



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

**DISEÑO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPO  
DE REFRIGERACIÓN EN LAS UNIDADES DEL MINISTERIO DE  
SALUD Y ASISTENCIA SOCIAL EN EL ÁREA METROPOLITANA**

Edgar Raúl Bances Aguilar  
Asesorado por Inga. María del Rosario Colmenares de Guzmán

Guatemala, octubre de 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPO DE  
REFRIGERACIÓN EN LAS UNIDADES DEL MINISTERIO DE SALUD Y  
ASISTENCIA SOCIAL EN EL ÁREA METROPOLITANA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

EDGAR RAÚL BANCES AGUILAR  
ASESORADO POR LA INGA. MARÍA DEL ROSARIO COLMENARES  
SAMAYOA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE 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	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL I	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Julio César Molina Zaldaña
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
EXAMINADOR	Ing. Byron Gerardo Chocooj Barrientos
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

DISEÑO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA REFRIGERACIÓN  
EN LAS UNIDADES DEL MINISTERIO DE SALUD Y ASISTENCIA SOCIAL EN  
EL ÁREA METROPOLITANA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 28 de abril de 2004.

---

**Edgar Raúl Bances Aguilar**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios Todo Poderoso,  
por haberme dado la oportunidad de culminar  
mi carrera profesional.

## **DEDICATORIA**

A mi familia: Por su amor incondicional

A mi asesora: Maria del Rosario Colmenares por orientarme y apoyarme en la realización de mi trabajo.

A mis amigos: Por contar con ellos en todo momento.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XI
GLOSARIO.....	XIII
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN.....	XXIII

### 1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Datos generales sobre el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.....	1
1.1.1. Organización del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.....	4
1.1.2. Organización de las unidades de salud del área metropolitana.....	6
1.1.3. Descripción general de las unidades de salud.....	8
1.1.3.1. Hospitales de la ciudad de Guatemala.....	8
1.1.3.2. Centros de salud de la ciudad de Guatemala....	8
1.1.3.3. Puestos de salud de la ciudad de Guatemala...	9
1.2. Definición de refrigeración.....	11
1.2.1. Conceptos fundamentales .....	11
1.2.1.1. Calor.....	11
1.2.1.2. Frío .....	14
1.2.1.3. Refrigeración.....	14
1.2.1.4. Refrigerantes.....	14
1.2.2. Principios de funcionamiento de los refrigeradores.....	15

1.2.2.1.	Ciclo de refrigeración .....	15
1.2.2.2.	Componentes del sistema.....	18
1.2.2.2.1.	Evaporador .....	19
1.2.2.2.2.	Compresor.....	21
1.2.2.2.3.	Condensador.....	24
1.2.2.2.4.	Recipiente.....	26
1.2.2.2.5.	Filtros y deshidratadores.....	27
1.2.2.2.6.	Control de flujo de refrigerante.....	28
1.2.2.2.7.	Líneas de refrigeración.....	29
1.3.	Definición de mantenimiento.....	29
1.3.1.	Mantenimiento preventivo.....	31
1.3.2.	Mantenimiento correctivo.....	32
1.3.3.	Mantenimiento predictivo.....	33
1.3.4.	Mantenimiento productivo total.....	35
1.3.5.	Mantenimiento centrado en la confiabilidad.....	37
2.	SITUACIÓN DEL EQUIPO DE REFRIGERACIÓN EN EL ÁREA METROPOLITANA	
2.1.	Organización del Departamento de Mantenimiento del MSPAS..	39
2.2.1.	Organización del Ministerio en el área de refrigeración.	40
2.2.	Evaluación del equipo actual en las unidades del Ministerio.....	42
2.2.1.	Funcionamiento del equipo de refrigeración.....	43
2.2.2.	Tipos de refrigeradoras.....	43
2.3.	Campo de utilidad de los refrigeradores en las unidades de salud.....	48
2.3.1.	Conservación de alimentos.....	49
2.3.2.	Conservación de medicamentos.....	49
2.3.3.	Conservación de vacunas .....	49



2.4.	Encuesta de las condiciones de los refrigeradores.....	50
2.4.1.	Formulario de evaluación.....	51
2.4.2.	Resultado de la evaluación .....	52
2.4.3.	Análisis de las condiciones de funcionamiento.....	54
2.5.	Índice en el cambio de voltaje en las refrigeradoras.....	56
2.5.1.	Influencia de los cambios de voltaje en el sistema.....	57
2.5.2.	Plan de trabajo para corregir esta situación.....	58
2.6.	Descripción del programa de mantenimiento actual.....	59
2.7.	Distribución de los equipos en el área metropolitana.....	60
2.7.1.	Distribución en hospitales.....	60
2.7.2.	Distribución en centros de salud.....	61
2.7.3.	Distribución en puestos de salud.....	61
2.8.	Fallas más comunes en los refrigeradores.....	62
2.9.	Rango de temperaturas de operación de los refrigeradores.....	63

### 3. PROPUESTA Y DISEÑO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

3.1.	Verificación de la eficiencia en el mantenimiento actual del equipo.....	65
3.2.	Revisión de los manuales técnicos de los equipos.....	66
3.3.	Programa de capacitación para técnicos en salud.....	68
3.3.1.	Organización del curso de capacitación.....	68
3.3.2.	Contenidos del curso de capacitación.....	71
3.3.3.	Recursos necesarios para el curso.....	74
3.4.	Diseño de fichas de control y registro para cada refrigerador.....	75
3.4.1.	Modelo de las fichas .....	75
3.4.2.	Instrucciones para su uso .....	78
3.5.	Instalación de refrigeradores.....	79
3.6.	Elaboración de manuales.....	81
3.6.1.	Manual de buen uso del equipo .....	81

3.6.2.	Manual de normas de protección para el operario.....	86
3.6.3.	Manual de diagramas .....	87
3.7.	Materiales a utilizar para la limpieza del refrigerador .....	87
3.8.	Rutina de mantenimiento propuesta.....	88
3.9.	Descripción del procedimiento.....	88
3.9.1.	Descripción de actividades y periodicidad del mantenimiento.....	89
3.10.	Limitaciones y desventajas del nuevo programa.....	101
4.	<b>IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA REFRIGERACIÓN</b>	
4.1.	Implementación del programa en unidades de prueba.....	103
4.2.	Mantenimiento correctivo.....	103
4.2.1.	Localización de fallas en los equipos.....	104
4.2.2.	Lista de repuestos para los refrigeradores evaluados.	113
4.2.3.	Reposición de piezas defectuosas.....	116
4.2.4.	Reposición total de equipos en mal estado.....	117
4.3.	Aplicación de mantenimiento preventivo.....	120
4.3.1.	Verificación de las piezas.....	120
4.3.2.	Limpieza exterior e interior de los componentes.....	122
4.3.3.	Inspección de cables y tuberías.....	123
4.3.4.	Lubricación.....	125
4.4.	Registro de pasos seguidos en la fichas técnicas de cada equipo.....	126
4.5.	Establecimiento de fechas para próximo mantenimiento por equipo.....	128
4.6.	Balance del programa a través de un análisis de costos.....	129

5.	SEGUIMIENTO Y MEJORA DEL PROGRAMA	
5.1.	Análisis FODA del programa implementado .....	135
5.2.	Plan de supervisión periódica del programa.....	137
5.3.	Evaluación de los resultados del programa implementado.....	138
5.4.	Plan de asesoramiento de técnicos de salud.....	139
5.5.	Sugerencia de creación de un centro de apoyo al programa.....	140
5.6.	Programa de capacitación continua para el personal.....	141
	CONCLUSIONES.....	143
	RECOMENDACIONES.....	145
	BIBLIOGRAFÍA.....	147
	ANEXOS.....	149



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

<b>No.</b>	<b>Título</b>	<b>Pág.</b>
1	Organigrama del MSPAS	5
2	Organigrama de la Jefatura del Área Metropolitana	7
3	Ciclo de refrigeración por compresión de vapor	16
4	El refrigerador y su diagrama básico	18
5	Evaporador frigorífico	20
6	Compresor alternativo	23
7	Compresor rotativo	23
8	Compresor centrífugo	24
9	Condensador estático de circulación por gravedad	25
10	Condensador con recipiente	26
11	Filtro con malla interna	27
12	Tubo capilar enrollado sobre el tubo de retorno	29
13	Organigrama del Departamento de Mantenimiento del área	40
14	Diagrama de operaciones básicas de la cadena de frío	42
15	Diagrama eléctrico de un refrigerador sencillo	45
16	Refrigerador de compresión con sus partes	46
17	Refrigerador de absorción con sus partes	48
18	Gráfica que muestra la forma en que se usan las refrigeradoras	54
19	Gráfica que muestra las condiciones del equipo de refrigeración	56
20	Gráfica que muestra la variación de voltaje en el tiempo	57
21	Regulador de voltaje de 1800 VA	58
22	Ficha de control de temperatura	59
23	Termo y caja fría	61

24	Diagrama de causa y efecto de las condiciones del equipo	66
25	Instalación correcta del refrigerador	81
26	Ubicación de las vacunas en el refrigerador	83
27	Distribución correcta de alimentos en el refrigerador	84
28	Distribución de alimentos en un gabinete doméstico	86
29	Verificación de la temperatura con termómetro	89
30	Ajuste del termostato	90
31	Registro en la ficha de control	90
32	Revisión de la espiga y el cable eléctrico	91
33	Verificación del termostato	92
34	Repuestos eléctricos del refrigerador	92
35	Verificación del nivel del refrigerador	93
36	Verificación del nivel horizontal del refrigerador	94
37	Verificación de la distancia de la pared	94
38	Limpieza del condensador	95
39	Limpieza del tubo de conducción	96
40	Limpieza del tubo de conducción	96
41	Limpieza del tubo de conducción	97
42	Formación de hielo en el evaporador	98
43	Revisión del empaque de la puerta	98
44	Revisión del empaque de la puerta	99
45	Diagrama de flujo de efectivo (opción A)	131
46	Diagrama de flujo de efectivo (opción B)	133
47	Operaciones básicas de la cadena de frío	149
48	Diagrama de flujo de un refrigerador sencillo	150
49	Diagrama eléctrico en serie del circuito de la bombilla	151
50	Diagrama eléctrico en serie del circuito del compresor	151

## TABLAS

I	Distribución de los centros de atención en el área metropolitana	9
II	Formulario de evaluación para el equipo de refrigeración	51
III	Servicio que presta el equipo de refrigeración en los centros de salud	53
IV	Condiciones de funcionamiento de los refrigeradores	55
V	Temperaturas adecuadas para la conservación de las vacunas	64
VI	Ficha de control para refrigeradores de absorción	76
VII	Ficha de control para refrigeradores de compresión	77
VIII	Evaluación del compresor	104
IX	Revisión del enfriamiento del refrigerador	105
X	Revisión del protector térmico del compresor	106
XI	Verificación del funcionamiento del congelador	107
XII	Reparación del compartimiento del congelador	108
XIII	Verificación del enfriamiento del refrigerador	108
XIV	Revisión de formación de hielo en el evaporador	108
XV	Reparación del gabinete del refrigerador	109
XVI	Verificación de humedad externa	109
XVII	Revisión del nivel de la puerta	110
XVIII	Recomendaciones para almacenar los alimentos	110
XIX	Verificación de la humedad en el aislamiento	111
XX	Revisión de formación de hielo en el congelador	111
XXI	Reparación del sistema eléctrico del refrigerador	112
XXII	Verificación de la humedad interna	112
XXIII	Lista de repuestos para los refrigeradores	113
XXIV	Vida media de las piezas del refrigerador	117
XXV	Costo de repuestos	119
XXVI	Limpieza del interior del refrigerador	122
XXVII	Propiedades físicas del aluminio, cobre y hierro	123

XXVIII	Ficha de datos para refrigeradores	127
XXIX	Precios unitarios de los componentes de un refrigerador	128
XXX	Costo anual de reposición de piezas	130
XXXI	Formato de encuesta para evaluar el programa	152



## LISTA DE SÍMBOLOS

°	Grados
°C	Grados centígrados
BCG	Vacuna contra la tuberculosis
CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	Diclorodifluorometano (R-12)
CRM	Mantenimiento centrado en la confiabilidad
DPT	Vacuna contra la difteria
MSPAS	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social
OMS	Organización Mundial de la Salud
OPS	Organización Panamericana de la Salud
PTM	Mantenimiento productivo total
VPN	Valor presente neto



## GLOSARIO

<b>Absorber</b>	Dicho de una sustancia sólida: Ejercer atracción sobre un fluido con el que está en contacto, de modo que las moléculas de éste penetren en aquella.
<b>Amoníaco</b>	Gas incoloro, de olor irritante, soluble en agua, compuesto de un átomo de nitrógeno y tres de hidrógeno. Es un producto básico en la industria química. (Fórmula NH <sub>3</sub> ).
<b>Autonomía</b>	Potestad que dentro de un estado tienen municipios, provincias, regiones u otras entidades, para regirse mediante normas y órganos de gobierno propios.
<b>Avería</b>	Daño que impide el funcionamiento de un aparato, instalación, vehículo, etc.
<b>Capilar</b>	Perteneciente o relativo al cabello. Dicho de un tubo: Muy estrecho, como el cabello.
<b>Centrífugo</b>	Que se aleja del centro o tiende a alejar de él. Máquina que separa los distintos componentes de una mezcla por la acción de la fuerza centrífuga.
<b>Chasis</b>	Armazón, bastidor del automóvil. <i>Chasis del automóvil.</i>

<b>Ciclo</b>	Período de tiempo o cierto número de años que, acabados, se vuelven a contar de nuevo. Conjunto de una serie de fenómenos u operaciones que se repiten ordenadamente. Ciclo de un motor de explosión, de una máquina, herramienta, de la corriente eléctrica.
<b>Comprimir</b>	Oprimir, apretar, estrechar, reducir a menor volumen.
<b>Condensación</b>	Convertir un vapor en líquido o en sólido. Reducir algo a menor volumen y darle más consistencia si es líquido.
<b>Conducción</b>	Conjunto de conductos dispuestos para el paso de algún fluido.
<b>Convección</b>	Transporte en un fluido de una magnitud física, como masa, electricidad o calor, por desplazamiento de sus moléculas debido a diferencias de densidad.
<b>Corrosión</b>	Dstrucción paulatina de los cuerpos metálicos por acción de agentes externos, persista o no, su forma.
<b>Deflector</b>	Pieza mecánica u otro dispositivo para modificar la dirección o características de un fluido.
<b>Densidad</b>	Magnitud que expresa la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo. Su unidad en el Sistema Internacional es el kilogramo por metro cúbico (Kg./m <sup>3</sup> ).
<b>Diagnóstico</b>	Arte o acto de conocer la naturaleza de una enfermedad mediante la observación de sus síntomas y signos.

<b>Dióxido de azufre</b>	Óxido cuya molécula contiene dos átomos de oxígeno.
<b>Evaporación</b>	Convertir en vapor un líquido.
<b>Expansión</b>	Extender, dilatar, ensanchar, difundir.
<b>Fase</b>	Cada uno de los distintos estados sucesivos de un fenómeno natural o histórico, o de una doctrina, negocio, etc.
<b>Filtro</b>	Materia porosa, como el fieltro, el papel, la esponja, el carbón, la piedra, etc., o masa de arena o piedras menudas, a través de la cual se hace pasar un líquido para clarificarlo de los materiales que lleva en suspensión.
<b>Flujo</b>	Dicho de un líquido o de un gas: del verbo fluir.
<b>Freón</b>	Gas o líquido no inflamable que contiene flúor, empleado especialmente como refrigerante.
<b>Gestión</b>	Hacer diligencias conducentes al logro de un negocio o de un deseo cualquiera.
<b>Hegemónico</b>	Supremacía de cualquier tipo.
<b>Hermético</b>	Que se cierra de tal modo que no deja pasar el aire u otros fluidos.
<b>Inflamable</b>	Que se enciende con facilidad y desprende inmediatamente llamas.

<b>Lubricar</b>	Engrasar piezas metálicas de un mecanismo para disminuir su rozamiento.
<b>Lucrativo</b>	Que produce utilidad y ganancia.
<b>Mantenimiento</b>	Conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, industrias, etc., puedan seguir funcionando adecuadamente.
<b>MSPAS</b>	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.
<b>Optimización</b>	Buscar la mejor manera de realizar una actividad.
<b>Presión</b>	Magnitud física que expresa la fuerza ejercida por un cuerpo sobre la unidad de superficie. Su unidad en el Sistema Internacional es el pascal. Presión característica de cada líquido, tal que a su temperatura crítica coexisten los estados líquido y gaseoso.
<b>Preventivo</b>	Prever, ver, conocer de antemano o con anticipación un daño o perjuicio.
<b>Profiláctico</b>	Dicho de una persona o de una cosa: se puede preservar de la enfermedad.
<b>Queroseno</b>	Una de las fracciones del petróleo natural, obtenida por refinación y destilación, que se destina al alumbrado y se usa como combustible en los propulsores de chorro.

<b>Radiación</b>	Energía ondulatoria o partículas materiales que se propagan a través del espacio.
<b>Reactivo</b>	Sustancia empleada para descubrir y valorar la presencia de otra, con la que reacciona de forma peculiar.
<b>Remoción</b>	Pasar o mudar algo de un lugar a otro.
<b>Restrictor</b>	Limitado, ceñido o preciso.
<b>Rotor</b>	Parte giratoria de una máquina eléctrica o de una turbina.
<b>Serpentín</b>	Tubo largo en línea espiral o quebrada que sirve para facilitar el enfriamiento de la destilación en los alambiques u otros aparatos.
<b>Suministros</b>	Provisión de víveres o utensilios para las tropas, penados, presos, etc. Cosas o efectos suministrados.
<b>Sustancia</b>	Aquello que permanece en algo que cambia.
<b>Temperatura</b>	Magnitud física que expresa el grado o nivel de calor de los cuerpos o del ambiente. Su unidad en el Sistema Internacional es el kelvin (K).
<b>Tóxico</b>	Veneno producido por organismos vivos.
<b>Transferencia</b>	Acción y efecto de transferir.

<b>Válvula</b>	Mecanismo que regula el flujo de la comunicación entre dos partes de una máquina o sistema. Mecanismo que impide el retroceso de un fluido que circula por un conducto.
<b>Vapor</b>	Fluido gaseoso cuya temperatura es inferior a su temperatura crítica. Su presión no aumenta al ser comprimido, sino que se transforma parcialmente en líquido; por ejemplo: el producido por la ebullición del agua.
<b>Viscosidad</b>	Propiedad de los fluidos que caracteriza su resistencia a fluir, debida al rozamiento entre sus moléculas.
<b>Voltios</b>	Unidad de potencial eléctrico y fuerza electromotriz del Sistema Internacional, equivalente a la diferencia de potencial que hay entre dos puntos de un conductor cuando al transportar entre ellos un coulomb se realiza el trabajo de un joule.



## RESUMEN

Para conservar las vacunas a temperaturas adecuadas, el MSPAS cuenta con equipo de refrigeración distribuido en las unidades de salud que atienden a la comunidad. Este equipo está formado principalmente por refrigeradores de compresión, y en algunos casos de absorción, que funcionan bajo los principios básicos de refrigeración.

Al realizar una evaluación de las condiciones en las que operaban los refrigeradores del área metropolitana, se determinó que un alto número estaba en mal estado, por lo cual se propone un programa de mantenimiento para todo este equipo, estructurado de tal forma que sea aplicable por los mismos usuarios del equipo. El programa describe el procedimiento para la instalación y buen uso de los refrigeradores, también se propone una serie de actividades para el mantenimiento preventivo, clasificándolas de acuerdo a la periodicidad en que se llevan a cabo.

La forma en que se aplicará este programa propuesto, es a través de un curso para los técnicos del Ministerio de Salud, que pretende transmitir los aspectos más importantes del programa y a su vez reparar los equipos que presentan fallas de acuerdo a la evaluación realizada. Todo este proyecto debe tener un seguimiento por parte de la institución, por medio de programas de capacitación y asesoramiento para los usuarios del equipo, tomando en cuenta siempre como objetivo, el mejoramiento de la calidad del servicio prestado a la comunidad.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Desarrollar un programa de mantenimiento para equipos de refrigeración en las unidades del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en el área metropolitana, mediante la evaluación y el mejoramiento de las condiciones actuales, con la finalidad de optimizar los recursos y de esta forma elevar la calidad de los servicios a la comunidad.

### **Específicos**

1. Definir claramente al operador los principios básicos, bajo los cuales se opera el equipo de refrigeración utilizado en los centros de atención del MSPAS.
2. Establecer las condiciones en las que se encuentra el equipo actualmente, a través de un estudio estadístico.
3. Realizar un análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA), del programa de mantenimiento que se propone para el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.
4. Diseñar un nuevo programa en base a las necesidades y condiciones del equipo.

5. Proponer el programa de mantenimiento diseñado.
6. Evaluar la funcionalidad del programa, una vez implementado.
7. Establecer un proceso de evaluación y mejora constante del programa diseñado.

## INTRODUCCIÓN

La labor realizada en el Ministerio de Salud, es vital para nuestra sociedad, razón por la cual debe tomarse en cuenta todo aquello que ayude a promover los servicios de salud pública; una parte importante en la ejecución de estos servicios se encuentra en la infraestructura y los equipos. La manera en que se opere este equipo y el mantenimiento que reciba, será fundamental para su conservación y funcionalidad. Bajo este punto de vista, todo plan o programa que esté encaminado al buen uso y cuidado básico del equipo, contribuye a aumentar la calidad y cantidad de los servicios prestados en las diferentes unidades de salud del país. El dejar de hacerlo condena al equipo a un deterioro constante y progresivo, debido más que todo a la falta de conocimientos por parte del operador para realizar un programa básico de buen uso y mantenimiento. Por ello, el presente trabajo de graduación, estará encaminado a la propuesta o diseño de un plan básico de mantenimiento para equipo de refrigeración, con el deseo de llevar, a través de éste, la información de forma práctica y sencilla para que los operadores de los equipos reciban una instrucción que contribuya al mejoramiento del servicio por medio de un equipo en buen estado, con una vida útil más prolongada y el ahorro de recursos que esto conlleva.

El trabajo de graduación evalúa los equipos de refrigeración de los centros de salud del área metropolitana. Se hacen los lineamientos teóricos que sirven para conocer los tipos de mantenimiento existentes. También se da a conocer lo que es una refrigeradora, sus partes y el mecanismo de funcionamiento. Todo lo anterior para plantear las rutinas de mantenimiento que se deben realizar en los equipos.



# **1. ANTECEDENTES GENERALES**

## **1.1 Datos generales del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social**

El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social es la dependencia del poder ejecutivo, designada para ejercer la rectoría del sector salud. Es uno de los principales proveedores directos de servicios a población. Para cumplir con estos objetivos el MSPAS, de acuerdo a su organización, se divide en unidades administrativas denominadas direcciones departamentales de salud. Existe al menos una por departamento, lo que permite algún grado de coordinación con otras dependencias del estado con similar nivel de descentralización. En cada departamento las direcciones de área asumen la responsabilidad de conducir la red de servicios de salud de su jurisdicción, integrada por el hospital y varios distritos de salud, los cuales están integrados por centros y puestos de salud.

El sistema nacional de salud, está conformado por tres grandes subsectores, tradicionalmente poco articulados entre sí, pero que actualmente están conformando nuevas redes de relaciones en el marco de la reforma sectorial. Ninguno de estos sistemas tiene la misma cobertura o recursos financieros. El subsector público incluye al Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (Ministerio de Salud) y al Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS). El subsector privado se divide en lucrativo y no lucrativo. El primero incluye médicos, hospitales, sanatorios, laboratorios clínicos y farmacias; y el sector no lucrativo a las ONGs.

## **A. Funciones del sistema de salud**

### **1. Rectoría**

El código de salud vigente (aprobado en Noviembre 1997) establece que el MSPAS tiene a su cargo la rectoría del sector salud, entendida ésta como la “conducción, regulación, vigilancia, coordinación y evaluación de las acciones e instituciones de salud a nivel nacional”.

El Ministerio de Salud es el responsable de ejercer la regulación y autoridad sanitaria, pero su capacidad de injerencia sobre otros actores es limitada. El nuevo código de salud define las funciones que competen al ministerio en el ámbito de la salud pública y la nueva estructura organizativa incluye la dirección general de regulación sobre los programas de atención a las personas, el medio ambiente, productos farmacéuticos y similares, establecimientos de salud y control de alimentos.

En el año 2001, la autoridad de Guatemala evaluó las once funciones esenciales de salud pública definidas en el correspondiente instrumento de evaluación del desempeño impulsado por la OPS/OMS. Estas son:

- (1) monitoreo, evaluación y análisis de la situación de salud;
- (2) vigilancia de salud pública, investigación y control de riesgos y daños en salud pública;
- (3) promoción de salud;
- (4) participación de los ciudadanos en salud;
- (5) desarrollo de políticas y capacidad institucional de planificación y gestión en salud pública;



- (6) fortalecimiento de la capacidad institucional de regulación y fiscalización en salud pública;
- (7) evaluación y promoción del acceso equitativo a los servicios de salud necesarios;
- (8) desarrollo de recursos humanos y capacitación en salud pública;
- (9) garantía y mejoramiento de la calidad de servicios de salud individuales y colectivos;
- (10) investigación en salud pública; y
- (11) reducción del impacto de emergencias y desastres en salud.

## **2. Financiamiento y gasto**

Existen estadísticas confiables y actualizadas sobre financiamiento y gasto de las instituciones públicas de salud. No existe tradición de efectuar la contabilidad periódica del gasto privado. El Ministerio de Salud con apoyo de PHR/USAID está intentando establecer un sistema de cuentas nacionales en salud para registrar estos datos de forma continua utilizando las encuestas de ingreso y gasto de los hogares.

## **3. Aseguramiento sanitario**

Actualmente los seguros médicos no están tan desarrollados, se tienen datos por medio de la superintendencia de bancos que el número de asegurados crece a razón de 14% anual y que ocupa el 4% del gasto nacional en salud. En el caso del IGSS se conoce el número de afiliados al cual debe prestar servicio. Sin embargo el MSPAS no conoce con exactitud a la población a la cual debe cubrir. Para presupuestar su gasto se basa en estadísticas de años anteriores.

