza del colador o filtro de la cámara y reposición del mismo.
2. Verificar el funcionamiento de la válvula de seguridad, bajo presión, por 10 segundos.
3. Limpieza exterior e interior con un detergente suave que no contenga abrasivos.

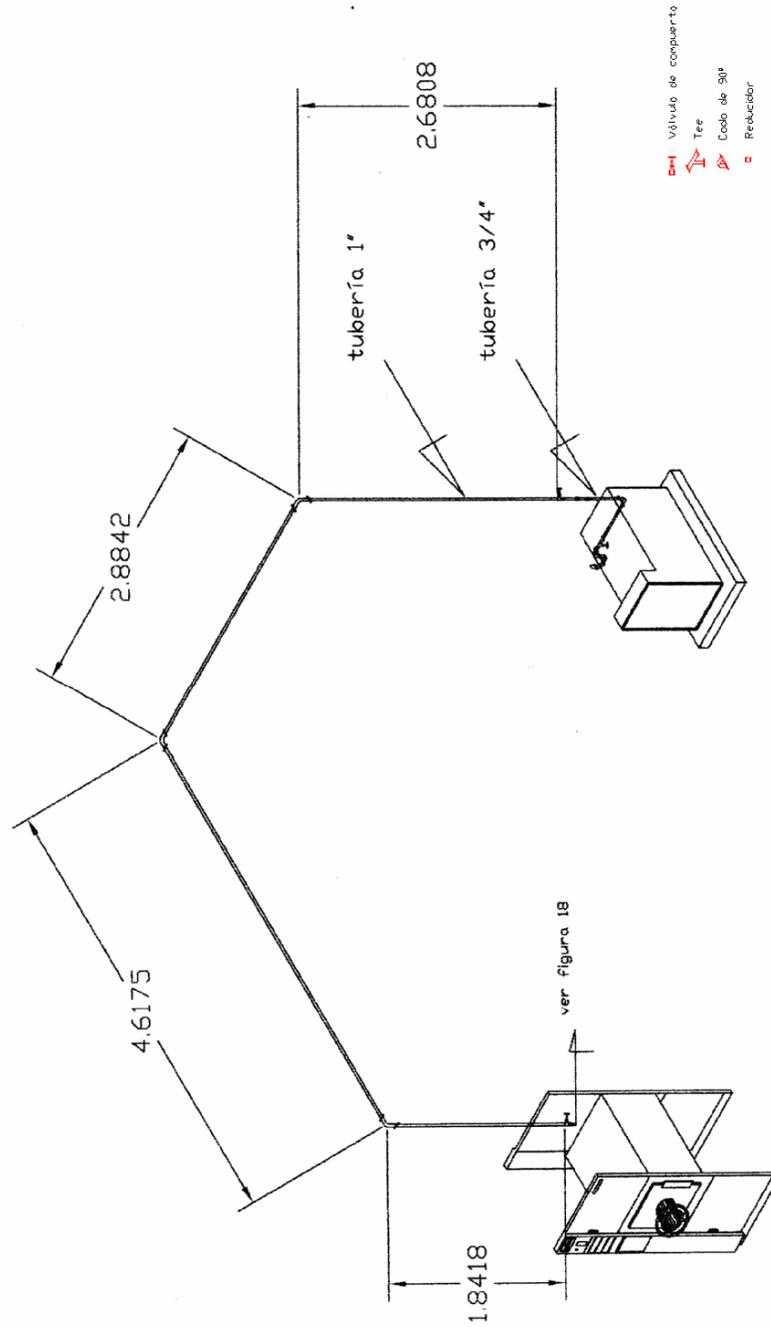
### **Mensual:**

1. Vaciar a través del filtro de la cámara una solución de fosfato trisódico (1 cucharada/1 litro de agua hirviendo) para remover grasas y residuos.
2. Comprobar el buen funcionamiento del mecanismo de la puerta, barras de seguridad, sello del empaque y lubricación de las bisagras.
3. Verificar el funcionamiento de la válvula reguladora de presión y su calibración.
4. Comprobar el buen funcionamiento de la válvula de seguridad.
5. Revisar el funcionamiento de las trampas de vapor de la camisa y de la cámara.
6. Retirar el tapón y limpiar el filtro principal de vapor.