#### **4. Provisión de servicios**

El Ministerio de Salud es el encargado de proveer servicios de salud poblacional. Este desarrolla programas de promoción de la salud y protección contra riesgos, dengue o enfermedades prevenibles por vacunación. Los resultados no han sido evaluados.

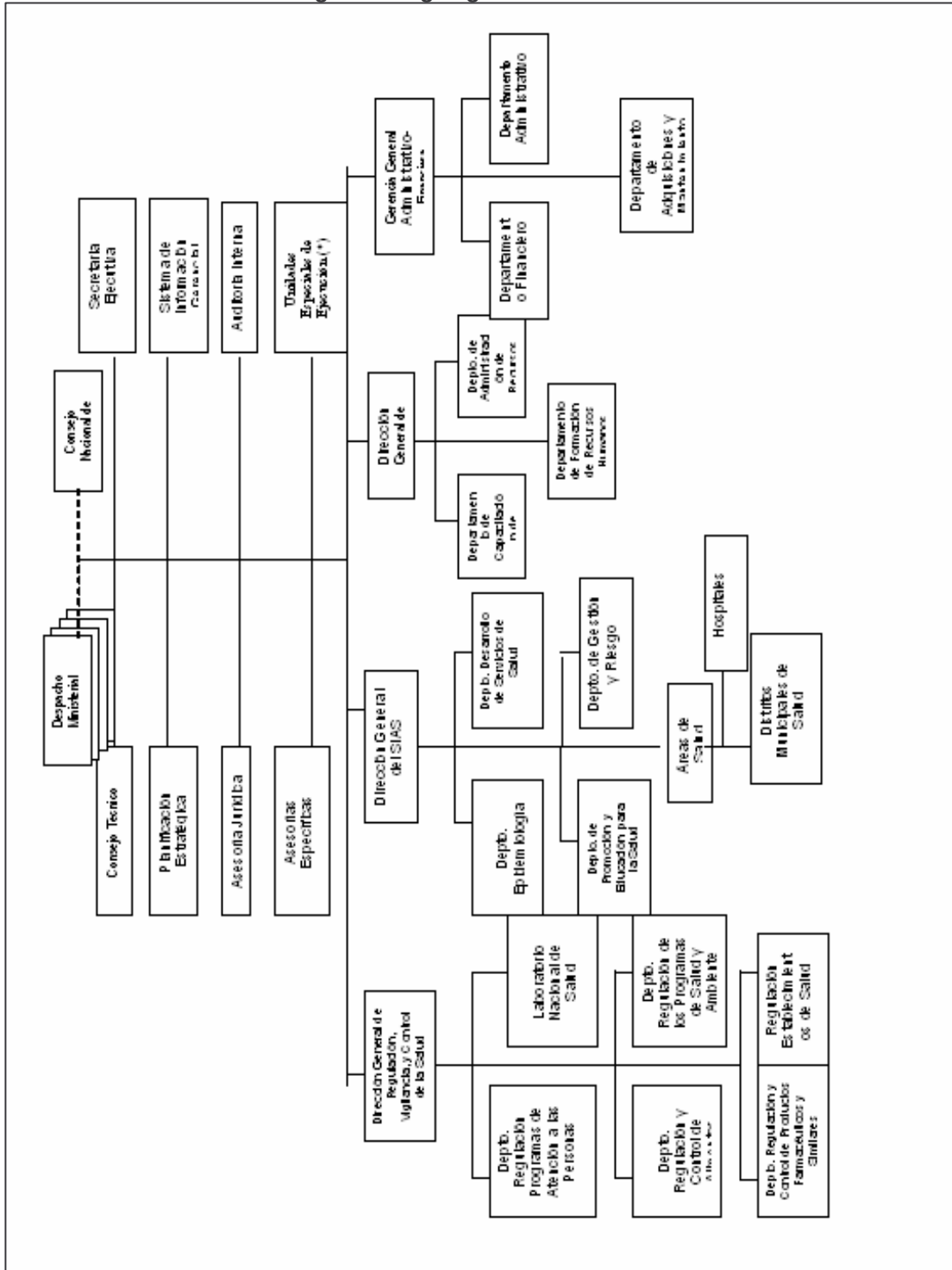
##### **1.1.1 Organización del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social**

En Guatemala la desconcentración de los servicios públicos se ha realizado mediante la creación de direcciones departamentales adscritas a un ministerio de línea, con atribuciones de manejo presupuestario bajo el esquema de fondos rotativos.

En materia de servicios ambulatorios, los recursos del MSPAS se distribuyen a través de 26 direcciones de área. Dichas direcciones se encuentran encargadas de hacer las compras de equipos, utensilios y medicamentos para la salud y operan de forma descentralizada. Las direcciones de área realizan las compras a través de contratos abiertos: el ministerio negocia con empresas y estas se encargan de vender sus productos por todo el país. Estos trámites comerciales se realizan a través de comité de compras adscrito a la Dirección de Finanzas del Ministerio.

En materia de hospitales departamentales se tiene mayor autonomía para la compra de equipos y medicamentos. A través de los programas se maneja la parte de contratación para la compra de equipo y medicamento. En la figura 1 se muestra el organigrama del Ministerio de Salud.

Figura 1. Organigrama del MSPAS.



Fuente. Cortesía de MSPAS.

### **1.1.2 Organización de las unidades de salud en el área metropolitana**

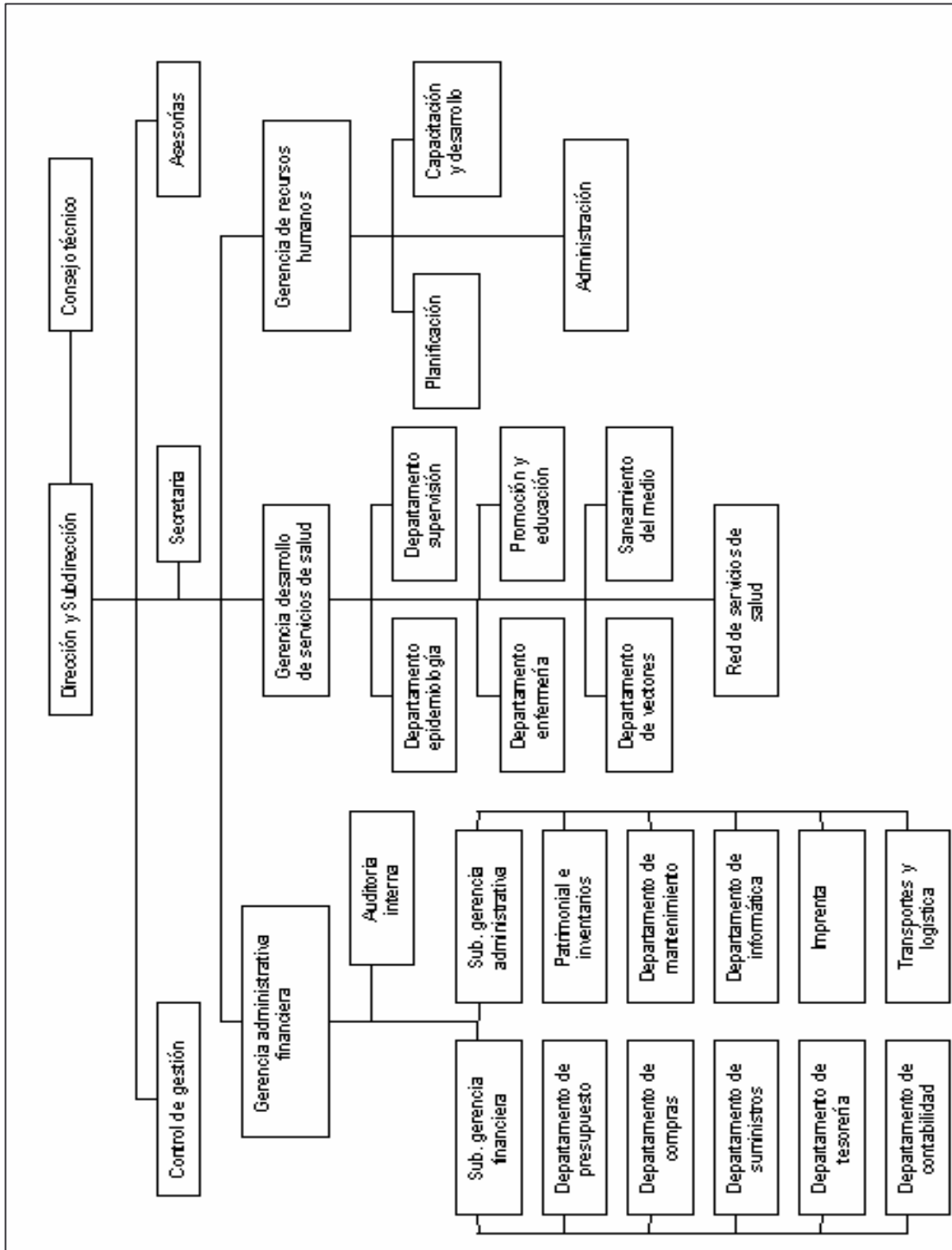
El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, al ser una dependencia del poder ejecutivo formalmente designada para ejercer la rectoría del sector salud, posee un amplio aparato administrativo para ofrecer servicios de salud gratuitos. Su red metropolitana se compone de instituciones en los veintidós departamentos del país en los cuales presta cuatro niveles de atención.

Las áreas de salud constituyen el nivel gerencial que dirige, coordina y articula la red de servicios de salud en el territorio bajo su jurisdicción dentro del contexto del Sistema de Atención Integral en Salud.

En lo que se refiere al servicio de salud para la ciudad de Guatemala el ente rector es la jefatura del área metropolitana que constituye una red de servicios con la responsabilidad de velar por la salud de la población del departamento de Guatemala. Su misión es proveer gratuitamente servicios de salud preventiva, curativa y de rehabilitación a la población del departamento de Guatemala, mediante la articulación de una red institucional en los tres niveles de atención, regida por los principios de eficiencia, eficacia, equidad, calidad y calidez.

El área de salud de Guatemala constituye una red de servicios que incide en el mejoramiento de los indicadores de salud de la población objeto, mediante la optimización de los recursos, en coordinación con otros sectores comprometidos con la satisfacción de las demandas de la comunidad. La jefatura de área a nivel administrativo cuenta con varios departamentos que se encargan de cumplir con las funciones antes descritas, en la figura 2 se observa el organigrama del área metropolitana de salud.

Figura 2. Organigrama de la Jefatura del Área Metropolitana



Fuente. Folleto informativo de la Dirección de Área Metropolitana. Pág. 11

### **1.1.3 Descripción de las unidades de salud en el área metropolitana**

Los centros de atención con los que cuenta el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social se clasifican de acuerdo al servicio que prestan a la población de la siguiente manera:

#### **1.1.3.1 Hospitales de la ciudad de Guatemala**

a) **Hospital departamental:** con servicios en las cuatro especialidades clínicas y profesionales especializados. En la ciudad capital se tienen los siguientes hospitales:

- Hospital General San Juan de Dios
- Hospital de Ortopedia y rehabilitación “Jorge Von-Ann”
- Hospital Infantil de Infectología y Rehabilitación
- Hospital Roosevelt
- Hospital San Vicente
- Hospital para enfermos mentales Federico Mora

#### **1.1.3.2 Centros de salud de la ciudad de Guatemala**

a) **Centro de salud tipo A:** atendido por un completo equipo de salud y ofrece cirugías sencillas, internado de pacientes y atención las veinticuatro horas.

b) **Centro de salud tipo B:** atendido por un médico, enfermera graduada y auxiliares de enfermería con una mayor capacidad de resolución.

La descripción y la ubicación de los puestos y centros de salud del área metropolitana se amplía en la tabla I más adelante.

### 1.1.3.3 Puestos de salud de la ciudad de Guatemala

- a) **Puesto de salud:** atendido por un enfermero auxiliar y con capacidad de resolución reducida.

Para cumplir con estos objetivos el Ministerio de Salud en su área metropolitana cuenta con una red de servicios formada por 122 centros de atención: 77 puestos de salud y 45 centros de atención entre centros de salud, dispensarios, maternidades y clínicas periféricas. Estos están distribuidos por todo el departamento de Guatemala como se muestra en la tabla I a continuación:

**Tabla I. Distribución de los centros de atención del MSPAS en el área metropolitana.**

Ubicación	Centro o puesto de salud
Zona 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dispensario Antituberculoso Central</li> <li>▪ Centro de Salud zona 1</li> </ul>
Zona 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Centro de Salud zona 3</li> <li>▪ Clínica ITS</li> </ul>
Zona 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Centro de Salud zona 5</li> <li>▪ Puesto de Salud Concepción las Lomas</li> <li>▪ Puesto de Salud Sábana Arriba</li> </ul>
Zona 6	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Centro de Salud zona 6</li> </ul>
Zona 7	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Centro de Salud colonia Centro América</li> <li>▪ Centro de Salud colonia Bethania</li> <li>▪ Clínica Periférica del Amparo</li> </ul>
Zona 11	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Centro de Salud zona 11</li> </ul>
Zona 13	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Puesto de Salud colonia Santa Fe</li> <li>▪ Puesto de Salud de la Terminal Aérea</li> </ul>
Zona 18	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Centro de Salud colonia San Rafael</li> <li>▪ Centro de Salud colonia Santa Elena III</li> <li>▪ Clínica Periférica del Paraíso II</li> <li>▪ Puesto de Salud barrio Colombia</li> <li>▪ Puesto de Salud Canalitos</li> <li>▪ Puesto de Salud El Bebedero</li> <li>▪ Puesto de Salud Santa Lucía los Ocotes</li> </ul>
Zona 21	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Centro de Salud colonia Justo Rufino Barrios</li> <li>▪ Puesto de Salud Ciudad Real</li> </ul>
Mixto	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Centro de Salud de Mixto</li> <li>▪ Centro de Salud El Milagro</li> <li>▪ Clínica Periférica colonia Primero de Julio</li> <li>▪ Puesto de Salud Ciudad Satélite</li> <li>▪ Puesto de Salud colonia Belén</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Puesto de Salud Lo de Coy</li> <li>▪ Puesto de Salud La Comunidad</li> <li>▪ Puesto de Salud Sacoj Chiquito</li> <li>▪ Puesto de Salud Santa Maria</li> </ul>
Chinautla	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Centro de Salud de Tierra Nueva</li> <li>▪ Centro de Salud de Chinautla</li> <li>▪ Puesto de Salud Tierra Nueva II</li> <li>▪ Puesto de Salud del Durazno</li> <li>▪ Puesto de Salud de San Antonio las Flores</li> <li>▪ Puesto de Salud de Santa Cruz</li> <li>▪ Puesto de Salud 6 de Marzo</li> </ul>
San Pedro Ayampuc	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Centro de Salud de San Pedro Ayampuc</li> <li>▪ Puesto de Salud del Carrizal</li> <li>▪ Puesto de Salud de La Lagunilla</li> <li>▪ Puesto de Salud del Hato</li> <li>▪ Puesto de Salud de San Antonio el Ángel</li> <li>▪ Puesto de Salud de San José Nacahuil</li> <li>▪ Puesto de Salud de San Rafael los Vados</li> </ul>
San José del Golfo	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Centro de Salud de San José del Golfo</li> <li>▪ Puesto de Salud de El Fiscal</li> <li>▪ Puesto de Salud del Caulote</li> <li>▪ Puesto de Salud de Loma Tendida</li> <li>▪ Puesto de Salud de Pontezuelas</li> </ul>
Santa Catarina Pinula	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Centro de Salud de Santa Catarina Pinula</li> <li>▪ Puesto de Salud de Cristo Rey</li> </ul>
Palencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Centro de Salud de Palencia</li> <li>▪ Puesto de Salud de Azacualpilla</li> <li>▪ Puesto de Salud de Sansur</li> <li>▪ Puesto de Salud de Plan Grande</li> <li>▪ Puesto de Salud del Paraíso</li> <li>▪ Puesto de Salud de El Triunfo</li> <li>▪ Puesto de Salud de San Guayabá</li> <li>▪ Puesto de Salud de Los Mixto</li> </ul>
San José Pinula	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Centro de Salud de San José Pinula</li> <li>▪ Puesto de Salud de Concepción Pinula</li> <li>▪ Puesto de Salud de El Colorado</li> </ul>
Chuarrancho	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Centro de Salud de Chuarrancho</li> <li>▪ Puesto de Salud de Chiquin</li> <li>▪ Puesto de Salud de Rincón Grande</li> <li>▪ Puesto de Salud de San Buenaventura</li> <li>▪ Puesto de Salud de Trapiche Grande</li> </ul>
Amatitlán	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Centro de Salud de Amatitlán</li> <li>▪ Puesto de Salud de Cerritos</li> <li>▪ Puesto de Salud de Llano de Ánimas</li> <li>▪ Puesto de Salud de San José Calderas</li> <li>▪ Puesto de Salud de Mesillas</li> </ul>
San Juan Sacatepéquez	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Centro de Salud de San Juan Sacatepéquez</li> <li>▪ Puesto de Salud de Cerro Alto</li> <li>▪ Puesto de Salud de Comunidad de Ruiz</li> <li>▪ Puesto de Salud de Cruz Blanca</li> <li>▪ Puesto de Salud de Estancia Grande</li> <li>▪ Puesto de Salud de Los Trojes</li> <li>▪ Puesto de Salud de Loma Alta</li> <li>▪ Puesto de Salud de Los Guates</li> <li>▪ Puesto de Salud de Los Pirires</li> <li>▪ Puesto de Salud de Montúfar</li> <li>▪ Puesto de Salud de Sacsuy</li> <li>▪ Puesto de Salud de Sajcavillá</li> <li>▪ Puesto de Salud de Pachalí</li> </ul>
San Pedro Sacatepéquez	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Centro de Salud de San Pedro Sacatepéquez</li> <li>▪ Puesto de Salud de Chillani</li> <li>▪ Puesto de Salud de Concepción el Pilar</li> <li>▪ Puesto de Salud de Pajotes</li> </ul>



San Raymundo	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Centro de Salud de San Raymundo</li> <li>▪ Puesto de Salud de Estancia de la Virgen</li> <li>▪ Puesto de Salud de San Martineros</li> </ul>
San Miguel Petapa	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Centro de Salud de San Miguel Petapa</li> <li>▪ Puesto de Salud de Villa Hermosa</li> </ul>
Villa Nueva	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Centro de Salud de Villa Nueva</li> <li>▪ Centro de Salud de Ciudad Perrona</li> <li>▪ Centro de Salud del Mezquital</li> <li>▪ Puesto de Salud de Barcenás</li> <li>▪ Puesto de Salud de San José Villa Nueva</li> <li>▪ Puesto de Salud Eterna Primavera</li> </ul>
Villa Canales	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Centro de Salud de Villa Canales</li> <li>▪ Centro de Salud de Boca del Monte</li> <li>▪ Puesto de Salud El Porvenir</li> <li>▪ Puesto de Salud de Dolores</li> <li>▪ Puesto de Salud de Jocotillo</li> <li>▪ Puesto de Salud de Pocitos</li> <li>▪ Puesto de Salud de Santa Elena Barillas</li> </ul>

**Fuente. Elaborada por el autor.**

## **1.2 Definición de refrigeración**

Es enfriar en cámaras especiales y por medios artificiales alimentos, productos, etc., hasta una temperatura próxima a cero grados, para preservar su estado o vida útil.

### **1.2.1 Conceptos fundamentales**

Antes de abordar los principios fundamentales de refrigeración es imprescindible conocer términos intrínsecos del tema, para comprender de mejor forma el funcionamiento de los equipos de refrigeración.

#### **1.2.1.1 Calor**

Es una forma de energía transferida en virtud de una diferencia de temperatura. El calor existe en cualquier parte en mayor o menor grado. Como cualquier forma de energía no puede ser creado o destruido, aunque otra forma de energía pueda convertirse en calor y viceversa. La energía viaja en una sola dirección: de un objeto o área más caliente a una más fría.

### a) Transmisión de calor

La transmisión de calor se basa en las llamadas *Leyes de termodinámica*. La primera de estas leyes nos dice que “En la naturaleza, nada se crea ni se destruye, solo se transforma”. El calor viene de algún lado y se va a otro. La segunda ley dice lo siguiente: “El calor siempre tiende a viajar de donde hay mayor temperatura a donde encuentra una menor”. Estas dos leyes nos indican que el calor no desaparecerá, pero si tratara de irse para otro lado.

El calor puede transmitirse de un lado a otro por medio de tres formas diferentes las cuales son: conducción, radiación y convección

- i) **Conducción:** es la transmisión del calor en forma directa y por contacto. En el caso de refrigeración influye mucho el tipo de diseño de los distintos componentes como condensadores, evaporadores, tuberías, etc. por múltiples aletas en los serpentines, sirven, precisamente para aumentar el área de transmisión del calor y la mejor disipación del mismo. Hay materiales que son buenos conductores del calor como la plata, el oro, el cobre y el aluminio.
- ii) **Radiación:** el calor tiende a salir de los cuerpos y si no puede hacerlo por conducción o convección, aun le queda el camino de hacerlo directamente al espacio que le rodea en la forma que se llama *calor radiante*. Por esta razón los refrigeradores se pintan usualmente de color blanco o por lo menos de colores claros, para rechazar o reflejar tanto la luz como el calor radiante del medio.

iii) Convección: el aire caliente tiende a subir, el frío a bajar; esto es debido a que el calor expande los gases, los cuales en esa condición pesan menos y son impulsados hacia arriba por los más fríos. A esto se le llama corrientes de convección. En un refrigerador cuando esta repleto de alimentos y no hay lugar para la recirculación del frío crea la situación anómala de no haber un buen enfriamiento en la parte más baja del aparato.

### **b) Calor Específico**

Es la cantidad de calor (en calorías) que se necesita aplicar a un kilogramo de esa sustancia para lograr que suba su temperatura exactamente un grado centígrado. Esta característica distingue a un refrigerante de otro.

### **c) Calor sensible**

Se le llama así al calor que puede sentirse o medirse en su efecto, o sea, que causa un cambio sensible en la temperatura.

### **d) Calor latente**

Es el tipo de calor que no produce ningún cambio de temperatura, cuando entra o sale de un cuerpo o sustancia. Esto ocurre cuando la sustancia esta cambiando de estado: de sólido a líquido, de líquido a gas o viceversa. Toda la energía se esta utilizando para hacer el cambio, y mientras tanto la temperatura permanece estática. En un refrigerador, el refrigerante adquiere y almacena esa energía en el evaporador y acaba por echarla a la atmósfera por el condensador.

### **1.2.1.2 Frío**

Es un término relativo que se refiere a la carencia de calor en un objeto o espacio. Algunas definiciones lo describen como la ausencia de calor, pero no hay nada conocido en el mundo hoy en día del cual el calor este totalmente ausente. Teóricamente el punto cero en la escala Fahrenheit, es de  $273.16^{\circ}$  bajo cero en la escala termométrica Celsius.

### **1.2.1.3 Refrigeración**

También llamado enfriamiento, es la remoción de calor no deseado desde espacios u objetos seleccionados y su transferencia a otros espacios y objetos. La remoción del calor baja la temperatura y puede ser llevada a cabo mediante el uso de hielo, nieve, agua fría o por medio de refrigeración mecánica, esta última se refiere a la utilización de componentes mecánicos arreglados en un “sistema de refrigeración”, con el propósito de transferir calor.

### **1.2.1.4 Refrigerantes**

Son las sustancias causantes del enfriamiento en los sistemas de refrigeración mecánica. Absorben calor del lugar donde no se desea y lo trasladan a otro. La evaporación del líquido refrigerante remueve calor, el cual es liberado por la condensación del vapor calentado.

Cualquier sustancia que sufre cambio de fase líquida a vapor y viceversa puede funcionar como refrigerante en sistemas de tipo de compresión de vapor. Sin embargo, solamente aquellas sustancias que sufren estos cambios a temperaturas y presiones comercialmente útiles, son de valor práctico, como por ejemplo: el amoníaco, el dióxido de azufre, el cloruro de metilo, etc.

En los refrigerantes actuales se utiliza gas-liquido conocido como diclorodifluorometano o mejor conocido como R-12 ( $\text{CCl}_2\text{F}_2$ ), este refrigerante hierve a temperatura ambiente, no es toxico ni inflamable.

La selección de un refrigerante para una aplicación en particular, frecuentemente depende de las propiedades no relacionadas con su habilidad de remover calor, por ejemplo, su toxicidad, inflamabilidad, densidad, viscosidad y disponibilidad.

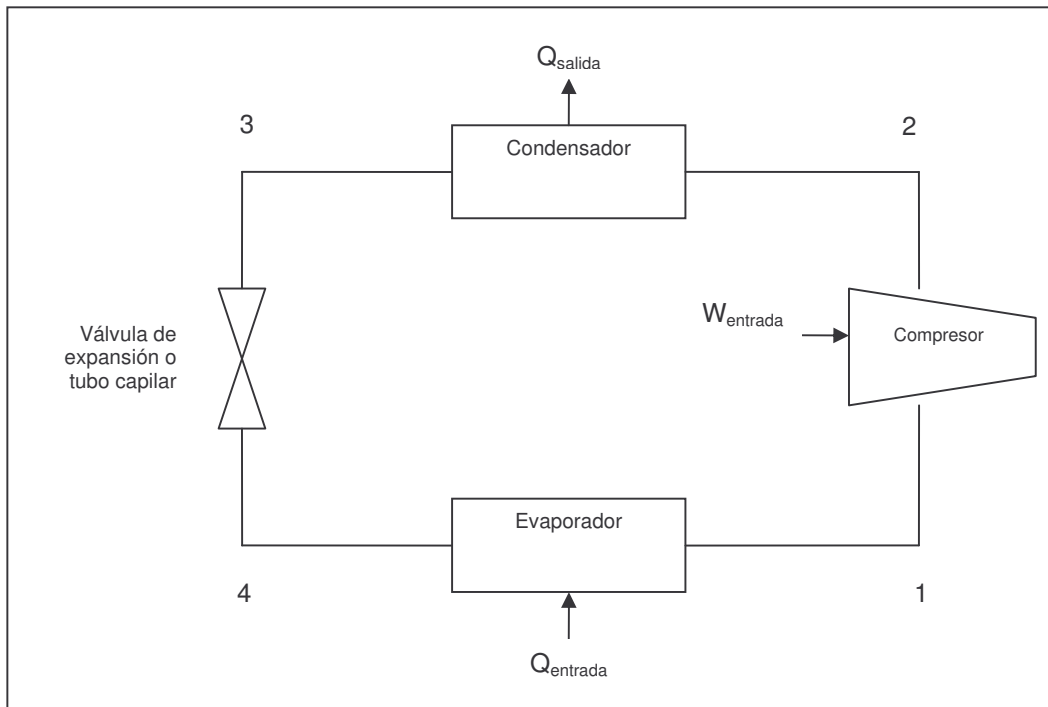
## **1.2.2 Principios de funcionamiento de los refrigeradores**

Todo equipo de refrigeración funciona con un sistema o dispositivo capaz de extraer el aire caliente del interior del aparato y expulsarlo al ambiente, esto se lleva acabo siguiendo los principios termodinámicos de refrigeración que se describen en los siguientes párrafos.

### **1.2.2.1 Ciclo de refrigeración**

El trabajo del ciclo de refrigeración es remover el calor no deseado de un lugar y descargarlo en otro, para lograr esto un refrigerante es bombeado a través de un sistema completamente cerrado. El ciclo de compresión de vapor, mostrado en la figura 3, funciona de la siguiente forma; el vapor saturado en el estado uno se comprime isentrópicamente hasta el estado dos de vapor sobrecalentado. El refrigerante entra entonces en un condensador donde se elimina el calor a presión constante hasta que el fluido se convierte en líquido saturado en el estado tres. Para devolver el fluido a una presión inferior, se expande adiabáticamente a través de una válvula o un tubo capilar hasta el estado cuatro.

**Figura 3. Ciclo de refrigeración por compresión de vapor.**



**Fuente. Kenneth Wark. Termodinámica. Pág. 735.**

El proceso completo que se sigue para lograr la refrigeración se divide en tres etapas fundamentales.

- a) compresión del refrigerante
- b) condensación para convertirlo en líquido
- c) evaporación dentro de la cámara y regreso para que se repita el ciclo.

Existen dos diferentes presiones en el ciclo, la de evaporación o baja presión en el “lado de baja” y la de condensación o alta presión en el “lado de alta”. Estas áreas de presión se separan por dos puntos de división; uno es el aparato de medida donde el flujo de refrigerante se controla y el otro es el compresor donde el vapor se comprime.

Si arrancamos desde el aparato de medida, que puede ser una válvula de expansión, un tubo capilar o cualquier otro aparato que controle el flujo de refrigerante dentro del evaporador o serpentín de enfriamiento a baja temperatura y a baja presión. El refrigerante que se expande se evapora, cambia de estado, cuando va a través del serpentín de enfriamiento, donde retira el calor del espacio en el cual el evaporador está localizado.

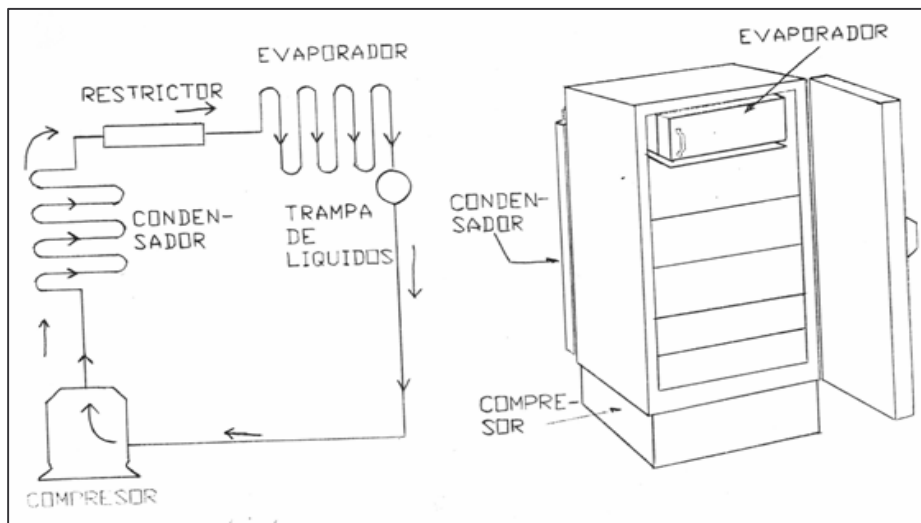
El calor viajará del aire más caliente al serpentín enfriado por la evaporación del refrigerante dentro del sistema, causando que el refrigerante “hierva” y se evapore. Ahora este vapor a baja presión y temperatura es llevado al compresor donde se comprime a un vapor con alta temperatura y alta presión. El compresor lo descarga al condensador de tal manera que cede el calor que ha tomado en el serpentín de enfriamiento o evaporador. El vapor refrigerante esta a una temperatura mas alta que la del aire que pasa a través del condensador; por consiguiente el calor se transfiere, del vapor del refrigerante mas caliente al aire mas frío.

En este proceso cuando el calor se retira del vapor un cambio de estado tiene lugar y el vapor se condensa a líquido, a una alta presión y temperatura.

El refrigerante líquido ahora viaja al aparato de medida en donde pasa a través de una pequeña abertura u orificio donde una caída de presión y temperatura se presenta y luego entra en el serpentín de enfriamiento o evaporador. Cuando el refrigerante hace su camino a las mayores aperturas de la tubería o del serpentín, se vaporiza listo para iniciar otro ciclo a través del sistema.

Este ciclo se completa con un dispositivo restrictor y con una trampa de líquido a la salida del evaporador. Además de lo anterior, también hay otros elementos tales como: filtros, intercambiadores de calor, etc. que se pueden observar en la figura 4.

**Figura 4. El refrigerador y su diagrama básico**



Fuente: División de Ingeniería y Mantenimiento MSPAS. Manual de refrigeración.

Pág. 4

### 1.2.2.2 Componentes del sistema

El sistema de refrigeración requiere de algunos medios para conectar los mayores componentes; evaporador, compresor, condensador y aparato de medición; de la misma forma como las carreteras conectan las poblaciones. La tubería o "líneas", completan el sistema de tal manera que el refrigerante no se pierda a la atmósfera.



La línea de succión conecta el evaporador o serpentín de enfriamiento al compresor, la línea de gas caliente o descarga, conecta el compresor al condensador y la línea de líquido es la tubería de conexión entre el condensador y el aparato de medición. Algunos sistemas tendrán un recipiente o tanque de almacenamiento inmediatamente después de él y antes del aparato de medición donde el líquido refrigerante permanece hasta que se necesita para remoción del calor en el evaporador. Ahora describiremos brevemente cada componente del sistema y su función dentro del mismo:

#### **1.2.2.2.1. Evaporador**

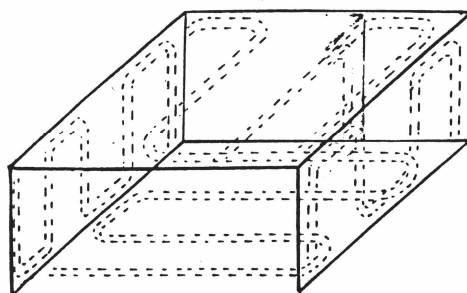
Es la parte principal del proceso de refrigeración, el refrigerante convertido en líquido, regresa a su estado gaseoso en el evaporador. Para ello absorbe gran cantidad de energía, produciendo enfriamiento en su alrededor. Comúnmente al evaporador también se le llama *congelador*. Es la única parte que esta dentro del refrigerador. Este recibe un líquido y entrega un vapor, trabajo que puede hacer gracias a la diferencia de presiones entre su entrada y salida. Dicha operación genera frío.

Un aspecto fundamental, del cual depende el buen funcionamiento del evaporador, es el de la velocidad a la cual debe pasar el refrigerante. Si pasa muy aprisa no alcanza a evaporarse bien, pero además vacía el condensador. Pero si en cambio pasa muy lento, baja la eficiencia. Es importante anotar que cuando el refrigerante no se ha evaporado todavía, se deposita en forma de pequeñas gotas en la superficie de la tubería en la cual el aceite que corre también dificulta la absorción de calor.

La velocidad del refrigerante se controla con el sistema restrictor que se encuentra directamente en la entrada del evaporador y que determina la diferencia de presiones, la cual a su vez, determina la velocidad a la que pasa el refrigerante por el evaporador. Existen distintos tipos de evaporador, a continuación se describen sus características en forma general:

- A. Con escarchado:** estos hay necesidad de descongelarlos periódicamente con un máximo de 15 a 20 días (dependiendo el estado del empaque). Su temperatura de trabajo es de  $-20^{\circ}\text{C}$  o más.
- B. Sin escarchado:** estos se descongelan periódicamente solos pero no alcanzan una temperatura muy baja.
- C. Con descongelamiento:** sistema que esta empleado en los nuevos equipos de refrigeración (figura 5).

**Figura 5. Evaporador frigorífico**



**Fuente: Oficina Sanitaria Panamericana. Manual de refrigeración. Pág. 17**

#### 1.2.2.2.2. Compresor

El refrigerante gaseoso se comprime en un motor compresor, como parte del proceso para convertirlo en líquido para volverlo a usar. El compresor absorbe el gas refrigerante que esta dentro de la carcaza y que se encuentra a baja presión, tal como venia del retorno. Este pasa a una cámara interna del compresor, conocida como cámara de compresión o cilindro en la que se mueve el pistón que lo va a comprimir.

La absorción se efectúa a través de la válvula de succión o de baja presión (conocida como flapper de succión), la cual es simplemente una lengüeta de acero inoxidable que se asienta contra una perforación llamada plato de válvulas, el que a su vez sirve de tapa a la cámara de compresión. La lengüeta a su vez hace el trabajo de válvula de cheque, dejando pasar el gas al interior de la cámara, evitando así el retorno de gas. Cuando el pistón baja se produce una succión, generándose un vacío. Esto es lo que abre la válvula de succión para que entre el gas.

Al llegar el pistón al extremo de su movimiento (punto muerto de succión), se detiene y empieza a irse al plato de válvulas, entonces es cuando comienza a comprimirse el gas, lo cual hace cerrarse herméticamente la válvula de succión. En ese momento es cuando se abre una válvula de alta presión o de compresión también conocida como flapper de alta presión.

El movimiento del pistón se logra por medio de un cigüeñal. Todo lo descrito anteriormente ocurre a una velocidad de 1400 veces por minuto, lo cual son las revoluciones/minuto del motor. Aunque podrían ser mas dependiendo el tipo de motor compresor. Existen diversos tipos de compresores entre los cuales se mencionan:

- a) **Los compresores abiertos:** se utilizan principalmente en empresas grandes, industrias, talleres, etc. Estos van ensamblados a un motor por medio de un juego de poleas y bandas o fajas.
  
- b) **Los compresores semiherméticos:** estos compresores, en cambio, van conectados directamente tanto el compresor como el motor. Se les llama motocompresores ya que quedan directamente montados dentro de la misma cabeza.
  
- c) **Los compresores herméticos:** son sellados completamente y mas pequeños para utilizarlos en refrigeradores pequeños. Sin embargo, algunas veces se utilizan en sistemas de unidades dentales, lo cual es inadecuado porque dejan pasar fácilmente el aceite hacia las piezas de mano porta fresas usadas por los odontólogos.

En cuanto a la descripción de los compresores herméticos, como se dijo, son sellados herméticamente y se recomienda en la mayoría de los casos no abrirlos para repararlos ya que relativamente resulta mas barato comprar uno nuevo.

Los compresores son usualmente clasificados en tres tipos principales:

- a) El compresor alternativo se utiliza en la mayoría de las aplicaciones domesticas, comerciales pequeños y unidades industriales de condensación, pueden posteriormente clasificarse de acuerdo a su construcción, si es abierto o accesible para trabajo en el campo o completamente sellado, de tal manera que no sea posible darle servicio en el campo. En la figura 6 se muestra un compresor alternativo.

**Figura 6. Compresor alternativo.**

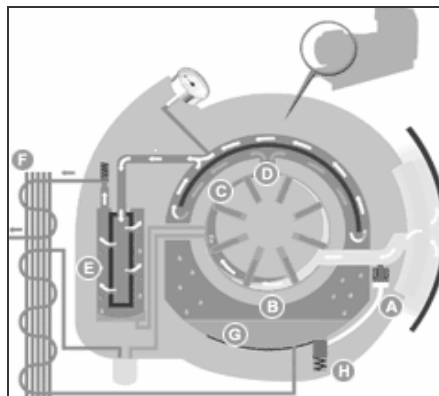


**Fuente: División de Ingeniería y Mantenimiento. Manual de refrigeración. Pág. 31**

- b) Los compresores rotativos son llamados así a causa de que ellos operan a través de la aplicación de una rotación, o movimiento circular, en vez de la operación alternativa descrita anteriormente.

Un compresor rotativo es una unidad de desplazamiento positivo, y comúnmente puede usarse para bombear a mayor vacío que el compresor alternativo. Como se observa en la figura 7.

**Figura 7. Compresor rotativo.**



**Fuente: División de Ingeniería y Mantenimiento. Manual de refrigeración. Pág. 32**

- c) Los compresores centrífugos comprimen el vapor refrigerante a través de una acción o fuerza centrífuga (figura 8); esta acción es realizada principalmente por el rotor o impulsor; el vapor es extraído en la succión cerca del eje del rotor y la descarga es por las aperturas al filo exterior del rotor.

**Figura 8. Compresor centrífugo**



**Fuente: División de Ingeniería y Mantenimiento. Manual de refrigeración. Pág. 31**

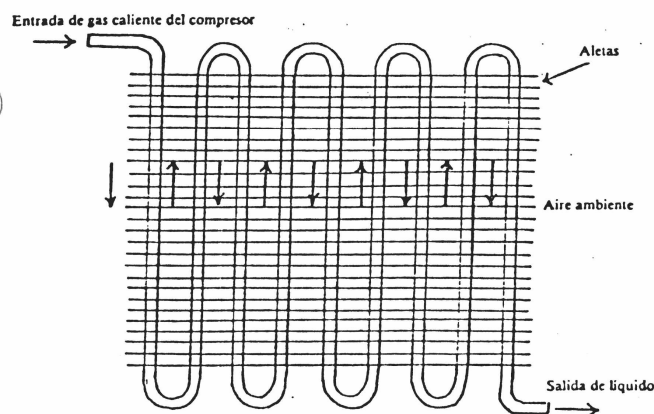
### **1.2.2.2.3. Condensador**

El componente mayor en el sistema de refrigeración, que sigue a la etapa de compresión, es el condensador. Cuando el gas se comprime y se enfría, entonces se convierte en gotas y acaba por convertirse en líquido y esto se logra por medio de la condensación, el cual es un serpentín por el cual circula el refrigerante. Se le llama condensador porque condensa o convierte el refrigerante gaseoso en líquido que sale del compresor.

Básicamente, el condensador es otra unidad de intercambio de calor en el cual el calor extraído por el refrigerante en el evaporador, y también el añadido al vapor en la fase de compresión, se disipa a un medio condensante. El vapor a alta presión y alta temperatura que sale del compresor está supercalentado y este supercalentamiento generalmente se retira en la línea de descarga de gas caliente y en la primera porción del condensador. Como la temperatura del refrigerante es bajada a su punto de saturación, el vapor se condensa en líquido para reusarse en el ciclo.

Los condensadores pueden ser enfriados por aire, enfriados por agua o enfriados por evaporación. Los refrigeradores domésticos generalmente tienen un condensador enfriado por aire (ver figura 9), el cual depende del flujo de gravedad del aire que circula a través de él. Otras unidades enfriadas por aire usan ventiladores para sacar o extraer grandes volúmenes de aire a través de los serpentines del condensador.

**Figura 9. Condensador estático de circulación por gravedad**

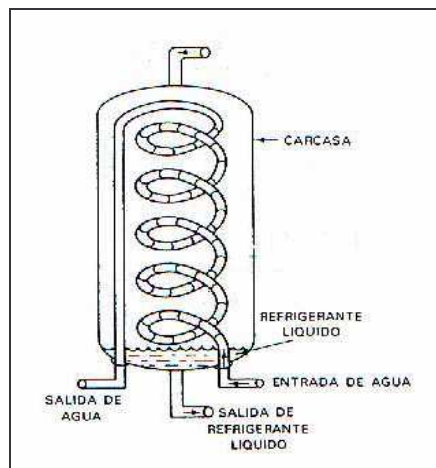


**Fuente: Oficina Sanitaria Panamericana. Manual de refrigeración. Pág. 19**

#### 1.2.2.2.4. Recipiente

Como se menciona antes, algunos condensadores y tubos enfriados por agua, también actúan como recipientes con refrigerante líquido ocupando el espacio en la parte inferior del condensador en donde no hay tubos de agua, como se observa en la figura 10. Si hay demasiado líquido en este tipo de condensador-recipiente algunos tubos pueden llegar a cubrirse por el nivel del líquido. Esto reduce el área superficial de transferencia de calor.

Figura 10. Condensador con recipiente.



Fuente. Ministerio de salud. Principios básicos de refrigeración. Pág. 71.

En sistemas diferentes a los que tienen condensador-recipiente y aquellos que operan a una carga crítica de refrigerante, se requiere un recipiente, el cual es realmente un almacenamiento para refrigerante que no está en circulación dentro del sistema. Los recipientes que son parte de unidades pequeñas comerciales autocontenidas, generalmente son suficientemente aptas para recibir la carga completa de refrigerante del sistema. Esto se aplica también a un gran número de sistemas mayores.



Aún, en algunos casos, el recipiente puede no ser suficientemente grande para contener la carga total de refrigerante, si un bombeo es necesario para reparar o reemplazar un componente. En este caso se requerirá un recipiente auxiliar, como el que se muestra en la figura 10. Si este no es suministrado, el refrigerante sobrante, deberá bombearse a un cilindro de refrigerante vacío o desperdiciarse en la atmósfera.

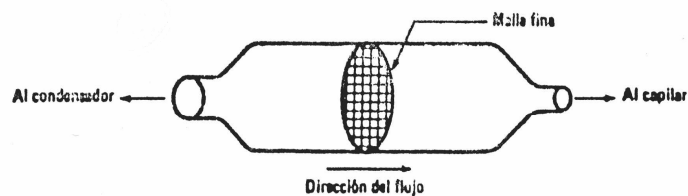
#### 1.2.2.2.5. Filtros y deshidratadores

Son los encargados de eliminar tanto las sustancias sólidas como la humedad de un sistema de refrigeración. Esta última puede bien eliminarse desde un principio, usando la bomba de vacío para quitar la humedad del sistema.

No se debe estorbar demasiado el flujo del refrigerante. Por tal razón es importante la calidad del filtro que se compre.

Hay diversos tipos de filtros deshidratadores y en distintas medidas: roscables, soldables, del tipo industrial, etc. En la figura 11 se muestra un filtro con malla interna.

Figura 11. Filtro con malla interna



Fuente: OPS. Manual de refrigeración. Pág. 22

#### **1.2.2.2.6. Controles de flujo de refrigerante**

También se les llama sistemas restrictores. Es un componente indispensable de cualquier sistema de refrigeración, sus principales propósitos son:

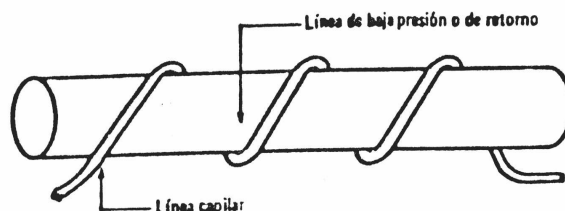
- a) Permitir el flujo de refrigerante al evaporador para remover el calor de la carga.
- b) Mantener el diferencial de presión apropiado entre los lados de alta y baja en el sistema de refrigeración.

En sistemas de refrigeración, específicamente los refrigeradores pequeños, para restringir el flujo se utilizan simples tubos de diámetro interior pequeño, llamados comúnmente “tubos capilares”. En refrigeradores grandes de tipo industrial, es necesario usar válvulas automáticas acopladas a bulbos sensores de temperatura, que forman a veces sistemas bastante sofisticados.

Los tres tipos principales de aparatos de medición, usados ahora en varias fases de la refrigeración son:

- válvula de expansión automática
- válvula de expansión termostática
- tubo capilar (Figura 12)

**Figura 12. Tubo capilar enrollado sobre el tubo de retorno**



Fuente: OPS. Manual de refrigeración. Pág. 24

#### **1.2.2.2.7. Líneas de refrigeración**

La tubería en el sistema de refrigeración debe ser apropiadamente dimensionada e instalada de tal forma que no haya restricciones en el flujo del refrigerante.

Si el sistema es autocontenido, el dimensionamiento apropiado y la instalación de las líneas de refrigeración son responsabilidad del constructor. Pero un sistema construido en el campo usando productos de varios fabricantes, viene a ser responsabilidad del diseñador del sistema completo y de quien instale y conecte los componentes. Una línea de líquido demasiado pequeña que tiene demasiadas restricciones, accesorios y codos, puede causar demasiada caída de presión en la línea, lo cual puede resultar en una baja en la capacidad del aparato de medición, cuando se compara con la capacidad requerida en el serpentín de enfriamiento.

### **1.3 Definición de mantenimiento**

Se considera que mantenimiento es la serie de trabajos que hay que ejecutar en algún equipo, planta o método a fin de conservarlo y preste el servicio para el que fue diseñado.

Para el administrador, el objetivo del mantenimiento es la conservación, ante todo, del servicio que están suministrando los equipos, instalaciones, etc. Este es el punto esencial y no como erróneamente se ha creído, que el mantenimiento esta obligado a la conservación de tales elementos. El servicio es lo importante y no la maquinaria que lo proporciona. Por tal motivo se deben equilibrar, en las labores de mantenimiento, los factores esenciales siguientes:

- calidad económica del servicio
- duración adecuada del equipo
- costos mínimos de mantenimiento

Además existen otros factores que subrayan la importancia del mantenimiento: una creciente mecanización, aumento de inventarios de repuestos, controles más estrictos de producción, plazo de entrega cortos, exigencias crecientes de buena calidad y costos mayores.

### **A. Funciones del mantenimiento**

El servicio de mantenimiento tiene como objeto conservar en perfecto estado de funcionamiento todas las máquinas e instalaciones empleadas para brindar los servicios de salud, de forma que se logre su máximo rendimiento, con la calidad adecuada y un mínimo de costo. Entre sus principales funciones destacan:

1. reparar las averías que puedan producirse en máquinas e instalaciones en un mínimo de tiempo.
2. prever las posibles averías con anticipación suficiente para que estas no se produzcan, eliminando los paros imprevistos.

3. verificar la calidad de fabricación de maquinas e instalaciones para evitar deterioros prematuros.
4. eliminar averías sistemáticas, que producen un aumento en los costos de mantenimiento.
5. realizar una correcta gestión de existencia de repuestos y de materiales de mantenimiento para disminuir las inmovilizaciones de almacén, impidiendo también existencias completas.

### **1.3.1 Mantenimiento preventivo**

El sistema preventivo nació en los inicios del siglo XX, (1910) en la firma Ford en Estados Unidos, se introduce en Europa en 1930, y en Japón en 1952. Sin embargo su desarrollo más fuerte se alcanza después de mediados de siglo, y es el sistema que responde a los requerimientos de esa etapa.

El mantenimiento preventivo puede definirse como la conservación planeada, teniendo como función conocer sistemáticamente el estado de maquinas e instalaciones para programar en los momentos mas oportunos y de menos impacto en la producción, en las acciones que trataran de eliminar las averías que originan las interrupciones. Su finalidad es reducir al mínimo las mismas y una depreciación excesiva.

Debidamente dirigido, el mantenimiento preventivo es un instrumento de reducción de costos, que ahorra a las empresas recursos en conservación y operación. Un programa de mantenimiento preventivo, en la acción de mantener en buen estado el equipo, se realiza a través de visitas, revisiones, lubricación y limpieza.

- a) **Visitas:** son inspecciones o verificaciones que se ejecutan periódicamente en las instalaciones y maquinas para comprobar su estado, seguir la evolución de las anomalías aparecidas para alejarlas antes de que lleguen a ser averías.
  
- b) **Revisiones:** son intervenciones que se realizan sobre instalaciones o maquinas para detectar o confirmar las anomalías localizadas durante la visita previa, reparándolas con el fin de dejar el equipo en condiciones de funcionamiento que evite la aparición de averías.
  
- c) **Lubricación periódica:** es una de las actividades más importantes en el mantenimiento preventivo. La vida útil del equipo depende en gran parte de una correcta lubricación, pues un alto porcentaje de averías son consecuencia de lubricaron defectuosa.
  
- d) **Limpieza:** son las acciones que incluyen actividades de limpieza, conservación, señalización, acondicionamiento cromático y prevención contra la corrosión.

### 1.3.2 Mantenimiento correctivo

#### A. No planificado

Corrección de las averías o fallas, cuando éstas se presentan. Esta forma de mantenimiento impide el diagnostico fiable de las causas que provocan la falla, pues se ignora si falló por mal trato, por abandono, por desconocimiento del manejo, por desgaste natural, etc.

El ejemplo de este tipo de *mantenimiento correctivo no planificado* es la habitual reparación urgente tras una avería que obligó a detener el equipo o máquina dañada.

## **B. Planificado**

El mantenimiento correctivo planificado consiste la reparación de un equipo o máquina cuando se dispone del personal, repuestos, y documentos técnicos necesario para efectuarlo planificadamente, al contrario del caso de mantenimiento preventivo.

### **1.3.2 Mantenimiento predictivo**

Se trata de un mantenimiento profiláctico, pero no a través de una programación rígida de acciones como en el mantenimiento preventivo. Aquí lo que se programa y cumple con obligación son "*las inspecciones*", cuyo objetivo es la detección del estado técnico del sistema y la indicación sobre la conveniencia o no de realización de alguna acción correctora. También nos puede indicar el recurso remanente que le queda al sistema para llegar a su estado límite.

Esta basado fundamentalmente en detectar una falla antes de que suceda, para dar tiempo a corregirla sin perjuicios al servicio, ni detención de la producción, etc. Estos controles pueden llevarse a cabo de forma periódica o continua, en función de tipos de equipo, sistema productivo, etc.