**Semestral:**

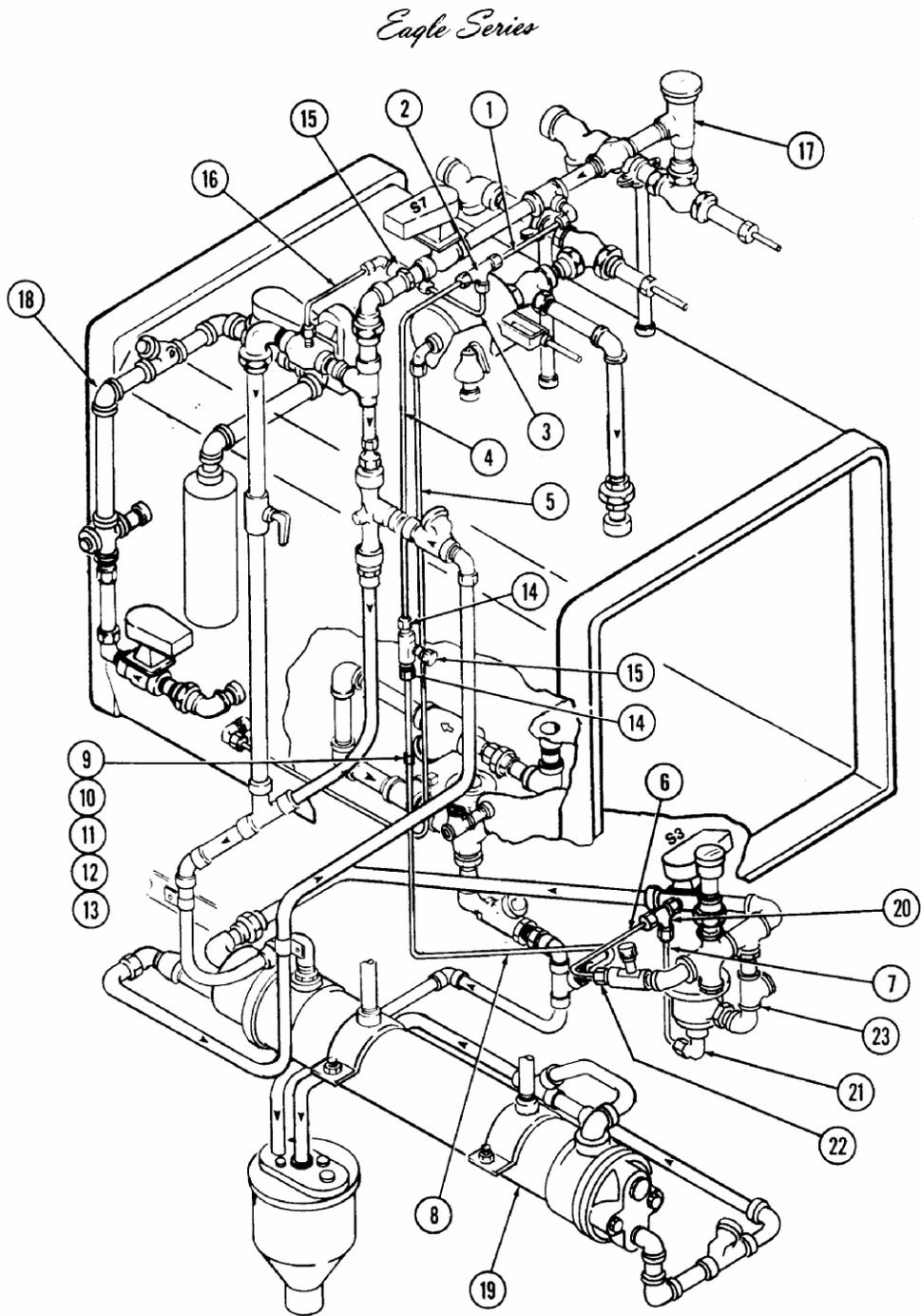
1. Destapar los cheques (válvulas de retención para su limpieza y comprobar su funcionamiento).
2. Vigilar cuidadosamente, durante el transcurso de un ciclo completo, el funcionamiento de todos los elementos del autoclave.