Se usan para ello instrumentos de diagnóstico, aparatos y pruebas no destructivas, como análisis de lubricantes, comprobaciones de temperatura de equipos eléctricos, etc.

### **A. Ventajas del mantenimiento predictivo:**

- reduce los tiempos de parada.
- permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.
- optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
- la verificación del estado de la maquinaria, tanto realizada de forma periódica como de forma accidental, permite confeccionar un archivo histórico del comportamiento mecánico.
- conocer con exactitud el tiempo límite de actuación que no implique el desarrollo de un fallo imprevisto.
- toma de decisiones sobre la parada de una línea de máquinas en momentos críticos.
- confección de formas internas de funcionamiento o compra de nuevos equipos.
- permitir el conocimiento del historial de actuaciones, para ser utilizada por el mantenimiento correctivo.
- facilita el análisis de las averías.
- permite el análisis estadístico del sistema.

Las inspecciones pueden ser de dos tipos:

- Monitoreo discreto, en el cual las inspecciones se realizan con cierta periodicidad, en forma programada.
- Monitoreo continuo, se ejerce en forma constante, con aparatos montados sobre las máquinas. Este tiene la ventaja de indicar la ejecución de la acción correctora, lo más cerca posible al fin de su vida útil.

Este sistema garantiza el mejor cumplimiento de las exigencias de mantenimiento de los últimos años dado que se logra:



1. menores paradas de máquinas, ya sea por programas de paradas preventivas o por roturas aleatorias.
2. mayor calidad y eficiencia de las máquinas e instalaciones
3. garantiza la seguridad y la protección del medio ambiente
4. reduce el tiempo de las acciones de mantenimiento.

Como aspectos negativos se señalan:

1. La necesidad de un personal mas calificado para las revisiones e investigaciones
2. Elevado costo de los equipos de monitoreo continuo.

#### **1.3.4 Mantenimiento productivo total**

El mantenimiento productivo total, cuyas siglas en inglés son PTM (*total productive maintenance*), nace en los años setenta, veinte años después del inicio del mantenimiento preventivo.

##### **A. Las metas del mantenimiento PTM eran**

- maximizar la eficacia de los equipos.
- involucrar en el mismo a todos las personas y equipos que diseñan, usan o mantienen los equipos.
- obtener un sistema de *mantenimiento productivo* para toda la vida del equipo.  
involucrar a todos los empleados, desde los trabajadores a los directivos.
- promover el PTM mediante motivación de grupos activos en la empresa.

## **B. Medidores de la gestión del mantenimiento**

Los medidores fundamentales de la gestión de mantenimiento son:

- **Disponibilidad:** la fracción de tiempo en que los equipos están en condiciones de servicio.
- **Eficacia:** la fracción de tiempo en que su servicio resulta efectivo para la producción.

## **C. Objetivos del mantenimiento productivo total:**

- cero averías en los equipos.
- cero defectos en la producción.
- cero accidentes laborales.
- mejorar la producción.
- minimizar los costos.

## **D. Tres razones para la palabra "*total*"**

- búsqueda de la eficacia total de los equipos.
- plan de mantenimiento para la vida *total* de los equipos.
- implicación del *total* de la plantilla de las empresas en su desarrollo.

## **E. Inconvenientes del *mantenimiento productivo total***

- proceso de implementación lento y costoso.
- cambio de hábitos productivos.

- implicación de trabajar juntos todos los escalafones laborales de la empresa.

#### **F. Factores clave para el éxito de un plan de *mantenimiento productivo total* TPM**

- compromiso e Implicación de la dirección en la implantación del plan TPM.
- creación de un sistema de información y el software necesario para su análisis y aprovechamiento.
- optimización de la gestión de recursos, como stock, servicios, etc.

#### **1.3.5 Mantenimiento centrado en la confiabilidad**

El RCM es uno de los procesos desarrollados durante 1960 y 1970 con la finalidad de ayudar a las personas a determinar las políticas para mejorar las funciones de los activos físicos y manejar las consecuencias de sus fallas. Tuvo su origen en la Industria Aeronáutica. De éstos procesos, el RCM es el más efectivo.

El Mantenimiento RCM pone tanto énfasis en las consecuencias de las fallas como en las características técnicas de las mismas, mediante:

- Integración de una revisión de las fallas operacionales con la evaluación de aspecto de seguridad y amenazas al medio ambiente, esto hace que la seguridad y el medio ambiente sean tenidos en cuenta a la hora de tomar decisiones en materia de mantenimiento.

- Manteniendo mucha atención en las tareas del mantenimiento que más incidencia tienen en el funcionamiento y desempeño de las instalaciones, garantizando que la inversión en mantenimiento se utiliza donde más beneficio va a reportar.

#### **A. Objetivos del RCM mantenimiento centrado en la confiabilidad**

El objetivo principal de RCM está reducir el costo de mantenimiento, para enfocarse en las funciones más importantes de los sistemas, evitando o quitando acciones de mantenimiento que no es estrictamente necesario.

#### **B. Ventajas del RCM mantenimiento centrado en la confiabilidad**

- Si RCM se aplicara a un sistema de mantenimiento preventivo ya existente en la empresa, puede reducir la cantidad de mantenimiento rutinario habitualmente hasta un 40% a 70%.
- Si RCM se aplicara para desarrollar un nuevo sistema de mantenimiento preventivo en la empresa, el resultado será que la carga de trabajo programada sea mucho menor que si el sistema se hubiera desarrollado por métodos convencionales.
- Su lenguaje técnico es común, sencillo y fácil de entender para todos los empleados vinculados al proceso RCM, permitiendo al personal involucrado en las tareas saber qué pueden y qué no pueden esperar de ésta aplicación y quién debe hacer qué, para conseguirlo.

## **2. SITUACIÓN DEL EQUIPO DE REFRIGERACIÓN EN EL ÁREA METROPOLITANA**

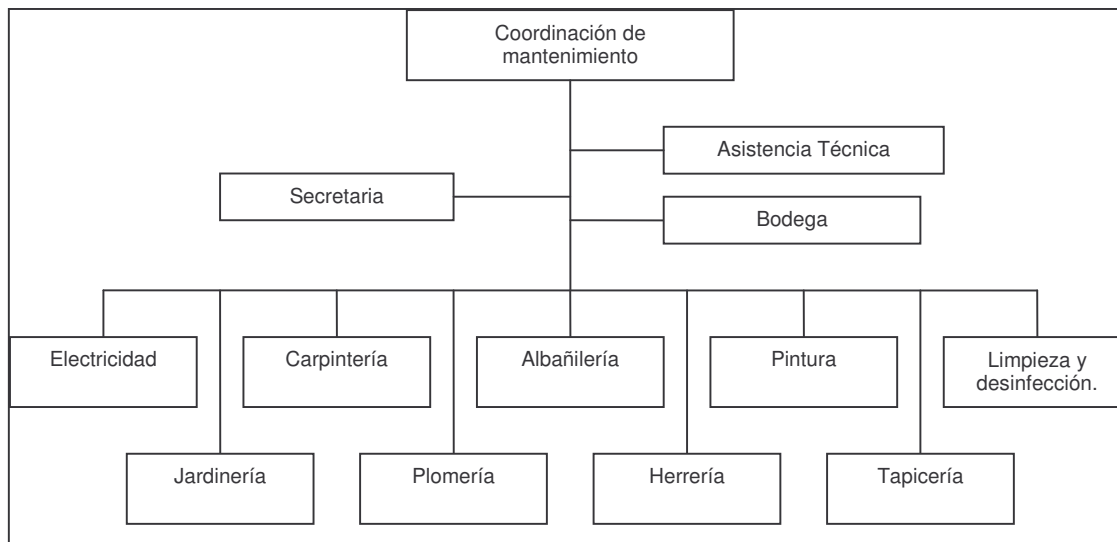
### **2.1 Organización del departamento de mantenimiento del MSPAS**

El departamento de mantenimiento a nivel de la jefatura de área se encuentra bajo la gerencia administrativa del área metropolitana, su función primordial es la de crear condiciones de calidad para mejorar el servicio de salud, más específicamente se encarga de fortalecer el desempeño, la responsabilidad y la capacidad en los equipos de trabajo, sobre todo en lo que se refiere a equipos y a infraestructura.

Para cumplir con estas funciones el departamento de mantenimiento trabaja junto a otros departamentos como transporte, informática, inventarios, suministros, tesorería, compras y contabilidad. Además cuenta con varios subdepartamentos que se encargan directamente de las actividades de mantenimiento.

Cada departamento está conformado de la siguiente manera, el área de electricidad cuenta con tres técnicos, las áreas albañilería, carpintería y tapicería tienen un técnico cada uno, el área de plomería cuenta con un técnico, herrería y jardinería tienen dos técnicos, pintura cuatro, mientras que hay aproximadamente seis personas que se dedican a las labores de limpieza de la jefatura de área. En la figura 13 se muestra el organigrama del departamento.

**Figura 13. Organigrama del departamento de mantenimiento del área metropolitana**



**Fuente. Elaborado por el autor.**

### **2.1.1 Organización del departamento de mantenimiento del MSPAS en el área de refrigeración**

Para la conservación de las vacunas el MSPAS sigue el programa nacional de inmunización (PNI) donde se define la “cadena de frío”. Esta se define como el proceso de conservación, manejo y distribución de las vacunas. La finalidad este proceso consiste en asegurar que las vacunas sean conservadas constantemente a las temperaturas correctas para que estas no pierdan sus propiedades.

La cadena de frío consta de tres operaciones básicas:

- a) almacenamiento,
- b) transporte,
- c) distribución de las vacunas.

El almacenamiento de las vacunas se hace a tres niveles

- a) El central o nacional, que almacena las vacunas bajo dos categorías las bacterianas (difteria, tétanos, etc.) en cuartos fríos y las virulentas (sarampión y poliomielitis) en congeladoras, con capacidad para almacenar grandes cantidades de vacuna durante un periodo entre doce y dieciocho meses. Actualmente se encuentra ubicado en las mismas instalaciones de la jefatura del área metropolitana, en la zona 11.
- b) El regional, en departamentos, cuenta con refrigeradoras y congeladoras para conservar cantidades menores de vacuna hasta por seis meses. En Guatemala esta función la desempeñan las áreas departamentales que almacenan las vacunas de todos los municipios hasta el momento en el que cada centro o puesto de salud las requiera.
- c) El local, en centros o puestos de salud y hospitales, que cuenta con refrigeradoras y termos para guardar pequeñas cantidades de vacuna hasta por tres meses. Al hablar de nivel local se entiende por distritos o municipios, aquí se aplican directamente las vacunas a los usuarios finales (la comunidad).

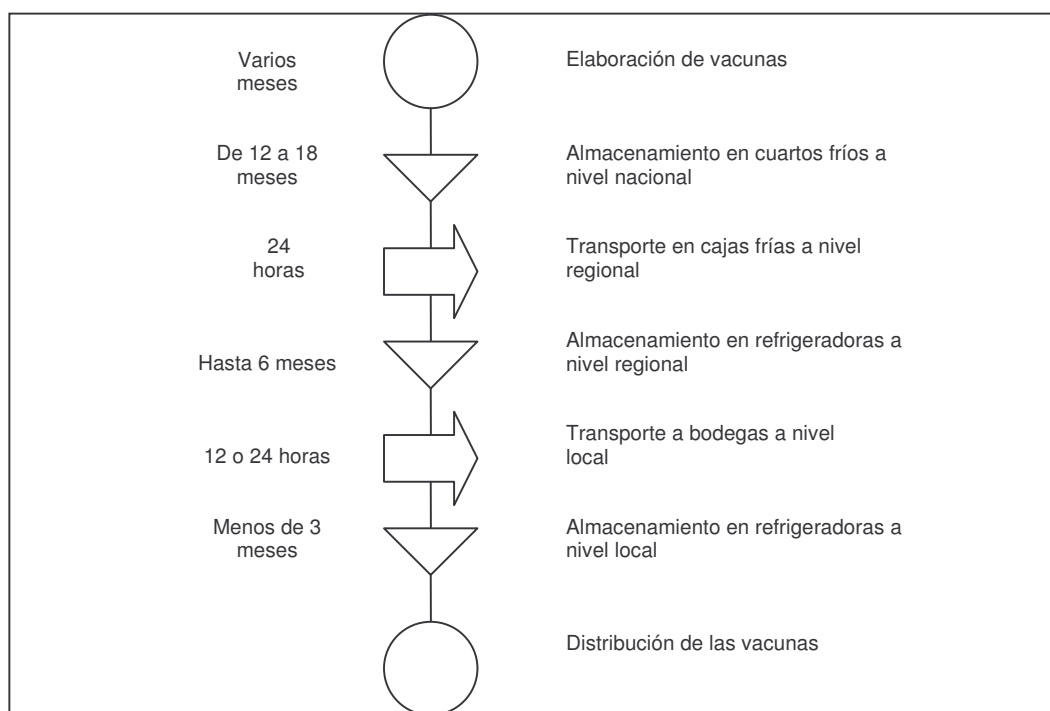
En Guatemala solo se lleva a cabo el almacenamiento, el transporte y la distribución de las vacunas; ya que estas se fabrican en otros países siguiendo un estricto control de calidad en los laboratorios, todo el proceso de fabricación de pruebas que se le hacen a las vacunas tarda varios meses antes de ser enviadas al país. En la figura 47 (anexo) se ilustra el proceso que sigue la cadena de frío.

Estos niveles están conectados entre sí a través de una red de transporte por la que circulan las vacunas del programa ampliado de inmunización en cajas frías y termos controlados, como se describe en la figura 14.

**Figura 14. Diagrama de operaciones básicas de la cadena de frío.**

Descripción del proceso: operación de la cadena de frío  
Fecha: 4 de abril del 2005

Método: actual  
Elaboro: Edgar Raúl Bances



Fuente. Diseñado por el autor.

## 2.2 Evaluación del equipo actual en las unidades de salud del ministerio

Esta descripción se hace de acuerdo a la función que prestan los equipos de refrigeración y los tipos de refrigeradores más utilizados, se trata más que todo de dar una idea general de la forma en que operan los refrigeradores dentro del marco institucional del ministerio de salud.



### **2.2.1 Funcionamiento del equipo de refrigeración en las unidades de salud**

La mayor parte de las vacunas necesitan permanecer frías todo el tiempo, pierden sus propiedades muy rápidamente cuando se calientan. Las refrigeradoras, hieleras, congeladores y porta vacunas se encargan de mantener las vacunas frías en todo momento.

Para cumplir esta misión el equipo en su funcionamiento sigue principios básicos de refrigeración: dentro de la tubería del refrigerador se encuentra un líquido llamado refrigerante que se mueve continuamente dentro de los tubos y mantiene la parte interior del refrigerador fría. Esto lo hace tomando el calor del interior del refrigerador y pasándolo hacia atrás donde se reinicia el ciclo.

Las paredes y la puerta del refrigerador están recubiertas de un material aislante, para el empaque de la puerta se usa un elastómero que regularmente es neopreno, porque se trata de un aislante térmico; en cuanto a las paredes internas se usa generalmente PVC, por tratarse de un termoplástico que soporta bajas temperaturas.

### **2.2.2 Tipos de refrigeradoras**

En Guatemala, las refrigeradoras más utilizadas son la eléctrica o de compresión, también existen las de absorción que pueden funcionar por medio de queroseno o gas pero actualmente se hacen funcionar también por corriente eléctrica. Cualquiera que sea el tipo de la unidad operativa, se deben tomar consideraciones para su instalación, para su operación y para el mantenimiento.

A. **Las refrigeradoras de compresión** se utilizan en las áreas donde existe fluido eléctrico ya que están compuestas por un motocompresor que es accionado por el fluido eléctrico.

Estos equipos son utilizados para mantenimiento de las diferentes clases de vacunas que se utilizan en los centros hospitalarios que componen la cadena de frío. En este tipo de refrigeradores hay un motor eléctrico en la parte de atrás llamado compresor. El compresor empuja el refrigerante a través de los tubos de la parte de atrás del refrigerador (condensador). Esto hace que la parte interna del refrigerador se mantenga fría. Un refrigerador por compresión únicamente utiliza electricidad y necesita un suministro constante.

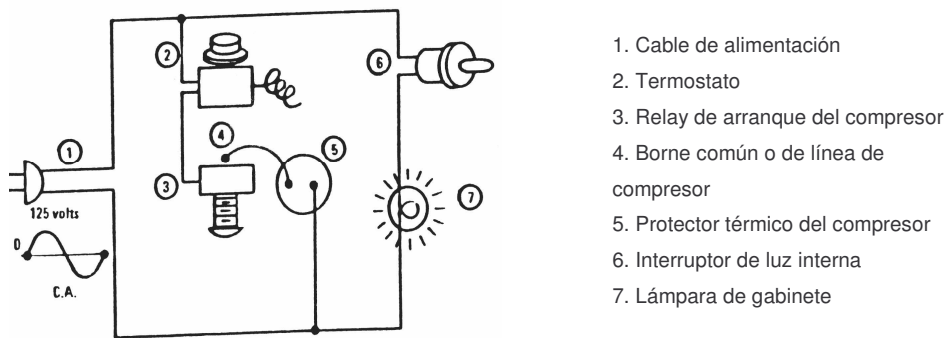
La electricidad se utiliza en los refrigeradores básicamente para hacer trabajar el compresor. Sin embargo, este se vera controlado por una serie de elementos conectados en serie tales como el termostato y un protector térmico de sobrecarga. También hay que considerar al relevador y al capacitor de arranque, los cuales se consideran ya integrados al compresor.

Es conveniente no olvidar que también se utiliza la electricidad para encender la lámpara que ilumina el interior del gabinete, el cual va conectado a un interruptor de presión. De esa forma se tienen dos circuitos conectados en paralelo.

Las partes básicas de una refrigeradora eléctrica (tipo compresión) son las siguientes:

- a) **Compresor:** Es un motor eléctrico muy delicado, que succiona los vapores del evaporador, y los comprime hasta la presión de condensación. Es importante señalar que si la corriente eléctrica no es continua el compresor se deteriora rápidamente, por lo que hay que asegurarse que la corriente eléctrica sea continua, si no es así se deberá utilizar un estabilizador de voltaje (ver figura 15).

**Figura 15. Diagrama eléctrico de un refrigerador sencillo**



**Fuente: OPS. Manual de refrigeración. Pág. 58**

- b) **Termostato:** La palabra termostato significa “temperatura estática” o sea temperatura que se mantiene fija, sin variaciones. Se encuentra dentro del gabinete principal del refrigerador, el termostato es un disco graduado con números, el cual controla la temperatura interior de este. Está conectado en serie con el compresor, lo hace parar o funcionar de acuerdo a las necesidades de frío. Sus componentes son los siguientes:

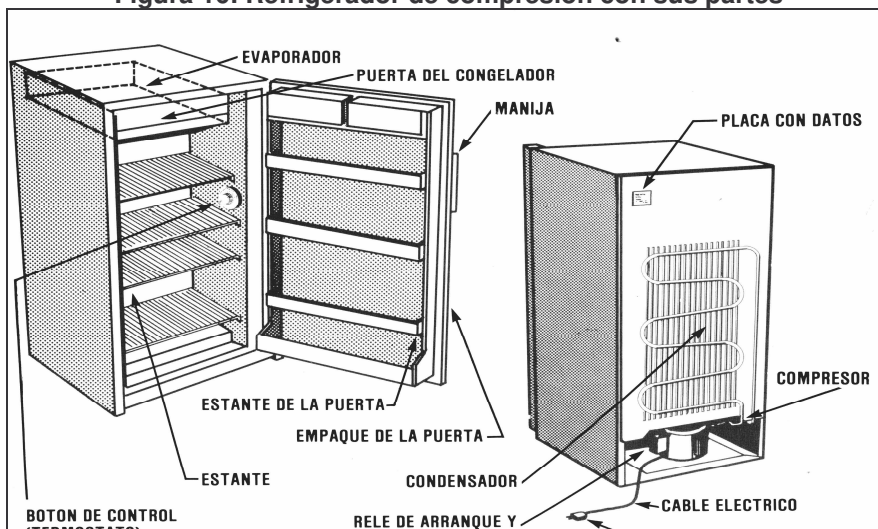
- **Bulbo:** que esté lleno de refrigerante que firmemente unido a la pared del evaporador sensa la temperatura existente en el mismo y que va unido por medio de un tubo capilar a un fuelle de diseño especial en el cuerpo del termostato.

- Sistema de palanca: esta unido al fuelle y por el otro lado a un juego de platinos que conecta o desconecta la corriente del compresor.
- Perilla: es una placa indicadora que tiene escrito apagado, mínimo, normal, medio y máximo.

c) **Protector Térmico:** su trabajo es desconectar las bobinas del motor por una sobrecarga en el circuito. Protege ambas bobinas (arranque y marcha) y trabaja por calor. Las sobrecargas pueden ser debido a un corto circuito o atoramiento del motor en sus partes internas.

Esta constituido básicamente por una lamina bimetálica provista de unos platinos de contacto. Cuando se produce una sobrecarga, la lámina se sobrecalienta y se endereza, interrumpiendo el circuito. Los protectores térmicos se venden de acuerdo con la capacidad de los motores. El refrigerador eléctrico y sus componentes se muestran en la figura 16.

**Figura 16: Refrigerador de compresión con sus partes**



Fuente: OPS. Manual de la Cadena de Frió. Pág. 20

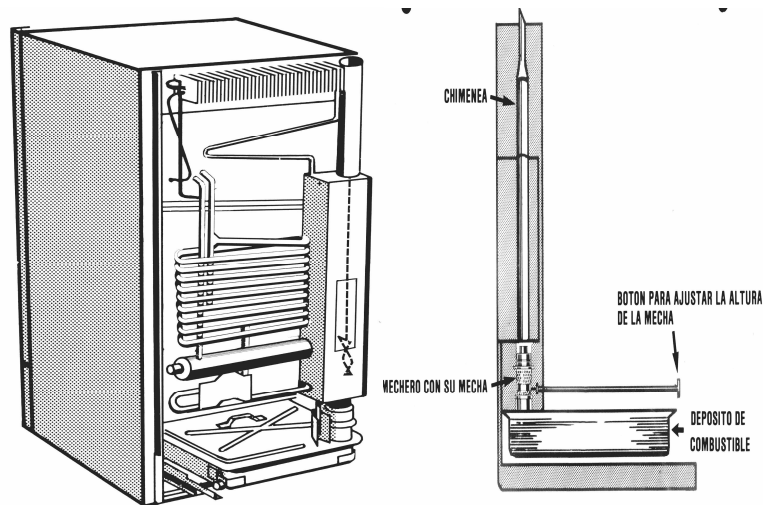
B. **Las refrigeradoras de absorción** se utilizan más que todo en las áreas donde no existe fluido eléctrico, ya que dichos equipos funcionan a base de kerosén o gas propano, aunque pueden funcionar también mediante un elemento eléctrico como unidad de calentamiento. Al igual que las refrigeradoras de compresión, estas se usan primordialmente para mantener las diferentes clases de vacunas.

En los refrigeradores de kerosén y gas hay una llama que produce calor, lo que empuja el refrigerante a través de los tubos. Esto hace que la parte interna del refrigerador se mantenga fría. La refrigeradora de queroseno o gas se compone básicamente de:

- a) **El depósito de combustible:** se encuentra bajo el gabinete principal de almacenamiento, se puede deslizar por debajo del gabinete. Tiene arriba una tapadera que puede quitarse para llenarse de kerosén. También tiene un indicador que muestra el nivel de combustible que queda en el tanque.
- b) **La chimenea:** es metálica y se encuentra en la parte de atrás del refrigerador, a través de ella el aire caliente del quemador sube y es lanzado al ambiente. El quemador debe estar situado exactamente bajo este tubo.
- c) **El mechero o quemador con su mecha:** se encuentra en la parte de atrás del tanque, tiene una mecha que enciende dentro de una cubierta de vidrio, su función es iniciar la combustión.
- d) **El botón para ajustar la altura de la mecha:** es una perilla que puede moverse para subir o bajar la mecha.

Las refrigeradoras de queroseno utilizan dos clases de mecheros: mechero aladdin, mechero cosmos. En la figura 17 se ilustra un refrigerador de absorción con sus componentes.

**Figura 17: Refrigerador de absorción con sus partes**



**Fuente: OPS. Manual de la Cadena de Frío. Pág. 27**

Bajo el gabinete principal de almacenamiento esta el tanque de combustible y la unidad de calentamiento, que es un quemador. Atrás del refrigerador se encuentran el tubo de conducción y el deflector.

### **2.3 Campo de utilidad de los refrigeradores en las unidades de salud**

En el MSPAS el equipo de refrigeración puede ser utilizado para tres distintos sectores de servicio:

### **2.3.1 Conservación de alimentos**

El primero de ellos es la conservación de alimentos, aplicado más frecuentemente en las cocinas de los hospitales que en los centros o puestos de salud, para esta función se usan más que todo los cuartos fríos, que son operados siguiendo los principios de refrigeración.

### **2.3.2. Conservación de medicamentos**

En el segundo de los casos el equipo de refrigeración se usa en la conservación de medicamentos específicos que deben mantenerse a una temperatura determinada. Puede señalarse también el uso de refrigeradores para la conservación de muestras en los laboratorios de las unidades de salud.

### **2.3.3. Conservación de vacunas**

Por último el uso más amplio que se le da a este tipo de equipo es para la conservación de las vacunas, por la importancia que las refrigeradoras prestan al MSPAS en este aspecto se dará mayor importancia.

Según la evaluación estadística que se describe en este capítulo, las refrigeradoras en los centros y puestos de salud del área metropolitana se usan más que todo para dos funciones fundamentales: en las clínicas para la conservación de vacunas y en los laboratorios donde guardan reactivo o medicamentos usados para los exámenes.

## **2.4 Encuesta de las condiciones de los refrigeradores**

El proceso de observación y evaluación del equipo que se llevo a cabo en el MSPAS contó básicamente de dos etapas: la observación directa que fue realizada en las instalaciones de los centros y puestos de salud en el área metropolitana, además con el apoyo de las autoridades mediante las que se recolectó información.

La investigación de campo se realizo analizando las condiciones generales de las refrigeradoras de algunos centros de atención pertenecientes a la red metropolitana, para esto se utilizó la técnica de la observación y comparación con los principios básicos de funcionamiento de refrigeración. Después se procedió a la evaluación por medio de formularios.

El propósito principal de la evaluación es: primero conocer el uso que se les daba a los equipos de refrigeración y la importancia que jugaban dentro del servicio que se le presta a los pacientes, en segundo lugar determinar las condiciones de funcionamiento de las refrigeradoras, y por ultimo conocer si en realidad existe un programa de mantenimiento definido para la conservación del equipo en buenas condiciones.

### **2.4.1 Formulario de evaluación**

Para conocer la existencia de planes de mantenimiento para el equipo y las condiciones de cada refrigeradora se elaboro un formulario (ver tabla II) en donde se solicitan datos a los usuarios del equipo en cada centro o puesto de salud.





- Centro de Salud colonia El Milagro
- Puesto de Salud de Sabana Arriba
- Puesto de Salud de Concepción las Lomas
- Centro de Salud de Boca del Monte
- Puesto de Salud de El Porvenir
- Puesto de Salud de San Martineros
- Puesto de Salud de Estancia de la Virgen
- Centro de Salud de Palencia
- Centro de Salud zona 6
- Centro de Salud zona 5
- Puesto de Salud de El Zarzal
- Clínica Periférica del Paraíso II
- Centro de Salud de san José Pinula
- Centro de Salud de Santa Catarina Pinula
- Centro de Salud de Ciudad Peronia
- Centro de Salud zona 3
- Centro de Salud de Tierra Nueva
- Centro de Salud de Amatitlan
- Centro de Salud colonia Bethania

#### **2.4.2 Resultados de la evaluación**

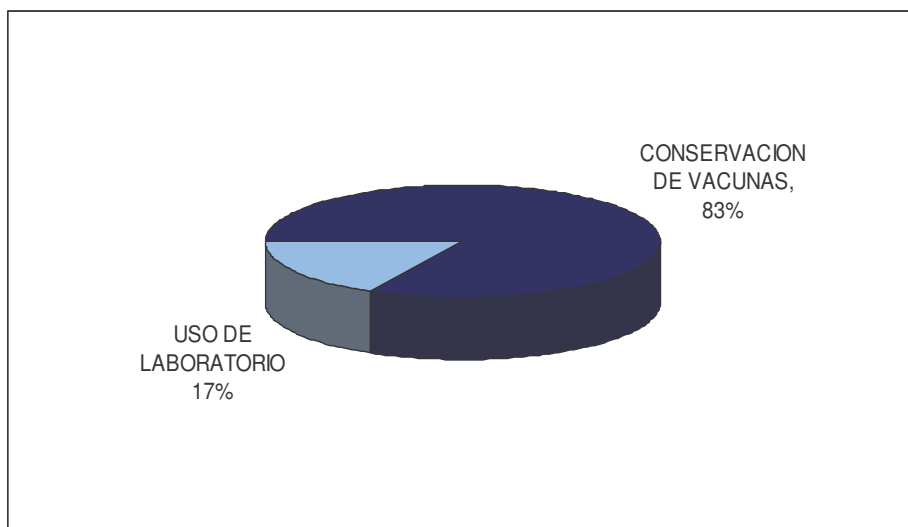
Una vez recolectadas los formularios de evaluación, se tabularon los datos de acuerdo con la categoría de la pregunta planteada, los resultados se describen en la tabla III.

**Tabla III. Servicio que presta el equipo de refrigeración en los centros de salud**

Centro de atención	Conservación de vacunas	Laboratorio	TOTAL
Centro de Salud de San Julián	5	1	6
Puesto de Salud de Santa Cruz	1	–	1
Puesto de Salud col. 6 de Marzo	3	–	3
Centro de Salud San Raymundo	2	2	4
Centro de Salud Centroamérica	4	1	5
Centro de Salud El Milagro	4	1	5
Puesto de Salud Sabana Arriba	3	–	3
Puesto de Salud Conc. las Lomas	2	–	2
Centro de Salud Boca del Monte	3	–	3
Puesto de Salud de El Porvenir	2	–	2
Puesto de Salud de San Martinero	1	–	1
Puesto de Salud Est. de la Virgen	3	–	3
Centro de Salud de Palencia	13	–	13
Centro de Salud zona 6	4	2	6
Centro de Salud zona 5	3	2	5
Puesto de Salud de El Zarzal	1	–	1
Clínica Periférica de El Paraíso II	4	2	6
C. S. de San José Pinula	1	–	1
C. S. de Santa Catarina Pinula	2	–	2
Centro de Salud Ciudad Peronia	2	–	2
Centro de Salud zona 3	3	–	3
Centro de Salud de Tierra Nueva	3	2	5
Centro de Salud de Amatitlán	3	2	5
Centro de Salud col. Bethania	6	–	6
Centro de Salud zona 11	4	2	6
<b>SUMATORIA</b>	82	17	99

Fuente. Elaborada por el autor.

**Figura 18. Gráfica que muestra la forma en que se usan las refrigeradoras en los centros y puestos de salud.**



**Fuente. Diseñada por el autor.**

La figura 18 muestra que el 83% de los equipos de refrigeración en la red metropolitana de salud son utilizados para la conservación de vacunas, mientras que un 17% se usa para la conservación de reactivos en los laboratorios.

### **2.4.3 Análisis de las condiciones de funcionamiento**

Para conocer las condiciones de funcionamiento de las refrigeradoras se establecieron cuatro categorías en las que se clasificaron las mismas de acuerdo a su estado: funcionan correctamente, funcionan con fallas, no funcionan pero pueden repararse y, no funcionan y no pueden ser reparadas. La información se presenta en la tabla VI.

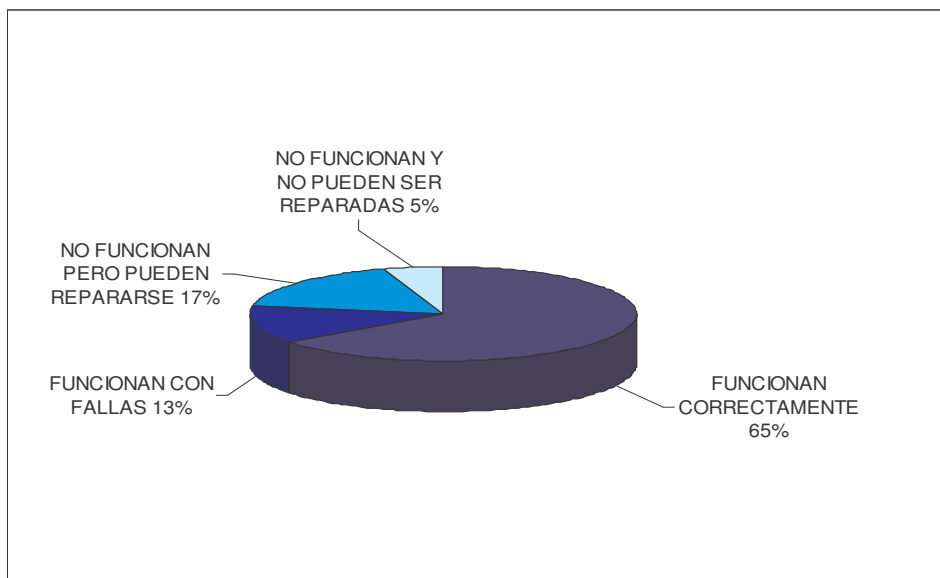
**Tabla IV. Condiciones de funcionamiento en las que se encuentran las refrigeradoras.**

Centro de atención	Funciona correctamente	Funcionan con fallas	No funcionan pero pueden repararse	No funcionan y no pueden repararse	Total
Centro de Salud de San Julián	3	–	2	1	6
Puesto de Salud de Santa Cruz	1	–	–	–	1
Puesto de Salud col. 6 de Marzo	3	–	–	–	3
Centro de Salud San Raymundo	1	–	2	1	4
Centro de Salud Centroamérica	2	3	–	–	5
Centro de Salud El Milagro	5	–	–	–	5
Puesto de Salud Sabana Arriba	1	–	1	1	3
Puesto de Salud Conc. las Lomas	1	1	–	–	2
Centro de Salud Boca del Monte	2	1	–	–	3
Puesto de Salud de El Porvenir	1	1	–	–	2
Puesto de Salud de San Martinero	–	1	–	–	1
Puesto de Salud Est. de la Virgen	1	–	1	1	3
Centro de Salud de Palencia	8	3	2	–	13
Centro de Salud zona 6	6	–	–	–	6
Centro de Salud zona 5	4	–	–	1	5
Puesto de Salud de El Zarzal	1	–	–	–	1
Clínica Periférica de El Paraíso II	6	–	–	–	6
C. S. de San José Pinula	–	1	–	–	1
C. S. de Santa Catarina Pinula	–	–	2	–	2
Centro de Salud Ciudad Peronia	2	–	–	–	2
Centro de Salud zona 3	3	–	–	–	3
Centro de Salud de Tierra Nueva	3	1	1	–	5
Centro de Salud de Amatitlán	3	–	2	–	5
Centro de Salud col. Bethania	2	–	4	–	6
Centro de Salud zona 11	5	1	–	–	6
<b>SUMATORIA</b>	64	13	17	5	99

Fuente. Elaborada por el autor.

La grafica que se observa en la figura 19 muestra los resultados segmentados en las cuatro categorías establecidas.

**Figura 19. Gráfica que muestra las condiciones en las que se encuentra el equipo de refrigeración en las unidades de salud del MSPAS**



**Fuente. Diseñada por el autor.**

El 65% de los equipos de refrigeración se encuentra funcionando correctamente, el 13% funciona con fallas, el 17% no está en funcionamiento pero puede repararse y el 5% este inhabilitado totalmente. Lo que indica que el 35% de las refrigeradoras no funciona en óptimas condiciones de servicio.

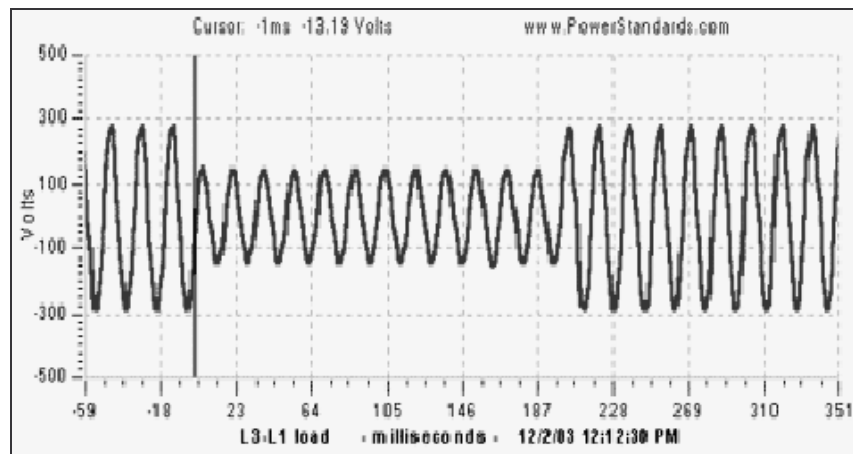
## **2.5 Índice en el cambio de voltaje en refrigeradoras**

El voltaje no es fijo en Guatemala, principalmente en las áreas rurales del país, existen diversos motivos que ocasionan bajos niveles de tensión en el interior de la república, esto trae como consecuencia el deterioro paulatino de los equipos que funcionen con motor eléctrico, entre ellos los refrigeradores.

### 2.5.1 Influencia de los cambios de voltaje en el sistema

Si existe un voltaje inadecuado, como se muestra en la figura 20, puede quemar los transformadores, bombillas, lámparas y cualquier equipo que opere con resistencia eléctrica, además a los equipos que funcionan con motor eléctrico, como es el caso de los refrigeradores, pueden ser afectados en su funcionamiento.

Figura 20. Grafica que muestra la variación de voltaje en el tiempo.



Fuente. Voltaje sags. Pagina web.

Existe un determinado número de aplicaciones que requieren una regulación de corriente, entre ellas la soldadura eléctrica, las instalaciones de control de iluminación, la regulación de la velocidad de motores, y una gran variedad de otras aplicaciones de control industrial. Se puede variar el aporte de energía suministrada a la carga mediante la regulación de tensión del secundario de un transformador, o por inserción de resistencias de control en el circuito de salida.

### 2.5.2 Plan de trabajo para corregir esta situación

Es necesario regular el voltaje por medio de un regulador, para evitar el deterioro de los equipos, sobre todo si tomamos en cuenta el costo al que se incurriría al perder por completo alguna unidad por este motivo. Estos mecanismos reguladores de tensión se usan dentro de transformadores trifásicos son capacidades y tensiones superiores a 50 MVA y 85 kV respectivamente. Dichos transformadores, salvo excepciones, van provistos por el fabricante respectivo, de un cambiador de derivaciones bajo carga que mantiene la regulación de tensión en forma automática.

Para capacidades y tensiones menores, se acostumbra usar reguladores de tensión en forma separada del banco de transformadores, independientemente que éste sea trifásico o que esté formado por unidades monofásicas. El procedimiento descrito anteriormente corresponde a estaciones distribuidoras de región, sin embargo puede obtenerse un regulador de voltaje sencillo y conectarlo a la caja de flipones en aplicaciones eléctricas menores como casas, hospitales pequeños, centros y puestos de salud. Existen reguladores especiales para refrigeradores que trabajan con una corriente de 15 A., un voltaje de 120 v. y una potencia de 1800 VA, como el que se muestra en la figura 21. Su costo en el mercado es de aproximadamente Q 450.

**Figura 21. Regulador de voltaje de 1800 VA.**



**Fuente. Cortesía de Tonal. Catálogo de fabricante.**



En regiones donde el flujo de energía eléctrica es muy variable debido a la demanda existente, la cual se incrementa por la noche (de 6 a 10 P.M.), se acostumbra lo siguiente: durante el día se hace hielo, para colocarlo dentro del refrigerador y al salir del puesto de salud se deja desconectado el equipo. Se necesita elaborar la cantidad de hielo adecuada para que se mantengan las temperaturas requeridas hasta el día siguiente al volver a conectar el equipo.

## 2.6 Descripción del programa de mantenimiento actual

Después de la investigación que se hizo se puede determinar que no existe ningún tipo de mantenimiento definido para los equipos de refrigeración, ni mucho menos un programa detallado de rutinas. Lo que si se lleva a cabo en los centros y puestos de salud es un seguimiento de la temperatura con que trabajan las refrigeradoras al inicio y al final de la jornada laboral, esto se hace por medio de una ficha de control, figura 22, que regularmente se encuentra adherida a la puerta del refrigerador, esto se hace para controlar que las vacunas se encuentren siempre a la temperatura adecuada.

**Figura 22. Ficha de control de temperaturas.**

TARJETA DE CONTROL DE LA REFRIGERADORA		MARCA Y TIPO DE LA REFRIGERADORA		NOMBRE Y UBICACION DEL ALMACEN																													
				NOMBRE DEL ENCARGADO																													
MES	AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
TODAS LAS REFRIGERADORAS	TEMPERATURA:																																
	mañana																																
	tarde																																
	HORAS																																
FALLA DE REFRIGERACION	Temp. al encontrarse																																
	ARREGLADO																																
QUIROSENO	TANQUE LLENO																																
	LITROS ADQUIRIDOS																																
	LIMPIEZA MECHA Y CHIMENEA																																
	MECHA NUEVA																																
CAS	VIDRIO NUEVO																																
	CILINDRO NUEVO																																
	LIMPIEZA BUBUJILLA																																

Fuente: OPS. Manual de la Cadena de Frió. Pág. 33

Cuando se produce alguna falla o desperfecto en cualquier equipo, según sea la gravedad de la misma, se reporta al departamento de mantenimiento para que envíen un técnico a repararlo, sin embargo la refrigeradora queda inhabilitada, a veces durante mucho tiempo, meses o incluso años.

Es importante que se mencione que el MSPAS y en instituciones internacionales (OPS, OMS, etc.) se han hecho documentos que sugieren normas de buen uso de los equipos y mantenimientos rutinarios básicos para la conservación de los mismos, sin embargo estos manuales no están a la disposición de los operadores de las unidades de salud por lo que no tienen mayor efecto en la conservación del equipo.

## **2.7 Distribución de los equipos de refrigeración del área metropolitana**

La distribución del equipo de refrigeración usado en el área metropolitana se distribuye de acuerdo a los tres niveles descritos anteriormente. A nivel regional se almacena las vacunas en la jefatura del área metropolitana, para este efecto se requiere de cuartos fríos y congeladores, que pueden almacenar cantidades considerables de vacunas durante un tiempo comprendido entre tres y seis meses.

### **2.7.1 Distribución en hospitales**

Los hospitales departamentales regularmente cuentan con equipo de refrigeración en la cocina, para usos específicos de conservación de alimentos, y se tratan más que todo de cuartos fríos; también se cuenta con un refrigerador en el laboratorio para guardar los reactivos o las muestras de exámenes médicos. En los hospitales regularmente no se usan los refrigeradores para la conservación de vacunas pero a veces se guardan medicamentos especiales.

### 2.7.2 Distribución en centros de salud

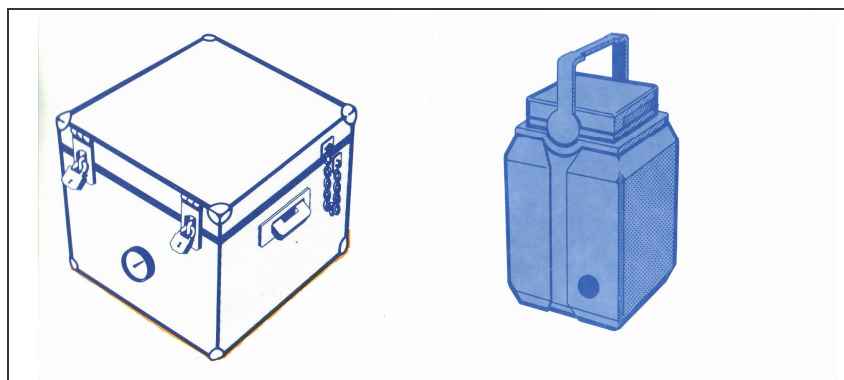
En los centros de salud el equipo empleado depende de la cantidad de demanda que se tenga, así es como en algunos centros se pueden utilizar hasta tres refrigeradoras para vacunas además de la que se usa para fines de laboratorio; mientras que en algunos centros de menores dimensiones y en puestos de salud únicamente se usa un refrigerador para guardar las vacunas y uno en el laboratorio, en el caso de los puestos no se cuenta con un laboratorio.

### 2.7.3 Distribución en puestos de salud

En el caso de los puestos de salud, por tratarse de unidades de atención más elementales, no existe laboratorio, y en ese caso se usa únicamente un equipo de refrigeración para la conservación de las vacunas.

No hay que olvidar que todos los centros de atención del área metropolitana poseen una red de transporte para las vacunas que consiste en termos y cajas frías, como las mostradas en la figura 23, destinadas a la transportación de las mismas.

Figura 23. Termo y caja fría.



Fuente: OPS. Manual de la Cadena de Frío. Pág. 33

## **2.8 Fallas más comunes de los refrigeradores**

Según los datos obtenidos a partir de la evaluación realizada a las unidades de refrigeración del área metropolitana se puede observar una serie de fallas en el equipo, entre las más frecuentes están las siguientes:

### **A. El motor arranca pero no enfría**

Esto puede ocurrir por alguna fuga de refrigerante en alguna de las líneas del sistema, puede deberse a que la válvula del motor se encuentre desbalanceada.

### **B. El motor no arranca**

Puede deberse a alguna falla en el sistema eléctrico del refrigerador o que las fuentes de energía estén bloqueadas.

### **C. La refrigeradora da toques eléctricos**

Al igual que la falla anterior esto ocurre la mayoría de las veces por un problema en la parte eléctrica del refrigerador, puede ser que los cables topen con el chasis de la refrigeradora.

### **D. La refrigeradora enfría demasiado**

Esta falla se da en la mayoría de ocasiones porque el termostato esta descalibrado, lo que evita que la temperatura de la refrigeradora puede regularse de una forma adecuada.

#### **E. La refrigeradora enfría muy poco**

Esta falla puede deberse al desequilibrio de presiones en el ciclo de refrigeración, al condensador sucio o mal ventilado, o también a que la puerta del refrigerador este desajustada.

#### **F. La refrigeradora descansa muy poco y la temperatura es muy baja**

La temperatura baja puede ocurrir por el termostato descalibrado y por fuga de refrigerante lo que ocasiona un ciclo mas corto y mas trabajo para el sistema.

#### **G. La refrigeradora descansa mucho y la temperatura sube mucho**

El problema de temperatura alta puede ocurrir también por problemas del termostato, lo que corresponde a la parte eléctrica del refrigerador.

#### **H. La refrigeradora produce mucha escarcha**

Esto en la mayoría de los casos puede atribuírsele a problemas con el empaque, es decir, que la refrigeradora no es hermética en su totalidad lo que produce que el calor del ambiente se introduzca en ella.

### **2.9 Rango de temperaturas de operación para las refrigeradoras**

En la conservación de las vacunas se necesita tomar en cuenta las temperaturas máximas y mínimas de trabajo de las refrigeradoras de acuerdo al tipo de vacuna con que se trabaja (ver tabla V), para ver este rango de temperaturas se muestra la siguiente tabla, donde se toma en consideración el tipo de vacuna y el nivel de almacenamiento.

**Tabla V. Temperaturas adecuadas para la conservación de las vacunas**

Nivel Vacunas	Central	Regional	Local
	6 a 18 meses	3 a 6 meses	1 a 3 meses
Antisarampionosa Antipoliomielítica	-15 °C A -25 °C		
DPT BCG TT	+4 °C A +8 °C		

Fuente: OPS. Manual de la Cadena de Frío. Pág. 6

### **3. PROPUESTA Y DISEÑO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA LAS REFRIGERADORAS**

#### **3.1 Verificación de la eficiencia del trabajo de mantenimiento en las unidades de salud**

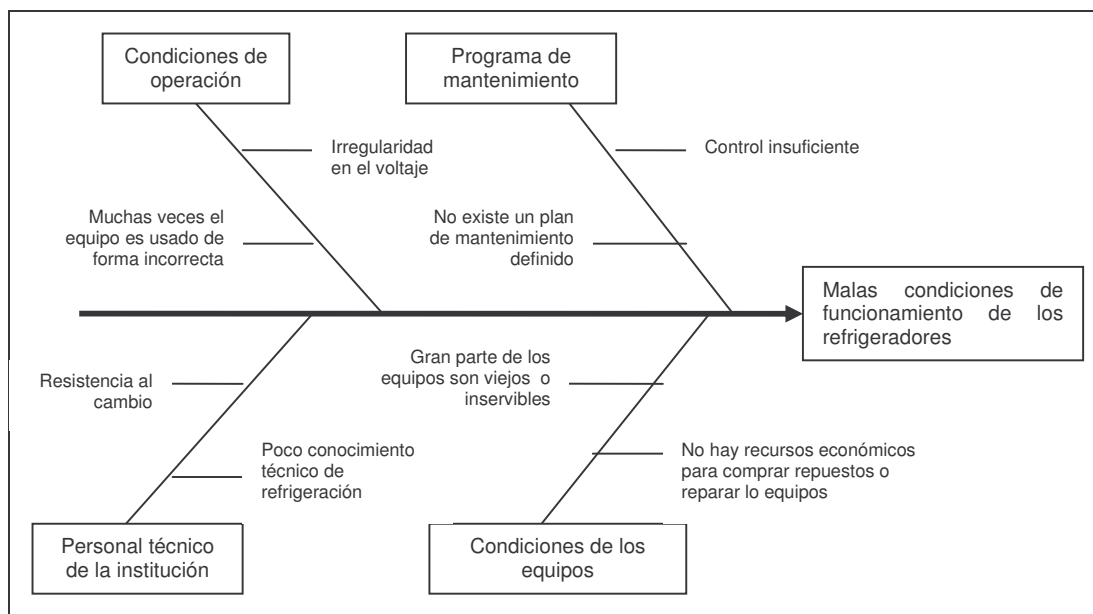
Antes de proponer cualquier tipo de norma de mantenimiento se ha hecho una evaluación del cuidado y uso que reciben los equipos de refrigeración actualmente, para esto se tomo el criterio de la calidad del servicio. La evaluación del funcionamiento que se ha mostrado en el capítulo anterior da la pauta para suponer que si el 35% de las refrigeradoras no se encuentra operando adecuadamente es por el mal uso y el escaso mantenimiento que se les da, sin embargo si existe un control por parte del personal de salud.

Se refirió que el control que se le proporciona al equipo consiste en una verificación de la temperatura a la cual operan las refrigeradoras al inicio y al final de la jornada de trabajo, con esto se determina si el equipo esta enfriando de buena forma o si existe alguna anomalía en él, en este último caso se reporta al departamento de mantenimiento para su reparación, lo que a veces lleva mucho tiempo. Además se cuenta con algunas publicaciones propias del ministerio y de algunas organizaciones, que se enumeran en el siguiente tema, donde se describen recomendaciones para el buen uso de los equipos, sin embargo estas no están a disposición de todo el personal de servicio.

Por las razones descritas anteriormente y por la importancia del buen funcionamiento de esta clase de equipo para los servicios que se prestan en salud pública es insuficiente el mantenimiento que reciben actualmente las refrigeradoras.

Una forma de ilustrar las causas posibles que afecten las condiciones de los refrigeradores, es a través de un diagrama de causa y efecto, como el que se muestra en la figura 24.

**Figura 24. Diagrama de causa y efecto de las condiciones de los refrigeradores.**



**Fuente. Elaborado por el autor.**

### **3.2 Revisión de manuales técnicos de cada equipo**

Cada aparato o maquina, sea cual fuere su naturaleza, debe incluir un manual técnico del fabricante, donde se especifican normas o indicaciones para que el usuario maneje de forma correcta el equipo, como por ejemplo la forma de instalarlo, la manera de operarlo correctamente, precauciones que el usuario debe tener, entre otras cosas. Por consiguiente todo refrigerador debe tener un manual al alcance del usuario, pues le será de gran utilidad para su manejo.