### 3.3. Diseño del sistema de alimentación de vapor a un autoclave, por medio de un calderín.



Diseño del sistema de alimentación de vapor a un autoclave, por medio del calderín

Figura 18. Tuberías y accesorios de un autoclave de vapor del C.M.M.



**Figure 8-51. PIPING ASSEMBLY, Complete.**  
(Units with Printcon)

Fuente: Manual de Mantenimiento, AMSCO

*Eagle Series*

FIG. & INDEX NO.	PART NUMBER	SVC	DESCRIPTION
			<b>UNITS WITH PRINTCON:</b>
8-51-	P 146649	001	PIPING ASSEMBLY, Complete .....
1			TUBE, 1 4 O.D. x 4-9/32 .....
2	P 46097	091	TEE, Compression, 1/4 O.D.T. ....
3			TUBE, 1 4 O.D. x 4-5/8 .....
4			TUBE, 1 4 O.D. x 20-1/16 .....
5			TUBE, 1 4 O.D. x 33-1/16 .....
6			TUBE, 5 16 O.D. x 8-11/16 .....
7			TUBE, 5 16 O.D. x 8-1/4 .....
8			TUBE, 1/4 O.D. x 41-1/64 .....
9	P 26720	091	CLAMP, 1 4 O.D.T. ....
10	P 3986	041	SCREW, #8-32 x 1/2 .....
11	P 5561	091	WASHER, Flat .....
12	P 90991	091	LOCKWASHER .....
13	P 3038	041	NUT, Hex. #8-32 .....
14	P 19514	091	FITTING, Compression, 1/4 O.D.T. x 1 8 N.P.T. ....
15	P 83630	001	VALVE, Needle, 1/8 N.P.T. ....
16			TUBE, 1 4 O.D. x 6-5/8 .....
17			PIPING SUBASSEMBLY, Top (See Fig. 8-23) .....
18			PIPING SUBASSEMBLY, Side (See Fig. 8-24) .....
19			PIPING SUBASSEMBLY, Bottom (See Fig. 8-25) .....
20	P 6774	091	TEE, Compression, 5-16 O.D.T. x 1/8 N.P.T. x 5/16 O.D.T. ....
21	P 7033	091	ELL, Compression, 5/16 O.D.T. x 1/4 N.P.T. ....
22	P 22711	091	FITTING, Compression, 1/4 N.P.T. x 5/16 O.D.T. ....
23	P 136805	001	PIPING ASSEMBLY, Chamber Drain (See Fig. 8-52) .....

Fuente: Manual de Mantenimiento, AMSCO

### **3.4. Plan de mantenimiento del calderín**

#### **Diario:**

1. Revisar el nivel del agua del calderín.
2. Chequear la fuente de energía eléctrica.

#### **Trimestral:**

1. Limpiar los tubos del calderín.
2. Eliminar los depósitos de lodo e incrustaciones en el interior del calderín.
3. Si en el interior de la cáscara existen excesivas incrustaciones, hay que atacarlas con un producto químico adecuado.
4. Limpiar con tetracloruro de carbono y otro solvente adecuado, todos los contactos de los diversos accesorios eléctricos del calderín.
5. Revisar el empaque del eje de la bomba de alimentación de agua, reemplazándose en caso necesario.