En los formularios donde se evaluaron las condiciones en que se encuentra el ministerio de salud en su área de refrigeración los encargados del equipo respondieron que ninguna de las refrigeradoras de los centros de salud posee un manual del fabricante, por lo que se entiende que algunas ocasiones a los equipos se les da un uso incorrecto o un mantenimiento poco adecuado según su sistema de operación. Esta situación se debe a muchas causas, una de ellas puede ser la irregularidad del fluido eléctrico en el interior del país, que afecta directamente a los equipos que funcionan con motor. Puede ser también que el equipo ya tiene muchos años de servicio o por descuido de las personas que operan los mismos. Incluso en las refrigeradoras domésticas o de uso industrial se presenta muy frecuentemente estos problemas.

Por la importancia de toda la información que los manuales del fabricante incluyen, en la elaboración de este programa de mantenimiento se le da lugar a indicaciones de buen uso para los refrigeradores y se recomienda siempre tener un manual que apoye al usuario en su manejo. Actualmente el ministerio cuenta con algunas publicaciones que bien podrían estar al alcance de los usuarios de los equipos, a continuación se enumeran algunas de estas publicaciones.

- a) Refrigeración, este manual fue elaborado por el departamento de capacitación y adiestramiento, por la división de ingeniería y mantenimiento y la oficina sanitaria panamericana; en 1995.
- b) Equipo de refrigeración, este manual fue publicado para la realización de un curso de refrigeración en 1994. Fue elaborado por el ministerio, la división de ingeniería y mantenimiento y el departamento de capacitación y adiestramiento.

- c) Refrigeración y aire acondicionado, esta publicación es un folleto mas elaborado que cuenta con los principios fundamentales, los componentes y el funcionamiento de los refrigeradores; fue elaborado también por el ministerio de salud.
  
- d) Cadena de frío, es un manual que describe de forma sencilla las operaciones que se siguen para la conservación, traslado y distribución de las vacunas. Además recomienda actividades para el mantenimiento y limpieza del refrigerador. Fue realizado por la organización panamericana de la salud (OPS).

Además se puede crear un historial para cada equipo de manera que si se presenta algún tipo de problema técnico sea posible determinarlo rápidamente y darle una solución de la manera mas conveniente, esto se logra si se cuenta con una base de datos del equipo y con manuales que respalden un mantenimiento tanto preventivo como correctivo.

### **3.3 Programa de capacitación para técnicos en salud**

La capacitación es parte indispensable para el desarrollo de un programa de mantenimiento, por lo que se debe prestar particular importancia a la organización de un curso básico para el mantenimiento del equipo.

#### **3.3.1 Organización del curso de capacitación**

La capacitación técnica esta dirigida especialmente para los técnicos de mantenimiento del Ministerio de Salud Publica, específicamente a los que tiene contacto directo con los equipos de refrigeración, esto debe ser de una forma sencilla para que el curso sea realmente aprovechado por todos.

La implementación del programa de mantenimiento dentro de una institución se fundamenta en el apoyo de las autoridades. Si las autoridades no están comprometidas, es imposible desarrollar un programa ya que inevitablemente en algún momento se requiere tomar decisiones que implican la asignación de recursos o la modificación de hábitos por parte del personal y si al llegar este momento no hay interés en efectuar los cambios el programa fracasará.

Esta propuesta se basa en que la jefatura del área metropolitana donde se desarrollará el programa, establezca una partida presupuestaria para la adquisición de repuestos y herramientas para desarrollar el plan de mantenimiento preventivo y correctivo dirigido al técnico.

Igualmente importante se debe capacitar al personal que tiene a su cargo el uso de las refrigeradoras. La capacitación es básicamente un proceso enseñanza – aprendizaje, que se convierte en la educación profesional que busca proporcionar adaptar al hombre para efectuar una tarea. Es un proceso educacional a corto plazo aplicado de manera sistemática y organizada, mediante el cual personas aprenden conocimientos, aptitudes y habilidades en función de objetivos definidos.

La capacitación implica la transmisión de conocimientos específicos relativos al trabajo, actitudes frente a aspectos de la organización, de la tarea ya sea compleja o simple.

Una buena evaluación de las necesidades de capacitación conduce a la determinación de objetivos de capacitación y desarrollo, por lo que estos objetivos deben estipular claramente los logros que se deseen y los medios de que se dispondrá, como instalaciones, personal técnico y recursos didácticos. Deben utilizarse como un marco de referencia para comparar la situación actual con la situación deseada. Si los objetivos no se logran, el departamento de capacitación de personal adquiere retroalimentación sobre el programa y los participantes.

El contenido de la capacitación involucra cuatro tipos de cambios de comportamiento:

- A. Transmisión de información. El elemento esencial en muchos programas de capacitación es el contenido: distribuir información entre los participantes del curso como los conocimientos requeridos de acuerdo a sus necesidades, a sus aptitudes, a los equipos existentes en el mercado, a las políticas y reglamentos existentes en los hospitales, centros y puestos de salud.
  
- B. Desarrollo o modificación de actitudes. Se refiere al cambio de actitudes negativas por actitudes más favorables entre los trabajadores, aumento de la motivación, desarrollo de la sensibilidad del personal administrativo y de supervisión, en cuanto a los sentimientos y relaciones de las demás personas. También puede involucrar e implicar la adquisición de nuevos hábitos y actitudes. Proporciona oportunidades para el continuo desarrollo personal, no sólo en cargos actuales. Todo esto con el afán de que los operadores del Ministerio trabajen con más deseos y estén conscientes de la importancia de su trabajo.

- C. Desarrollo de conceptos. La capacitación puede estar conducida a elevar el nivel de abstracción y conceptualización de ideas, ya sea para facilitar la aplicación de conceptos en la práctica o para elevar el nivel.
  
- D. Desarrollo de habilidades. Especialmente aquellas destrezas y conocimientos directamente relacionados con el desempeño del cargo actual o de posibles ocupaciones futuras: se trata de una capacitación orientada de manera directa a las tareas y operaciones que van a ejecutarse para facilitar la operación y mantenimiento de los equipos de refrigeración.

Estos cuatro tipos de contenido de capacitación pueden utilizarse separada o conjuntamente. Para el desarrollo del programa de capacitación se efectuarán de manera conjunta.

### **3.3.2 Contenidos del curso de capacitación**

El curso sugerido tiene una duración aproximada de 40 horas que se distribuyen en cinco días (ocho horas diarias), por lo que los temas a tratar se dividen en cinco unidades: nociones de fundamentales de refrigeración, Instalación y buen uso del equipo de refrigeración, mantenimiento preventivo y correctivo de los refrigeradores, práctica y retroalimentación del curso.

A continuación se describen más detalladamente los temas ha impartir en la capacitación para el personal:

## Unidad I

### **Nociones fundamentales de refrigeración**

- 1.1 Conceptos básicos
  - 1.1.1 refrigeración
  - 1.1.2 refrigerante
  - 1.1.3 tipos de refrigeradoras
- 1.2 Partes del refrigerador
  - 1.2.1 compresor
  - 1.2.2 evaporador
  - 1.2.3 condensador
  - 1.2.4 control de flujo
  - 1.2.5 líneas de refrigeración
- 1.3 Funcionamiento del refrigerador
  - 1.3.1 Ciclo de refrigeración
  - 1.3.2 Compresión
  - 1.3.3 Condensación
  - 1.3.4 Evaporación
  - 1.3.5 Sistema eléctrico del refrigerador

## Unidad II

### **Instalación y buen uso de las refrigeradoras**

- 2.1 selección del lugar donde instalar la refrigeradora
- 2.2 Nivelación de la refrigeradora
- 2.3 Indicaciones para el buen uso del equipo
- 2.4 Que no se debe hacer
- 2.5 Riesgos en el mal manejo del equipo
- 2.6 Normas de protección para el usuario

## Unidad III

### **Mantenimiento preventivo de las refrigeradoras**

- 3.1 Limpieza de la refrigeradora
- 3.2 Desinfección de la refrigeradora
- 3.3 Rutina de mantenimiento
  - 3.3.1 Descripción de actividades
  - 3.3.2 Periodicidad del mantenimiento
  - 3.3.3 Manejo de herramientas
- 3.4 Uso de fichas de control para cada equipo

## Unidad IV

### **Mantenimiento correctivo de las refrigeradoras**

- 1.1 Detección de fallas
  - 1.1.1 En el sistema eléctrico
  - 1.1.2 En el compresor
  - 1.1.3 En el condensador
  - 1.1.4 En el evaporador
- 1.2 Detección de fugas en las líneas de refrigeración
- 1.3 Reparación
- 1.4 Uso de herramientas
- 1.5 Uso de fichas para chequeo

## Unidad V

### Práctica y retroalimentación del curso de capacitación

En esta unidad los participantes de la capacitación tendrán que poner en práctica todo lo visto durante el curso, de tal forma que sirva como una especie de evaluación y reforzamiento de los temas tratados. Además se hará una evaluación del desempeño de cada trabajador, que se llevará a cabo mediante la reparación supervisada de los equipos que se encuentran en mal estado, según la evaluación realizada en el capítulo anterior, y se asignará de esta forma una calificación de acuerdo a su rendimiento.

#### **3.3.3 Recursos para la realización del curso**

Para llevar a cabo el curso se cuenta con el apoyo de la jefatura del área metropolitana que proporciona los recursos físicos, además se cuenta con la participación del personal de los servicios de salud y de técnicos del departamento de mantenimiento del ministerio como instructores, que serían el recurso humano.

Los recursos materiales que se necesitan para la realización del curso son los que se enumeran a continuación:

- las instalaciones para realizar el curso
- pizarrón
- marcadores o yeso
- un grupo de refrigeradoras de prueba
- repuestos para los equipos dañados
- equipo y herramienta para la reparación



- manuales de mantenimiento
- cuadernos de apuntes
- computadora
- diapositivas (para la presentación)
- cañonera
- pantalla de proyección

### **3.4 Diseño de fichas de control y registro para cada refrigerador**

Para llevar el registro y control del mantenimiento que se le da a cada refrigeradora se debe llevar una ficha, en esta se debe de especificar las actividades del mantenimiento por equipo, las fechas en que cada actividad se llevará a cabo y la periodicidad con que debe ser aplicada cada una de ellas de forma que el operario tenga presente un seguimiento adecuado del plan de mantenimiento para el equipó que este a su cargo.

#### **3.4.1 Modelo de las fichas**

Tomando en cuenta todos los aspectos que deben contemplarse para el mantenimiento de un equipo de refrigeración se propone el siguiente modelo que se da en las tablas VI y VII. Se trabajara con dos fichas, una para cada tipo de refrigeradora, absorción y compresión, pues el mantenimiento varia de acuerdo a la estructura de cada una.

Se recomienda que esta ficha de registro se coloque pegada a la puerta de la refrigeradora de manera que siempre se mantenga en un sitio visible y accesible para los operadores del ministerio como enfermeras, conserjes, etc. que manejen el equipo de refrigeración.

Tabla VI. Ficha de control para las refrigeradoras de absorción

Ubicación del centro de salud: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Marca: \_\_\_\_\_ Modelo: \_\_\_\_\_

Responsable: \_\_\_\_\_

Actividades	Mantenimiento diario																											
	Estado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
	Mañana																											
Registro de la temperatura	Tarde																											
Nivel de la refrigeradora	Correcto																											
	Incorrecto																											
Actividades	Mantenimiento semanal																											
	Primera semana	Segunda semana			Tercera semana			Cuarta semana																				
Limpieza del condensador																												
Limpieza de la chimenea																												
Actividades	Mantenimiento mensual																											
	Descongelar el evaporador																											
	Fecha de descongelamiento	Próxima fecha																										

Fuente. Diseñada por el autor.

Tabla VII. Ficha de control para las refrigeradoras de compresión

Ubicación del centro de salud: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Marca: \_\_\_\_\_ Modelo: \_\_\_\_\_

Responsable: \_\_\_\_\_

Actividades	Mantenimiento diario																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
Estado																											
Mañana																											
Tarde																											
Si																											
No																											
Adecuado																											
No adecuado																											
Actividades	Mantenimiento quincenal																										
Limpieza exterior y descongelamiento del evaporador	Primera semana													Tercera semana													
Revisión de conexión eléctrica																											
Limpieza del condensador, alatas y serpentín																											
Limpieza del motor																											

Fuente. Diseñada por el autor.

### 3.4.2 Instrucciones para su uso

Lo primero que hay que señalar es que las fichas están elaboradas para un registro mensual, por lo que hay que hacer algunas consideraciones, la primera de ellas es que se estará trabajando diariamente en el registro de las actividades de mantenimiento preventivo y será el usuario de la refrigeradora médico, enfermera, conserje, etc., quien deberá llenarla directamente, chequeando cada actividad realizada; en segundo lugar la ficha debe estar accesible en todo momento, por lo que se recomienda que este pegada a la puerta del refrigerador y por último las fichas que se hayan llenado anteriormente deben archivar para ir formando un expediente de cada equipo.

Los pasos a seguir para su uso son sencillos y se describen de la siguiente forma:

- a) Llenar el encabezado con los datos que se piden en la ficha que son la marca y modelo del equipo, a que centro de atención pertenece, responsable y el mes que corresponde.
- b) Para el mantenimiento diario se debe marcar con una X o con cualquier señal la actividad que se vaya realizando en las casillas que correspondan al día trabajado, en el caso de actividades de verificación se tienen dos opciones, si el refrigerador está trabajando en buenas condiciones o no, se debe marcar la casilla correspondiente.
- c) En el caso del mantenimiento semanal o mensual únicamente se debe chequear que la actividad fue realizada y escribir la fecha del próximo mantenimiento en la casilla correspondiente.

- d) Cualquier anomalía que se observe en la refrigeradora se debe anotar con la fecha en que se registro en el espacio donde dice observaciones para que el técnico tenga la información específica del problema.

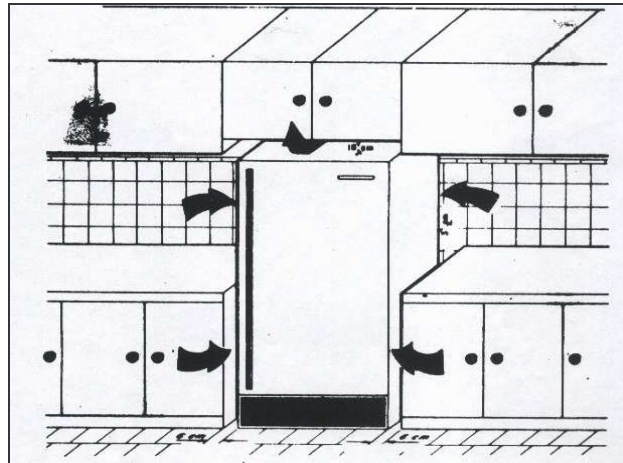
### **3.5 Instalación de refrigeradores**

Antes que proponer cualquier mantenimiento o actividad de limpieza se debe empezar por instalar de forma correcta los refrigeradores, esto para obtener su total rendimiento. A continuación se describen algunas recomendaciones para la instalación de un equipo de refrigeración.

- a) Un refrigerador instalado en forma adecuada debe estar separado de toda fuente de calor, no recibir la acción de rayos solares ni estar expuesto a corrientes de aire caliente originadas por puertas o ventanas abiertas.
- b) El piso sobre el cual se ubique debe tener resistencia suficiente para soportar el peso con su capacidad de carga máxima.
- c) El aparato debe estar próximo a un tomacorriente para 110 o 120 voltios, según la especificación del mismo.
- d) La línea de alimentación de corriente eléctrica no debe estar sobrecargada por la aplicación simultánea de otros electrodomésticos, por ejemplo equipo médico eléctrico en el caso de los puestos o centros de salud, o estufas eléctricas y hornos si se trata de una casa.

- e) El refrigerador siempre debe estar nivelado, para que el refrigerante circule con facilidad por los tubos. Después de que se haya cambiado la posición de un refrigerador, se debe esperar cierto tiempo (veinticuatro horas) para que el refrigerante se nivele nuevamente.
- f) El aparato debe ser controlado por medio de flipones o llaves térmicas que puedan desconectarlos. En caso que sea necesario el uso de una extensión, debe verificarse si la línea soporta la carga adicional.
- g) El refrigerador esta equipado con un condensador estático situado en la parte trasera del gabinete; por lo tanto al instalarlo se debe dejar un espacio mínimo de 15 centímetros entre éste y la pared.
- h) En la parte superior del gabinete el espacio libre debe ser de 15 centímetros como mínimo para permitir libre circulación del aire y obtener un funcionamiento adecuado del aparato.
- i) Para asegurar el correcto cierre y la alineación de la puerta, el gabinete debe ser ajustado en el momento de su instalación. Es importante que quede firmemente apoyado sobre el piso y con una pequeña inclinación hacia atrás. En la figura 25 se muestra la instalación adecuada para un refrigerador.

**Figura 25. Instalación correcta del refrigerador**



Fuente: Intecap. Refrigeración. Pág. 9

### **3.6 Elaboración de manuales**

En esta parte se desarrolla la idea de crear manuales técnicos para cada operador que tenga contacto con el equipo de refrigeración, estos serán un apoyo para estas personas y sus contenidos son fundamentales para que todos los que tengan acceso a ellos puedan entenderlos sin ninguna dificultad. Se trabajara con tres manuales que se describen en seguida.

#### **3.6.1 Manual de buen uso del equipo**

Este manual se refiere a la manera correcta de ubicar los alimentos o las vacunas dentro del refrigerador, para obtener su mejor rendimiento y contiene una serie de recomendaciones para el usuario de cualquier refrigerador y normas para que el equipo opere en óptimas condiciones. A continuación se describen algunas.

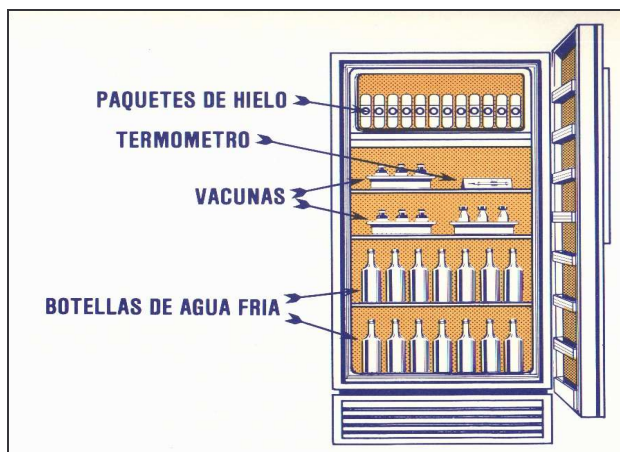
- a) Siempre mantenga las vacunas contra DPT, la toxina de tétano y la BCG en bandejas en el gabinete principal de almacenamiento del refrigerador. La temperatura correcta aquí debe ser de 4°C a 8°C.
- b) Nunca coloque las vacunas contra DPT o la toxina de tétano en el compartimiento de congelación. Si se congelan pierden sus propiedades. Entonces son irreversibles. Mantenga el diluyente en el gabinete principal de almacenamiento si tiene lugar.
- c) Siempre mantenga las vacunas contra el sarampión y la poliomielitis en el compartimiento de congelación. La temperatura aquí debe de ser bajo 0°C.
- d) Nunca mantenga vacunas en la puerta del refrigerador. La temperatura del refrigerador es más alta que 8°C. Las vacunas perderán su fuerza y serán inservibles.
- e) Siempre mantenga el mismo tipo de vacunas juntas en la misma bandeja. Cada ampolla debe tener el nombre de la vacuna.
- f) Use las vacunas más viejas antes que las nuevas. Por lo tanto se deben mantener las vacunas viejas en el frente del refrigerador y las nuevas en la parte de atrás.
- g) Almacene las vacunas ordenadamente en bandejas de metal. Si no tiene bandeja de metal puede usar cajas de cartón.



- h) Deje un espacio como de 5 cm. entre cada bandeja de vacunas. Esto permite que el aire frío circule por el refrigerador. Si el aire frío no puede moverse dentro del refrigerador la parte interna de este se torna caliente.
  
- i) Las vacunas no deben tocar las paredes ni la parte de atrás del refrigerador. Esto es muy importante para las vacunas DPT y la toxina de tétano, porque nunca deben congelarse. El refrigerador siempre debe estar nivelado, para que el refrigerante circule con facilidad por los tubos.

El ambiente interior de las refrigeradoras es frío y seco, debido a que el aire frío que circula pierde la humedad normalmente contenida en el aire por condensación, esto se muestra en la figura 26.

**Figura 26. Ubicación de las vacunas en el refrigerador.**



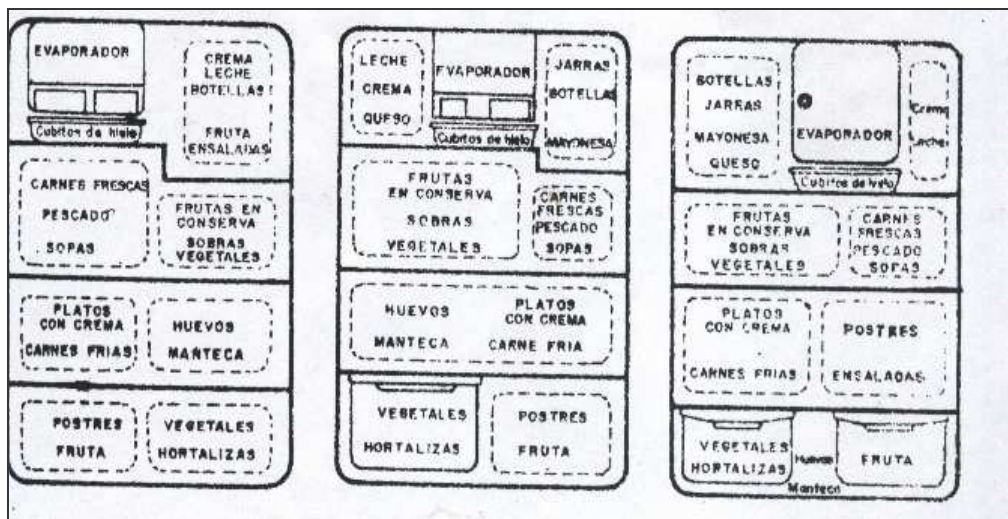
**Fuente: OPS. Manual de la Cadena de Frío. Pág. 36**

Sobre la parte exterior del refrigerador, esta la humedad del aire que pasa sobre este y lo recubre con una capa de escarcha. El aire frío que proviene del evaporador es seco y por tanto, absorbe la humedad contenida en los alimentos, humedad que a su vez es extraída del aire por condensación sobre el evaporador. Este ciclo de la humedad de los alimentos se repite.

Como ciertos alimentos pierden parte de sus condiciones de sabor y aspecto si se deshidratan, se les debe cubrir y colocar en recipientes cerrados, cuando van a permanecer en el refrigerador. Los recipientes de plástico, loza, vidrio o metal, con tapas o cubiertos con papel celofán o parafinado, son los mas indicados para guardar dichos alimentos.

En la figura 27 puede verse la distribución correcta de los diversos alimentos, en tres diferentes tipos de refrigeradores domésticos.

Figura 27. Distribución correcta de alimentos en el refrigerador.



Fuente: Intecap. Manual de refrigeración. Pág. 7

Cuando se quiere un enfriamiento rápido, no se deben guardar en la heladera con su envoltura original puesto que el papel o el cartón lo impiden. Cuando sean alimentos que no conviene que se deshidraten, se colocarán en la nevera sin ninguna protección hasta que se enfríen y luego se protegen para guardarlos el tiempo necesario.

Las frutas como los plátanos no deben guardarse en la nevera, pues si están maduros, al someterlos al frío, se descomponen muy rápido; si se introducen verdes resultan poco digeribles. Las frutas de grano como cerezas, uvas, moras, etc. No deben lavarse antes de colocarse en el refrigerador, sino cuando se van a comer. Duraznos, manzanas y demás frutas y alimentos de olor fuerte y penetrante, deben cubrirse antes de colocarse en el refrigerador.

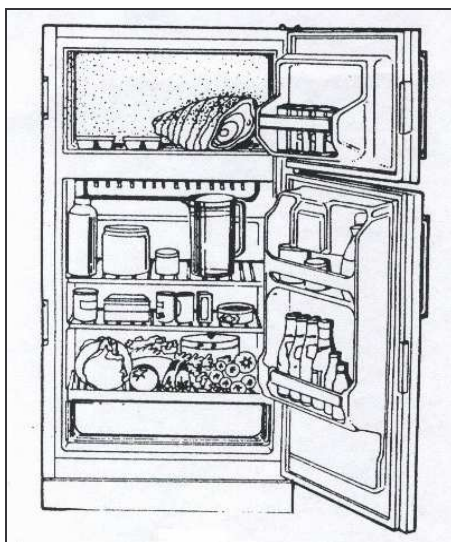
Las carnes deben de ser desenvueltas antes de guardarlas y se colocan en la bandeja de congelación del evaporador, o en un estante próximo a este. Si han de estar guardadas más de cinco horas, se cubren después del primer enfriamiento para evitar su posterior deshidratación.

Las verduras en general y particularmente la lechuga y el apio, se conservan mejor en la heladera si están frescas, y su sabor es mas agradable si en el momentos de servir las están quebradizas; antes de guardarlas deben lavarse con agua fría y colocarse dentro del gabinete, en recipiente cubierto.

La manteca, la leche y la crema son susceptibles de absorber olores de otros alimentos que pueden modificar su sabor natural. La manteca debe guardarse envuelta en papel parafinado o celofán. La leche y la crema se recomienda que estén guardadas en botellas o recipientes cerrados.

Para impedir olores desagradables dentro del gabinete, evítese almacenar durante mucho tiempo alimentos de olor fuerte como salsas a base de ajo, carnes adobadas, ensaladas con vinagre, etc. se muestra en la figura 28. Una vez por semana debe retirarse todo lo guardado en el refrigerador, descongelar el evaporador y limpiar bien los estantes, bandejas, etc. (ver procedimiento en pagina 91).

**Figura 28. Distribución de alimentos en un gabinete domestico.**



**Fuente: Intecap. Manual de refrigeración. Pág. 6**

### **3.6.2 Manual de normas de seguridad**

Las normas que deben seguirse como seguridad del operario deben entrar siempre en cualquier programa de mantenimiento de equipo, principalmente cuando se trata de equipos eléctricos. Se proponen las normas básicas de seguridad para los usuarios de las refrigeradoras a continuación.

En primer lugar todo equipo que tenga motores eléctricos, contactores, transformadores, etc., como es el caso de las refrigeradoras de compresión, debe instalarse puestas a tierra. Al contratista o persona que instale un equipo en el área de refrigeración es obligatorio exigirle que conecte la puesta a tierra y que este cumpla con las normas establecidas. Una buena puesta tierra evita que:

- a) Que en caso de una falla del sistema eléctrico las descargas no pasen a través de las personas.

- b) Los sistemas de protección eléctrica actúan inmediatamente si se presenta una falla eléctrica, de esta manera evita accidentes no solo en las personas sino también en los equipos.
  
- c) Además de la puesta a tierra todo técnico de refrigeración debe contar con un equipo básico de seguridad compuesto por casco, anteojos y de preferencia zapatos de hule. Se recomienda que en el caso de que exista humedad en el piso se usen zapatos de suela de hule, porque el hule es mal conductor de la electricidad.

### **3.6.3 Manual de diagramas**

Por medio de los diagramas en muchas ocasiones se facilita la comprensión de determinadas situaciones, por esta razón se propone la elaboración de un manual que cuente no solo con la descripción de la actividad de mantenimiento sino también con un dibujo por cada actividad propuesta, de tal manera que facilite la comprensión del lector para la aplicación de la rutina en el equipo de refrigeración.

### **3.7 Materiales a utilizar para la limpieza de la refrigeradora**

Como parte del un programa de mantenimiento, se deben tener a disposición una serie de materiales para trabajar. En este caso por tratarse de un mantenimiento preventivo, la mayoría de materiales son para limpieza y desinfección del equipo de refrigeración. A continuación se describen los materiales mínimos para trabajar el programa de mantenimiento propuesto.

- lija fina (para la limpieza del condensador)
- cinta de aislar
- termostato
- resistencias eléctricas
- cepillo plástico con mango
- bicarbonato de sodio
- jabón o detergente suave
- espigas

### **3.8 Rutina de mantenimiento propuesta**

La manera en que se presenta el programa es diferenciando las rutinas de acuerdo al tipo de refrigerador ya sea de compresión o absorción. Se incluye también indicaciones para la instalación del equipo, para la detección y corrección de fallas y sobre todo una rutina de mantenimiento preventivo.

Cada actividad que se propone para la rutina de mantenimiento incluye el tiempo en el que debe llevarse a cabo. Posteriormente aparece una lista de materiales que se usaran para el mantenimiento del equipo.

### **3.9 Descripción del procedimiento**

A continuación se describen las actividades de mantenimiento para el equipo. Este procedimiento se ilustra a través de figuras para facilitar su comprensión.

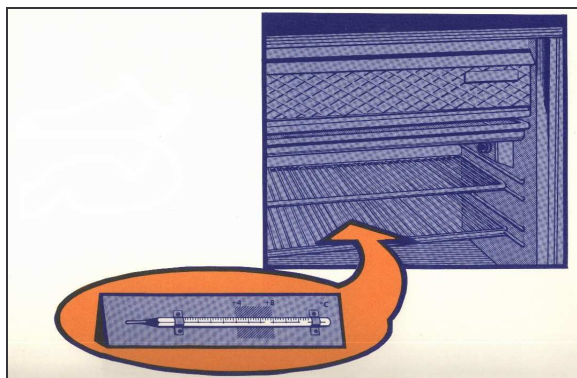
### 3.9.1 Descripción de actividades y periodicidad del mantenimiento

#### A. Mantenimiento diario

1. Verificar la temperatura interior del refrigerador la cual debe mantenerse entre 4°C y 8°C.

- Todos los días verificar la temperatura interior de la refrigeradora con un termómetro, el cual puede ubicarse en el estante del centro. Si la temperatura no se mantiene entre +4°C y +8°C, se debe procurar solucionar de inmediato este problema ajustando la temperatura por medio del termostato (ver figura 29)

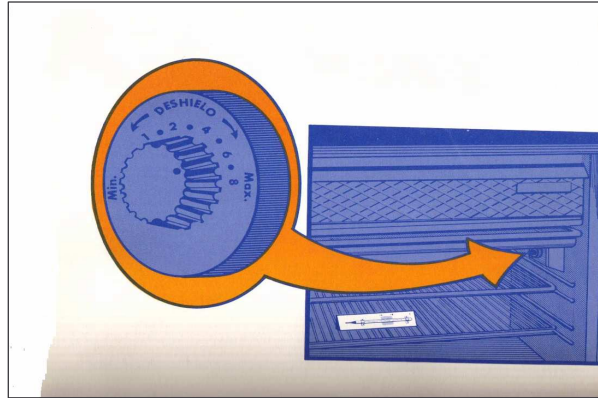
**Figura 29. Verificación de temperatura con termómetro.**



**Fuente: OPS. Manual de la Cadena de Frío. Pág. 19**

- Si ajusta la temperatura de la refrigeradora, se debe esperar una hora para verificar el cambio en el termómetro. La temperatura adecuada para conservar las vacunas es siempre entre +4°C y +8°C (ver figura 30).

**Figura 30. Ajuste del termóstato.**



**Fuente: OPS. Manual de la Cadena de Frío. Pág. 18**

2. Registrar la temperatura en el formulario propuesto.

- El formulario se debe mantener cerca del refrigerador (de preferencia pegado en la puerta).
- Todos los días se debe llenar el formulario con el registro de la temperatura, tanto en la mañana como en la tarde (ver figura 31)

**Figura 31. Registro en la ficha de control.**

TABLITA DE CONTROL DE LA REFRIGERADORA		MARCA Y TIPO DE LA REFRIGERADORA		NOMBRE Y UBICACION DEL ALMACEN																															
				NOMBRE DEL ENCARGADO																															
MES	AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31			
TEMPERATURA mañana																																			
TEMPERATURA tarde																																			
HORAS																																			
Temp. al accionarse																																			
ARREGLIADO																																			
TANQUE LLENDO																																			
FILTROS ADSORBIENTES																																			
EMBRERA NUEVA																																			
Y CHAVETA																																			
MECHA NUEVA																																			
VIDEO NUEVO																																			
CILINDRO NUEVO																																			
LAMPARA ROTORILE																																			

**Fuente: OPS. Manual de la Cadena de Frío. Pág. 40**



### 3. Limpieza exterior del gabinete

- Con un paño húmedo no abrasivo limpiar toda la superficie exterior del gabinete, de manera que todo el polvo y la suciedad sean removidas del refrigerador.

### 4. Comprobar que todas las conexiones eléctricas funcionen correctamente, especialmente la espiga.

- Inspeccionar el cable del tomacorriente que no este roto y que la clavija posea sus tres contactos (uno polarizado) así mismo que haya un buen contacto con el tomacorriente de pared (ver figura 32).

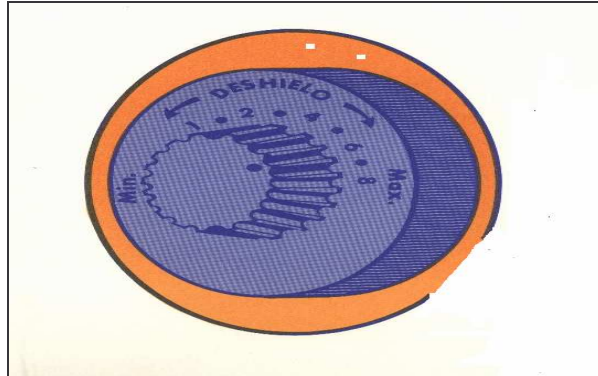
**Figura 32. Revisión de la espiga eléctrica.**



**Fuente: OPS. Manual de la Cadena de Frío. Pág. 25**

- Verificar el disco de control del termostato que gire libremente y posea rotulada su escala correspondiente (ver figura 33).

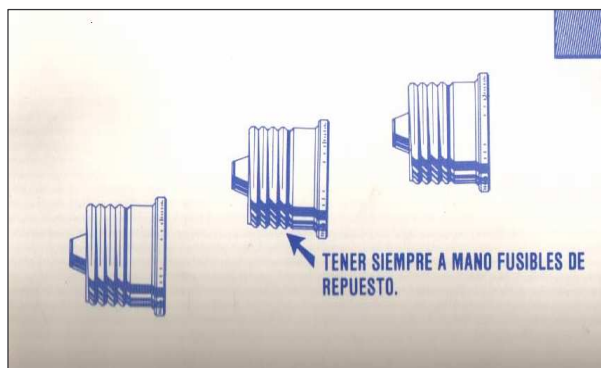
**Figura 33. Verificación del termostato.**



**Fuente: OPS. Manual de la Cadena de Frío. Pág. 18**

- Si el suministro de electricidad cambia se debe utilizar un estabilizador de voltaje, este permite que la cantidad correcta de electricidad pase al elemento eléctrico. El cable del elemento eléctrico sale del estabilizador de voltaje al toma corriente de la pared.
- Accionar el switch de puerta de la luz para verificar si apaga y enciende al maniobrar la puerta.
- Siempre se debe contar con repuestos de flipones o cables (ver figura 34)

**Figura 34. Repuestos eléctricos del refrigerador.**

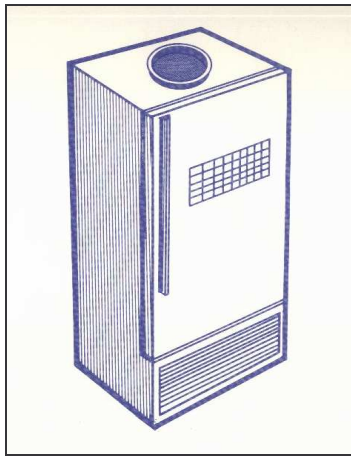


**Fuente: OPS. Manual de la Cadena de Frío. Pág. 25**

5. Verificar el nivel de la refrigeradora.

- Una manera sencilla de comprobar si existe algún desnivel en el piso es colocar sobre la refrigeradora un plato con agua y observar la posición del líquido (ver figura 35).

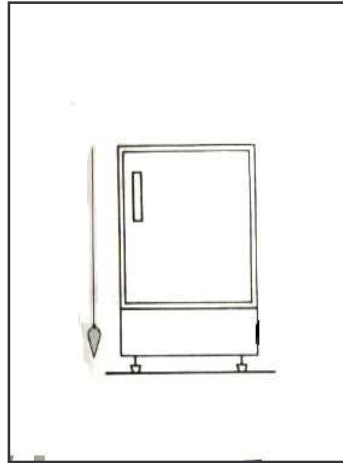
**Figura 35. Verificación del nivel del refrigerador.**



**Fuente: OPS. Manual de la Cadena de Frío. Pág. 10**

- Otra forma de comprobar el nivel de la refrigeradora es por medio de la plomada, para esto se necesitan dos personas. Una persona sostiene la plomada cerca de uno de los lados o del frente del refrigerador, la otra persona se para a un metro de distancia del refrigerador para comprobar que la plomada y el lado o el frente del refrigerador estén paralelos (ver figura 36).

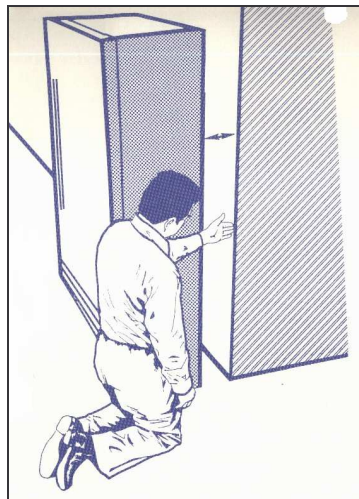
**Figura 36. Verificación del nivel del refrigerador.**



**Fuente: Jonathan Elford. Como cuidar su refrigerador. Pág. 6**

- También se debe revisar la distancia que hay entre la pared y el refrigerador, como mínimo debe estar a 15 centímetros de distancia de la pared y el techo. Esto se puede comprobar con una regla, cinta métrica o simplemente con la mano (ver figura 37).

**Figura 37. Verificación de la distancia de la pared.**



**Fuente: OPS. Manual de la Cadena de Frío. Pág. 9**

## B. Mantenimiento quincenal

6. Limpiar la parrilla vertical del condensador en la parte de atrás del refrigerador con un cepillo.
  - El condensador y la unidad de potencia situadas en la parte posterior de la unidad deberán ser limpiadas con un cepillo o un plástico para mantener las superficies libres de polvo que no permite la libre transferencia de calor al ambiente y por lo tanto reduce la eficiencia del equipo (ver figura 38).

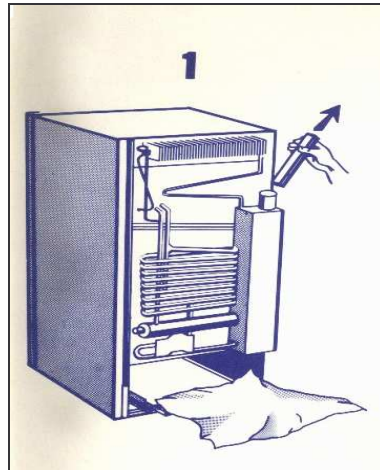
**Figura 38. Limpieza del condensador.**



**Fuente: OPS. Manual de la Cadena de Frío. Pág. 23**

7. Si el refrigerador es de absorción, se debe limpiar el tubo de conducción, el deflector, el quemador y recortar la mecha.
  - Hale el tanque y el quemador debajo del tubo de conducción.
  - Colocar papel en el suelo bajo el tubo de conducción para recoger la suciedad (ver figura 39).

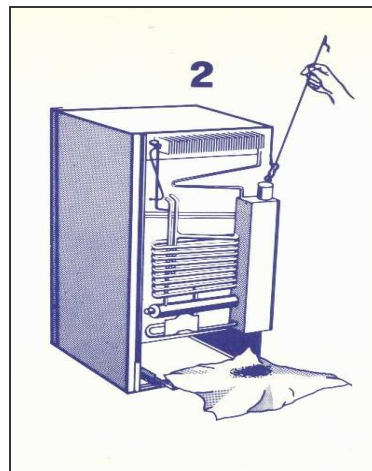
**Figura 39. Limpieza del tubo de conducción.**



**Fuente: OPS. Manual de la Cadena de Frío. Pág. 33**

- Halar el alambre con el deflector por arriba y fuera del tubo de conducción (ver figura 40).
- Meter el cepillo dentro del tubo de conducción y moverlo de arriba hacia abajo varias veces. Se debe hacer girar el cepillo para que remueva la suciedad de los lados del tubo de conducción.

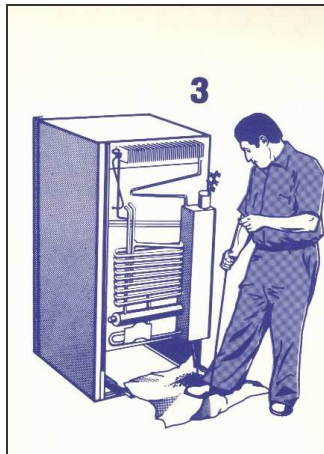
**Figura 40. Limpieza del tubo de conducción.**



**Fuente: OPS. Manual de la Cadena de Frío. Pág. 33**

- Quitar el papel con la suciedad debajo del tubo de conducción.
- Si todo esta limpio se enciende la mecha y se coloca el tanque de combustible nuevamente bajo el gabinete de almacenamiento (ver figura 41).

**Figura 41. Limpieza del tubo de conducción**

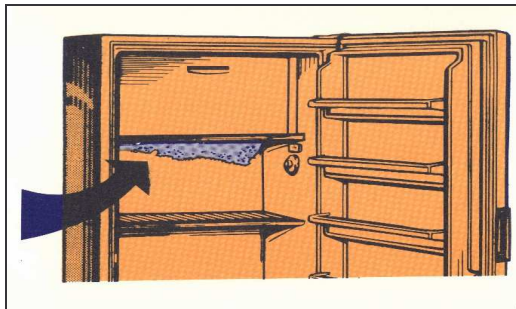


**Fuente: OPS. Manual de la Cadena de Frío. Pág. 33**

8. Descongelar el evaporador y limpieza interior: la limpieza interior del refrigerador se debe hacer cada mes si es posible, si el equipo no esta equipado con un dispositivo de descongelamiento automático (*no frost*). Si la humedad en el interior de estas unidades es muy elevada y la formación de hielo es muy rápida, entonces hay que hacerlo más frecuentemente. El procedimiento a seguir es el siguiente:
  - Apagar la unidad utilizando el interruptor interno. Posteriormente se debe desconectar. Si es posible se debe desocupar en su totalidad el refrigerador y se permite que el interior del mismo alcance la temperatura ambiente dejando la puerta abierta. Luego se procede a remover el hielo.

- Se lava el interior con una solución de agua y bicarbonato de sodio utilizando un atomizador. Nunca se debe usar compuestos abrasivos como gasolina, éter, alcohol, cloro, etc. En las superficies de aluminio, pues lo corroe.
- Después se debe enjuagar el interior con agua limpia y secar. Las partes removibles (repisas, gavetas, etc.) pueden ser lavadas con agua tibia con jabón (ver figura 42).

**Figura 42. Formación de hielo en el evaporador.**



**Fuente: OPS. Manual de la Cadena de Frío. Pág. 33**

9. Revisar cierre hermético de la puerta.

- Colocar una tira de papel delgado entre el marco y la puerta.
- Cerrar la puerta y tirar del papel (ver figura 43).

**Figura 43. Revisión del empaque de la puerta.**



**Fuente: OPS. Manual de la Cadena de Frío. Pág. 24**



- Si este sale fácilmente o se cae por si solo, el empaque del marco de la puerta puede estar sucio, necesitar ajuste o estar dañado (ver figura 44).

**Figura 44. Revisión del empaque de la puerta.**



**Fuente: OPS. Manual de la Cadena de Frío. Pág. 24**

- Repetir el mismo procedimiento a lo largo del marco de la puerta, sobre todo en las esquinas.
- Si el empaque de la puerta necesita reemplazo, lo más conveniente es llamar al técnico para que lo haga.

10. Limpieza y remoción de polvo de la parte trasera del refrigerador.

### **3.9.2 Descripción de herramientas básicas de mantenimiento**

El desarrollo de conjuntos de herramientas para técnicos depende del alcance de las necesidades. Esto variará algo dependiendo si el técnico tiene que ver con la instalación o con el servicio de reparaciones. Considerando todo esto a continuación se hace una pequeña descripción de herramientas de uso común para todo técnico de un equipo de refrigeración.

- a) **Alicates:** son las herramientas mas frecuentemente utilizadas y disponibles en muchos tipos, el de uso general es el alicate familiar de junta deslizante. Es recomendable tener además el alicate de junta curva y de junta de arco que es necesario para trabajar con objetos grandes y para sostener la tubería; el alicate de seguridad o de presión a menudo se necesita para sujetar objetos dejando libre la mano del operario.
- b) **Destornilladores:** Son instrumentos de hierro u otra materia, que sirven para destornillar y atornillar. Los atornilladores de punta phillips son necesarios donde se utilizan tornillos con cabeza phillips. Son más comunes en la fase de trabajo eléctrico durante el montaje de refrigeración.
- c) **Cepillos:** Se recomienda el uso de cepillos de alambre para limpiar el interior de los tubos y accesorios. Pueden ser de tamaños de  $\frac{1}{4}$  de pulgada a  $2 \frac{1}{8}$  pulgada para adaptarse al exterior del diámetro de los accesorios soldados. También es útil un cepillo para pintura para limpiar polvo o partículas en los interiores del refrigerador.
- d) **Multímetro:** Es un instrumento que permite medir varias magnitudes eléctricas, como la intensidad, la tensión y la resistencia. Es indispensable para la verificación de las condiciones del sistema eléctrico de las refrigeradoras.

- e) **Pinzas:** Son instrumentos de metal, a manera de tenacillas, que sirven para coger o sujetar cosas pequeñas. Se usan especialmente en los trabajos de precisión.

Además de herramientas manuales los operadores de refrigeración necesitan un conjunto de accesorios o insumos que requerirán reemplazo periódico como: cinta de aislar, lana, cinta de teflón, solvente; no son recomendables la gasolina ni el tetracloruro de carbón.

### **3.10 Análisis de limitaciones y desventajas del nuevo programa**

- a) La principal limitación que presenta el programa desarrollado es que el número de empleados que tiene una función de mantenimiento, y que tiene conocimientos de electricidad y refrigeración en el área metropolitana es de tan solo dos personas, lo cual es insuficiente para cubrir las necesidades de las ciento veintidós unidades de salud.

Por esta razón se pretende capacitar a técnicos, enfermeras, conserjes o pilotos que trabajen en dichas unidades y darles los conocimientos básicos que les permita realizar lo indispensable para mantener el equipo en buenas condiciones, o por lo menos que sepan evaluar el daño que presenta el equipo.

- b) Otra desventaja es que los recursos económicos y materiales con que se cuentan son escasos, tanto para el curso de capacitación como para la aplicación del programa en las refrigeradoras, no existen en inventario repuestos, por lo que en ocasiones se tendría que buscar un financiamiento por parte de la institución para llevar a cabo el plan de mantenimiento.

Debido a las condiciones anteriores la implementación del programa de mantenimiento se hará de la siguiente forma: el curso se dará en una semana con un número reducido de técnicos en las instalaciones de la Jefatura de área y el plan de mantenimiento será aplicado únicamente a un grupo de refrigeradoras que servirán como piloto para la posterior implementación en toda el área metropolitana, para esto el ministerio proporcionara los repuestos necesarios.

## **4. IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA REFRIGERACIÓN**

### **4.1 Implementación del programa en unidades de prueba**

Para implementar el programa de mantenimiento se han definido dos etapas; la primera de ellas fue la evaluación del equipo actual a través de los formularios que se presentaron anteriormente, además en esta etapa se revisaron directamente las unidades que se habían reportado defectuosas en la evaluación, de esta manera se desea ubicar las fallas particulares de cada equipo y planificar su reparación.

La segunda etapa consiste en la reparación propiamente de los refrigeradores, que se llevara a cabo durante el curso para los técnicos. Con esta segunda etapa se busca transmitir a los técnicos los fundamentos del nuevo programa de mantenimiento y a su vez reparar o reponer el equipo que se reporto dañado durante la evaluación en el área metropolitana.

### **4.2 Mantenimiento correctivo de las refrigeradoras**

El mantenimiento correctivo implica la revisión del funcionamiento de los equipos y corregir las fallas que se dan en los mismos. Esto se hace con el fin de detectar cualquier tipo de falla que este presente en el equipo, repararla, cambiar la pieza o si el caso lo amerita cambiar definitivamente el equipo de refrigeración.

### 1.2.1 Localización de fallas en los equipos

El procedimiento que se propone para el mantenimiento correctivo de los refrigeradores se describe en la tabla VIII, donde se especifica el tipo de falla que se puede encontrar, las posibles causas de esta y las medidas a tomar para corregir el problema.

#### a) El compresor no arranca

**Tabla VIII. Evaluación del compresor**

Posibles causas	Indicaciones
Conductor de corriente desconectado, o aislados los bornes del tomacorriente. Ausencia de corriente en la toma	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Verificar la conexión del conductor o sustituir el tomacorriente.</li><li>➤ Verifique con un voltímetro si hay corriente. Examinar los flipones correspondientes a la línea.</li></ul>
Termostato desconectado o los platinos no cierran.	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Girar el botón de control en sentido horario</li><li>➤ Colocar un puente entre los terminales del termostato. Si el compresor arranca, el termostato tiene defectos y debe ser sustituido.</li></ul>
Relé o protector térmico	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Evite el relé y el protector térmico y de arranque directo al compresor. Si este arranca verifique el relé y el protector térmico, separadamente usando el ohmnímetro. Luego sustituir el elemento defectuoso.</li></ul>
Conexiones flojas	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Verificar el circuito, desde la entrada de corriente hasta el compresor usando el diagrama cableado como guía.</li></ul>
Arrollamientos del motor abiertos, en corto circuito o a tierra.	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Verificar el arrollamiento con un ohmnímetro, sustituir el compresor si se comprueba defectos en el mismo.</li></ul>
Compresor engripado o quemado	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Arrancar el compresor en forma directa. Si no arranca se debe sustituir.</li></ul>

Fuente: Intecap. Refrigeración. Pág. 18

b) El compresor trabaja pero no hay refrigeración o la misma es insuficiente

**Tabla IX. Revisión del enfriamiento del refrigerador.**

Posibles causas	Indicaciones
Restricción por humedad	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Se caracteriza por la formación de una compacta capa de nieve alrededor de la entrada del evaporador.</li> <li>➤ Se debe dar calor a la parte afectada.</li> <li>➤ Si la línea congelada se desprende hacia el frente, a lo largo del evaporador, luego de haber dado calor, la restricción posiblemente fue causada por el congelamiento de la humedad.</li> <li>➤ Se debe sustituir la unidad.</li> </ul>
Restricción permanente	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Verificar la posible restricción por humedad.</li> <li>➤ Verificar las tuberías, dobleces y averías.</li> <li>➤ Sustituir la unidad.</li> </ul>
Carga de refrigerante insuficiente o inexistente	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Verificar las posibles fugas.</li> <li>➤ En caso de que existan fugas se debe sustituir la unidad.</li> </ul>
Compresor con capacidad baja o inexistente	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Verificar la potencia en la tabla de funcionamiento de la refrigeradora.</li> <li>➤ No considerar el compresor como que representa baja capacidad, hasta eliminar posibles restricciones o carga insuficiente.</li> </ul>
Restricción en el condensador por residuos	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Limpiar el condensador y pasajes de aire con un aspirador de polvo o pincel.</li> </ul>
Obstrucción de aire en la parte superior o posterior del gabinete	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Limpiar el condensador en la parte posterior del gabinete.</li> <li>➤ Verificar si hay 15 cm. de espacio libre para la circulación del aire en la parte posterior del gabinete.</li> </ul>

Fuente: Intecap. Refrigeración. Pág. 19

c) El compresor se desconecta por el protector térmico

**Tabla X. Revisión del protector térmico del compresor**

Posibles causas	Indicaciones
Alto o bajo voltaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ El voltaje para el arranque del compresor debe ser de 110 o 220 voltios. Bajo voltaje puede producir arranques falsos.</li> <li>➤ Alto voltaje puede causar recalentamiento del compresor.</li> <li>➤ Se debe corregir las condiciones del voltaje por medio de un transformador.</li> </ul>
Restricción en el condensador a causa de residuos	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Limpie el condensador y pasajes de aire con un aspirador de polvo o con un pincel.</li> </ul>
Obstrucción de aire en la parte superior o posterior del gabinete	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Limpie el condensador en la parte posterior del gabinete y verifique si hay 15 cm. para circulación de aire en la parte superior del gabinete.</li> </ul>
Rele o protector térmico en mal estado	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Sustituir por otros elementos en buen estado.</li> </ul>
Corto circuito en el arrollamiento del motor	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Verificar el arrollamiento con un ohmnimetro.</li> <li>➤ Sustituir el compresor si el motor esta defectuoso.</li> </ul>
Carga excesiva	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Verificar la existencia de alta potencia y si la línea de succión esta congelada.</li> <li>➤ Sustituir el refrigerador.</li> </ul>
Compresor fundido	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Sustituir el compresor.</li> </ul>

**Fuente: Intecap. Refrigeración. Pág. 20**



d) Compartimiento del congelador con frío insuficiente

**Tabla XI. Verificación del funcionamiento del congelador**

Posibles causas	Indicaciones
Termostato ajustado para poco frío	➤ Girar el botón del termostato para un número más alto.
Tubo capilar ubicado en forma incorrecta	➤ Verificar si el tubo capilar está cubierto por el protector térmico y adecuadamente ubicado.
Termostato descalibrado o inoperante	➤ Verificar las temperaturas “conectado” y “desconectado” del termostato. ➤ Sustituir el termostato si es necesario.
Aperturas excesivas de las puertas, colocación de paños en los estantes o deflector en posición de deshielo.	➤ Seguir las instrucciones que se dan en el capítulo 3 en el buen uso del refrigerador.
Aislamiento deficiente de la puerta, o bien esta no cierra adecuadamente.	➤ Ajustar la puerta para obtener el aislamiento adecuado. ➤ Verificar el empaque y cerrar adecuadamente la puerta.
Acumulación excesiva de hielo en el evaporador	➤ Descongele el refrigerador periódicamente.
Luz del gabinete	➤ Verificar que el interruptor de la puerta desconecta la lámpara del interior cuando está cerrada. ➤ Sustituir o ajustar el interruptor.
El compresor no arranca	➤ Verificar el inciso 1 de esta unidad.
El compresor trabaja continuamente	➤ Verificar el inciso 2 de la presente unidad y realizar las indicaciones que se dan.