6. Revisar las resistencias del calderín, observando si hay depósitos de suciedad u otros en la capa protectora o cubierta. Para eliminar los depósitos en las resistencias, éstas deben rasparse o cepillarse con cepillo de alambre o sumergirlas en un desincrustante químico y después lavarse muy bien con agua limpia, reemplazando los empaques al montarlas. Es necesario asegurarse que en la capa protectora del elemento no haya acción electrolítica, causada por contacto a tierra o corrientes de dispersión.
7. En las conexiones y bornes, debe comprobarse que no haya suciedad, humedad u otras materias y cerciorarse a la vez que no se hayan aflojado.
8. Lubricar la bomba de agua de alimentación.
9. Limpiar el filtro de la bomba de agua.
10. Ver las condiciones de funcionamiento del cheque de la tubería de agua de alimentación, desarmándolo para su limpieza y ajuste interior: En los casos donde sea necesario, debe reemplazarse.
11. Revisar los tubos del calderín por fugas.
12. Comprobar el funcionamiento del control de presión regulándolo a diferentes presiones de trabajo. Con ayuda del manómetro podrá comprobarse su funcionamiento. La aguja indicadora del manómetro deberá obedecer a los cambios de la manecilla de ajuste del regulador de presión.

**Anual:**

1. Efectuar la limpieza exterior del calderín.
2. Rectificar los asientos de las válvulas defectuosas o cambiarlas.
3. Revisar o ajustar el manómetro principal.
4. Revisar o ajustar la válvula de seguridad.
5. Destapar el tanque de condensado para efectuar su limpieza interna.



## CONCLUSIONES

1. Los autoclaves del Centro Médico Militar, tanto eléctrico como de vapor, presentan fugas y daños en tuberías y accesorios; por lo tanto, es necesario su reparación y/o cambio.
2. La técnica más adecuada para esterilizar equipo médico, es por medio de presión a vapor, debido a que puede ser aplicado a muchos tipos de materiales, no todos, y, si se utiliza en forma apropiada, no causa daño a los materiales procesados, no es tóxico y no deja residuos sobre los materiales sometidos al proceso.
3. El costo para la puesta a marcha de los autoclaves es de Q. 55,238.00.
4. El personal que utiliza el equipo de esterilización en el departamento de Central de Equipo, es capacitado, continuamente, para lograr óptimos resultados en la operación del autoclave.
5. La habilitación de un autoclave de vapor por medio de un calderín, permitió minimizar los gastos, pues se esteriliza junto con el autoclave eléctrico, mayor cantidad de equipo; esto permitirá un ahorro de búnker, combustible utilizado en la central de vapor.



## RECOMENDACIONES

Al departamento Central de Equipo.

1. Realizar una capacitación constante con todo el personal del departamento, para asegurar el uso adecuado de los autoclaves.

Al jefe o encargado de mantenimiento.

1. Implementar el mantenimiento de avería y un sistema preventivo, en los autoclaves de vapor y eléctrico, para mantener un ciclo de operación correcto y al mismo tiempo evitar interrupciones prolongadas.
2. Inspeccionar diariamente los diferentes tramos o líneas de vapor, para observar posibles fugas, ó que las presiones de operación de los equipos sean las correctas.
3. Disponer de un presupuesto anual destinado al mantenimiento de los autoclaves, debido a que los accesorios se deterioran con el tiempo y se debe de reparar y/o cambiar.
4. Seguir un programa de mantenimiento para el calderín, para evitar daños, que puedan interrumpir o disminuir la calidad de las esterilizaciones, y, así conseguir un rendimiento óptimo del mismo.



## BIBLIOGRAFÍA

1. González, Carlos. **Curso de Operación y Mantenimiento Preventivo de Equipo de Esterilización.** Guatemala: 1992. 74 pp.
2. Manual de Mantenimiento AMSCO. EE.UU., 1986. 364 pp.
3. Palacios Colindres, Byron Giovanni. **Plan de mantenimiento para los sistemas de inyección en los motores de combustión interna diesel, de los vehículos al servicio del Centro Médico Militar.** Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, 2000.
4. **Proyectos de Instalación de Equipo de Hospitales Operación y Mantenimiento.** Manual de Ingeniería. Sanitaria. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1968. 380 pp.
5. **Curso de esterilización. Definición de esterilización y esterilización por calor húmedo. Cursos gratis de mailxmail.com.url**  
<http://www.mailxmail.com/curso/vida/esterilizacion/capitulo3.htm>.  
08/2005.
6. **Esterilización.** <http://alfinal.com/Salud/esterilizo.shtml>. 08/2005