Fuente: Intecap. Refrigeración. Pág. 20

### e) Compartimiento del congelador excesivamente frío

**Tabla XII. Reparación del compartimiento del congelador**

Posibles causas	Indicaciones
Termostato ajustado para temperatura muy fría.	➤ Girar el botón del termostato para un número mas bajo.
Tubo capilar mal posicionado	➤ Observar si el tubo capilar esta en posición correcta.
Termostato descalibrado o inoperante	➤ Verificar las temperaturas de conectado y desconectado, del termostato. ➤ Sustituir el mismo si es necesario.

Fuente: Intecap. Refrigeración. Pág. 21

### f) Compartimiento del refrigerador excesivamente frío

**Tabla XIII. Verificación del enfriamiento del refrigerador.**

Posibles causas	Indicaciones
Termostato ajustado para temperatura muy fría	➤ Girar el botón del termostato hacia un número mas bajo.
Tubo capilar mal posicionado	➤ Verificar que el tubo capilar se encuentra en posición correcta.
Termostato descalibrado o inoperante	➤ Verificar las temperaturas en conectado y desconectado. ➤ Sustituir el mismo si es necesario.

Fuente: Intecap. Refrigeración. Pág. 21

### g) Agujas de hielo en la parte superior interna del congelador

**Tabla XIV. Revisión de formación de hielo en el evaporador.**

Posible causa	Indicaciones
Termostato desregulado, no diferencial	1. Sustituir el termostato

Fuente: Intecap. Refrigeración. Pág. 21

## h) Compartimiento del refrigerador con frío insuficiente

**Tabla XV. Reparación del gabinete del refrigerador**

Posibles causas	Indicaciones
Termostato ajustado par temperatura poco fría	➤ Girar el botón del termostato para un número más alto.
Tubo capilar mal posicionado	➤ Verificar si el tubo capilar esta correctamente posicionado y en perfecto contacto con el evaporador.
Termostato descalibrado o inoperante	➤ Verifique las temperaturas de conectado y desconectado del termostato. ➤ Sustituir el mismo si es necesario.

Fuente: Intecap. Refrigeración. Pág. 22

## i) Humedad externa (transpiración)

**Tabla XVI. Verificación de la humedad externa.**

Posibles causas	Indicaciones
Placa junta al gabinete	➤ La humedad alrededor de la puerta del gabinete puede ser causada por el mal funcionamiento del compensador de la placa del gabinete o por la falta de contacto entre éste y el gabinete. ➤ Se debe verificar el compensador presionado sobre el canal dispuesto para hacer contacto sobre el gabinete.
Cierre de la puerta	➤ Ajustar la puerta para el cierre correcto de la misma. ➤ En caso de persistir el problema se debe sustituir el burlete.
Soporte del compartimiento. Congelador rajado	➤ Sustituir el congelador.

Fuente: Intecap. Refrigeración. Pág. 22

j) La puerta no cierra o no aísla

**Tabla XVII. Revisión del nivel de la puerta.**

Posible causa	Indicaciones
Burletes desplazados	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Ajustar las bisagras y aplicar calces si es necesario.</li><li>➤ Verificar la posición de los burletes.</li></ul>
Puerta inclinada	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Quitar los estantes del panel interno de la puerta.</li><li>➤ Aflojar los tornillos que fijan el burlete.</li><li>➤ Realizar el ajuste de la puerta.</li></ul>

**Fuente: Intecap. Refrigeración. Pág. 23**

k) Olores extraños en los alimentos

**Tabla XVIII. Recomendaciones para almacenar los alimentos.**

Posibles causas	Indicaciones
Alimentos olorosos	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Conservar los alimentos cubiertos.</li><li>➤ Limpiar los compartimentos del refrigerador y el congelador, con una solución de bicarbonato de sodio y agua.</li></ul>
Plásticos con calor	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Verificar el posible contacto entre resistencias y plásticos o componentes aislantes, que puedan desprender olores.</li></ul>
Acumulación del agua en el drenaje	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Limpiar el drenaje.</li></ul>

**Fuente: Intecap. Refrigeración. Pág. 23**

l) Aislamiento mojado

**Tabla XIX. Verificación de humedad en el aislamiento.**

Posibles causas	Indicaciones
Gabinete desnivelado	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Nivelar el gabinete.</li> <li>➤ Verificar que el mismo este solidamente apoyado en sus cuatro pies niveladores.</li> </ul>
Retorno de gas refrigerante, por la línea de succión de la unidad sellada	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Sustituir la unidad sellada.</li> </ul>
Uso inadecuado por parte del operador	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Instruir al usuario en lo que se refiere a la limpieza interna.</li> <li>➤ Utilizar siempre un paño húmedo, nunca lavar.</li> </ul>
Obstrucción del colector del drenaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Despeje el obstructor del drenaje.</li> </ul>
Inclinación de los topes de la caja interna	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ En el caso de que la caja interna tenga desgastes, sustituirla.</li> </ul>

**Fuente: Intecap. Refrigeración. Pág. 24**

m) Formación excesiva de hielo en la parte superior delantera del congelador

**Tabla XX. Revisión de formación de hielo en el evaporador.**

Posible causa	Indicaciones
Mal cierre de la puerta	2. Ajustar o cambiar el burlete.
Evaporador largo	3. Recortar el evaporador y aplicar una moldura (adicional).

**Fuente: Intecap. Refrigeración. Pág. 24**

n) Descargas eléctricas

**Tabla XXI. Reparación del sistema eléctrico del refrigerador.**

Posibles causas	Indicaciones
Falla o rotura en la aislamiento del conductor de corriente.	➤ Revisar el cable de alimentación eléctrica, localizar la falla y eliminarla.
Resistencia o compensador en contacto con el gabinete.	➤ Sustituir la resistencia.
Fondo del gabinete mojado, junto a los contactos del interruptor de luz	➤ Secar el agua y aislar los terminales. ➤ Sustituir el interruptor si fuese necesario.
Ausencia de tierra.	➤ Es recomendable conectar todo tipo de equipo eléctrica a tierra.
Compresor a masa con la carcasa	➤ Sustituir la unidad sellada.

**Fuente: Intecap. Refrigeración. Pág. 25**

o) Humedad interna

**Tabla XXII. Verificación de la humedad interna.**

Posible causa	Indicaciones
Uso anormal	➤ Cubrir todos los líquidos y alimentos en el interior del refrigerador. ➤ No colocar alimentos o sustancias calientes dentro del refrigerador.
Cierre de la puerta	➤ Verificar el cierre de la puerta y ajustar la misma si es necesario. ➤ Siempre serrar correctamente la puerta. ➤ Sustituir el burlete si es necesario.
Aislante de soporte de los tubos de entrada de gas, con humedad.	➤ Se debe sustituir el aislante.
Insuficiente circulación de aire	➤ Verificar que el retorno del flujo de aire no este bloqueado por uso inadecuado de paños o plásticos en los estantes o por posición incorrecta del deflector de la bandeja de deshielo.

**Fuente: Intecap. Refrigeración. Pág. 25**

#### 4.2.2. Lista de repuestos para los refrigeradores evaluados

Después de realizar la evaluación directa a algunos refrigeradores se determinaron una serie de repuestos necesarios para la reparación y el mantenimiento de los equipos, estos repuestos se utilizaran para el curso de capacitación para los técnicos y será parte de la practica del mismo. Como se menciona anteriormente en el curso se desarrollara el mantenimiento correctivo de los equipos.

A continuación en la tabla XXIII se enumeran de forma detallada los repuestos requeridos por equipo, de acuerdo a la falla o avería que presentaron:

**Tabla XXIII. Lista de repuestos para los refrigeradores.**

1. Centro de salud colonia Justo Rufino Barrios (2 refrigeradoras)	
Marca sin placa Modelo sin placa Serie sin placa Color blanco Tamaño 5 pies Refrigerante	Repuestos requeridos 1 motor compresor de 1/10 HP 1 termostato 1 filtro deshidratante 10 pies de tubo capilar 1 rollo de tubo de 1/4 " 50 remaches pop de 1/8 x 5/16 10 pies de tubo de cobre de 3/16 10 pies de empaque para la puerta
marca sin placa modelo sin placa serie sin placa color blanco tamaño 5 pies refrigerante	repuestos requeridos 1 motor compresor de 1/10 hp 1 termostato 1 filtro deshidratante 10 pies de tubo capilar 0.26 1 rollo de tubo de 1/4 " 50 remaches pop de 1/8 x 5/16 10 pies de tubo de cobre de 3/16 10 pies de empaque para la puerta

Continuación

2. Centro de salud de San Julián zona 6 (1 refrigeradora)	
marca Atlas modelo no tiene serie 89785-M92 voltaje 115 60 Hz. 1 fase tamaño 7 pies refrigerante	Repuestos requeridos: 1 motor compresor de 1/6 HP 1 termostato 1 filtro deshidratante 10 pies de tubo capilar 0.26 1 rollo de tubo de 1/4 " 50 remaches pop de 1/8 x 5/16 10 pies de tubo de cobre de 3/16 10 pies de empaque para la puerta
3. Centro de salud de la zona 5 (1 refrigeradora)	
Marca Supercoold Modelo s11 Serie 84-01-0492 Voltaje 110/120 50/60 Hz. Tamaño 11 pies Refrigerante	Repuestos requeridos: 1 motor compresor de 1/5 HP 1 termostato 1 filtro deshidratante 10 pies de tubo capilar 0.31 60 remaches pop de 1/8 x 3/16 ½ libra de varilla de plata varillas de latón 1 bote de flux para varillas de plata 1 bote de bórax 10 pies de tubo de cobre de 3/16 14 pies de empaque
4. Centro de salud de Santa Catarina Pinula (1 refrigeradora)	
marca Ignis modelo 864900092 serie sin serie voltaje 110/120 color blanco tamaño 5 pies refrigerante	Repuestos requeridos 1 motor compresor de 1/10 hp 1 termostato 1 filtro deshidratante 10 pies de tubo capilar 0.26 1 rollo de tubo de ¼ 50 remaches pop de 1/8 x 5/16 10 pies de tubo de cobre de 3/16
5. Centro de salud de Tierra Nueva (2 refrigeradoras)	
Marca Admiral Modelo P283 Serie 0401x4047 Tamaño 7 pies Voltaje 110/115 Refrigerante R-12	Repuestos requeridos 1 motor compresor de 1/6 HP 1 termostato 1 filtro deshidratante 10 pies de tubo capilar 0.26 1 rollo de tubo de ¼ 50 remaches pop de 1/8 x 5/16



	10 pies de tubo de cobre de 3/16 10 pies de empaque para puerta
marca        supercoold primium modelo      8-9p serie        920129010 voltaje     115 tamaño     7 pies refrigerante	repuestos requeridos: 1 motocompresor de 1/6 hp 1 termostato 1 filtro deshidratante 10 pies de tubo capilar 0.26 1 rollo de tubo de ¼ para entubar evaporador 50 remaches pop de 1/8 x 5/16 10 pies de tubo de cobre de 3/16 10 pies de empaque para puerta
6. Centro de salud de Amatitlán (1 refrigeradora)	
Marca        General Electric Modelo      no tiene Serie        no tiene Voltaje      110 60 Hz. 1 HP Tipo         no frost No. De puertas    2 Tamaño     14 pies Color        blanco	Repuestos requeridos: 1 motocompresor de ¼ de baja temperatura 1 ventilador para evaporador 1 ventilador para condensador 10 pies de tubo capilar 0.36 1 termostato de 2 fríos 12 pies de empaque para puerta 1 timer para descongelamiento 1 filtro deshidratante de 5/16

Fuente. Elaborado por el autor.

#### A. Materiales y accesorios necesarios para la reparación

- 1 cilindro de 50 libras para refrigerante
- 4 cilindros de 30 libras de refrigerante 12
- 10 libras de varilla de plata
- 4 botes de fundente para varilla de plata
- 2 botes de bórax
- 20 varillas de latón
- 12 válvulas tipo pinch off
- 2 juegos de tubo de pegamento
- 4 pies<sup>2</sup> de lamina galvanizada No. 26

## B. Equipo y herramientas que se usaran en el curso

- 1 compresor de aire
- 2 bombas de vacío
- 2 equipos de soldadura autógena pequeña
- 3 boquilleros con presa para medidas de 3/16 a 1/2
- 2 corta tubos pequeños
- 2 corta tubos de 4 pulgadas
- 2 juegos de destornilladores phillips
- 2 juegos de destornilladores de castigadera plana
- 2 juegos de pinzas
- 2 llaves ajustables
- 2 juegos de limas

### **4.2.3. Reposición de piezas defectuosas**

De acuerdo a la experiencia de los fabricantes de equipo de refrigeración, la vida útil de los repuestos es la que se muestra a continuación. Es importante tomar en cuenta lo siguiente para poder tener o disponer de dinero para la compra de estos repuestos cuando se requieran. Además esta información que se muestra en la tabla XXIV servirá para considerar la reposición de las piezas cuando estas se deterioren o dejen de funcionar.

**Tabla XXIV. Vida media de las piezas del refrigerador.**

Componente	Vida media (años)
Termostato mecánico	2
Motor abanico del condensador	5
Motor abanico del evaporado	2
Clip de la parrilla	2
Compresor	7
Lámpara fluorescente	5000 horas
Relay	4
Protector térmico	4
Filtro deshidratador	4
Tubo capilar	7
Resistencia del evaporador	3
Timer	3
Termo disco	3

**Fuente: Cortesía de Refrigua S.A.**

Partiendo de los datos anteriores se trabajara un inventario de repuestos con la colaboración de la bodega y de los propios técnicos de mantenimiento, con el fin de contar siempre con piezas en el momento en que sean requeridas.

#### **4.2.4. Reposición total de los equipos en mal estado**

Entre los objetivos del nuevo programa de mantenimiento está el de renovar el equipo que por sus condiciones de funcionamiento ya no deba seguir utilizándose, que de acuerdo a la evaluación estadística realizada es del 5%, se recomienda entonces a las autoridades del ministerio que se cambien los refrigeradores que según la evaluación realizada resulten inservibles.

Considerando que la situación financiera de la institución no es la mejor, se puede optar por realizar un estudio para determinar si realmente el equipo en mal estado amerite su reposición de acuerdo al servicio que preste dentro del centro o puesto de salud; de esta forma se minimizan los recursos y se ahorra en algunos casos espacio dentro de las instalaciones de las unidades del Ministerio de Salud.

En lo que se refiere a los refrigeradores que se encuentran en mal estado pero pueden repararse, sería necesario plantear un análisis de costos para determinar si a la institución le conviene más reparar los equipos o comprar unidades nuevas. A continuación se describe un ejemplo con uno de los refrigeradores evaluados en los centros de salud.

El refrigerador que servirá como ejemplo es de marca Atlas ubicado en el centro de salud de San Julián en la zona seis.

A. Reparación: Para esta opción se tomarán los costos de los repuestos necesarios para la reparación del equipo. También se suman los costos de los insumos que se usarán en la reparación y la mano de obra contratada.

- En la tabla XXV se describen las piezas requeridas para el equipo y se calcula un costo total de repuestos.

**Tabla XXV. Costos de repuestos.**

Repuestos requeridos	Costo de las piezas
1 motor compresor de 1/6 HP	Q 353.00
1 termostato mecánico	Q 65.00
1 filtro deshidratador	Q 90.00
10 pies de tubo capilar	Q 20.00
1 rollo de tubo de 1/4 "	Q 63.00
50 remaches pop de 1/8 x 5/16	Q 10.00
10 pies de tubo de cobre de 3/16	Q 30.00
10 pies de empaque para la puerta	Q 56.00
<b>Costo total</b>	<b>Q 687.00</b>

**Fuente. Elaborada por el autor.**

- El costo de mano de obra se evalúa de acuerdo con los precios del mercado, este costo varia según el tipo de desperfecto que presenta el equipo y al técnico o empresa que preste el servicio. Tomando en consideración esos aspectos se puede calcular un estimado del costo de mano de obra que seria de **Q 750.00**. Con estos dos costos se saca un costo total de reparación.

Costo total = costo de repuestos + costo de mano de obra

Costo total = Q 687.00 + Q 750.00

**Costo total = Q 1437.00**

- B. Reposición total del equipo: para esta opción solamente se considera un costo, que es el precio que tiene actualmente en el mercado el modelo del refrigerador que se esta evaluando. De acuerdo a esto, el precio de un equipo nuevo es de Q 3139.00.

Al comparar el costo total de las dos alternativas de inversión, se tiene que el costo de la reparación es de un 45.77% del precio de un equipo nuevo. Por lo tanto para la institución es más económico reparar el equipo, tomando en cuenta que el ministerio no percibe beneficio económico por el servicio prestado y que en muchas ocasiones pasa por problemas financieros.

Este análisis fue aplicado como ejemplo, pero la evaluación puede llevarse a cabo con todos los equipos que presenten problemas técnicos.

### **4.3 Aplicación de mantenimiento preventivo**

Cuando se hable en esta parte de mantenimiento se refiere mas que todo a las actividades que se deben desarrollar como un seguimiento del programa de mantenimiento, es decir, que no serán aplicadas directamente durante el curso que se llevara a cabo sino es el procedimiento recomendado que se deberá seguir en adelante por parte de los técnicos del Ministerio de Salud.

#### **4.3.1 Verificación de piezas**

Independientemente del tipo de sistema de refrigeración con que se cuente siempre existen algunos problemas comunes de operación, y el técnico de servicio debe ser capaz de reconocer los síntomas, diagnosticar la causa y tomar la acción correcta. De acuerdo a lo anterior el técnico de mantenimiento debe seguir un procedimiento común para examinar cada una de las piezas del sistema de refrigeración.

Obviamente hay piezas fundamentales que deben ser más cuidadosamente verificadas para que el equipo no pare su servicio, algunas de estas piezas tienen características que facilitan una inspección de su funcionamiento general.

Se recomienda que, si es posible, el técnico verifique cada pieza sin entrar al sistema sellado. Algunas de las variables que pueden causar problemas en el equipo pueden diagnosticarse usando instrumentos como manómetros, termómetros, etc.

#### A. Lado de alta presión

- condensador sucio o parcialmente bloqueado
- aire u otros gases no condensables en el sistema
- sobrecarga de refrigerante
- medio de condensación insuficiente
- alta temperatura del medio condensando
- línea de descarga restringida

#### B. Presión de succión baja

- insuficiente aire o carga de calor en el serpentín del evaporador.
- distribución pobre de aire sobre el serpentín del evaporador.
- flujo de refrigerante restringido
- merma en la carga del refrigerante
- tubo capilar defectuoso
- cabeza de presión baja

### C. Presión de succión alta

- condiciones de carga pesadas
- ajuste de supercalentamiento bajo
- ajuste inapropiado de la válvula de expansión
- instalación inapropiada del bulbo sensor
- compresor ineficiente
- alta cabeza de presión sobre los sistemas de tubo capilar

#### 4.3.2 Limpieza exterior e interior de los componentes

La limpieza interior del refrigerador se debe hacer cada tres meses, si ésta no está equipada con un dispositivo de descongelamiento automático (*no frost*). Si la humedad en el interior de estas unidades es muy elevada y la formación de hielo es muy rápida, entonces hay que hacerlo más frecuentemente. El procedimiento para la limpieza de los componentes del refrigerador se muestra en la tabla XXVI.

**Tabla XXVI. Limpieza del interior del refrigerador.**

Actividad	Procedimiento
Remoción del hielo	<ul style="list-style-type: none"><li>• Apagar la unidad utilizando el interruptor interno. Posteriormente desconectarla. Desocupar la unidad, si es factible, y permitir que en el interior se alcance la temperatura ambiente dejando la puerta abierta. Remover el hielo acumulado, para aligerar este procedimiento también se puede colocar recipientes con agua tibia pero no caliente en el interior del refrigerador.</li></ul>
Lavado	<ul style="list-style-type: none"><li>• Lavar el interior con una solución de agua y bicarbonato de sodio utilizando un atomizador. No se deben usar compuestos abrasivos de limpieza en las superficies de aluminio.</li></ul>
Enjuagado	<ul style="list-style-type: none"><li>• Al terminar de lavar se enjuaga el interior con agua limpia y posteriormente se seca con un paño.</li></ul>



Limpieza de componentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las partes removibles pueden ser lavadas con agua tibia con jabón, se debe evitar el contacto de las superficies plásticas con agua caliente y la introducción de agua en el marco de la luz interna.</li> </ul>
Revisión de tubos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dado que los refrigeradores con mecanismo de descongelación automática <i>no frost</i> están equipados con tubos de drenaje de agua de deshielo es importante asegurarse que estos tubos estén siempre abiertos.</li> </ul>

Fuente. Ministerio de salud. Protocolos de mantenimiento. Pág. 16.

### 4.3.3 Inspección de cables y tuberías

En refrigeración se utilizan tres tipos de tubos: de cobre, de aluminio y de hierro, en la tabla XXVII se muestran las cualidades físicas de los tres materiales. El más práctico para manipular es el tubo de cobre debido a sus propiedades dúctiles.

Tabla XXVII. Propiedades físicas del aluminio, cobre y hierro.

Aluminio	Cobre	Hierro
Es un metal dúctil y maleable.	Es blando, maleable y tenaz.	Se clasifican en corrientes y especiales
No es atacado por el aire.	Puede alearse con el estaño y el cinc.	Las tuberías de hierro son usadas comúnmente para fluidos e intercambiadores de calor.
Es muy buen conductor de la electricidad.	Se usa para la fabricación de tuberías alambres de diferentes diámetros y grosores.	Se pueden mezclar con carbono para obtener aceros.
Tiene muy buena conductividad térmica.	Se cubre por medio de sulfato para evitar la oxidación.	De acuerdo a la cantidad de carbono que contenga, el acero se agrupa en dulce y duro.
Se utiliza en la fabricación de alambres para electricidad.	Es un excelente conductor de la electricidad.	Es un material muy resistente
Se utiliza como plancha para recubrimiento de techos.	Su precio en el mercado es elevado.	Mientras más carbono contenga, el acero adquiere más dureza.

Fuente. Propiedades físicas de los materiales. Pág. 84

Tanto la tubería de aluminio como la de hierro se utilizan en la construcción de evaporadores y condensadores. Así mismo se encuentran estos materiales en las tuberías que salen del compresor y otros aditamentos.

Se utilizaran en la práctica dos tipos de tubos de corte. El rígido y el flexible y las medidas de sus diámetros externos varían desde 1/8", 3/16", 1/4", 5/16", 3/8", 1/2", etc.

Para comprobar si no existe ninguna fuga de refrigerante a lo largo de las líneas se pueden realizar algunas pruebas sencillas, estas se describen a continuación:

a) Prueba de flujo en las tuberías:

- Se desolda el filtro deshidratador
- Con manómetros y mangueras instaladas en la válvula de servicio, inyectar el refrigerante. Es recomendable hacerlo con nitrógeno.
- El gas o nitrógeno debe salir libremente por el tubo condensador en donde se soldará el filtro y por el filtro mismo. De esta forma quedará probado que no hay taponamiento u obstrucciones en el sistema del refrigerador.

b) Prueba de presión

- Después de haberse efectuado la prueba de flujo libre, soldar de inmediato el filtro para evitar la entrada de polvo y humedad.

- Una vez soldado el filtro, se vuelve a inyectar refrigerante al sistema y se comprueba la existencia de fugas en el mismo, en el caso de que se utilice nitrógeno, la presión máxima que se debe usar es 100 PSI.
- Se aplica probadores para detectar la existencia de fugas como: los de llama abierta, electrónicos, con jabón y agua, que es el más empleado.
- Se puede envolver con un trozo de nylon las uniones que se han soldado, de esta forma se notará cuando se infle dicho sello.

#### **4.3.4 Lubricación**

En los refrigeradores domésticos la lubricación no es necesaria en ninguno de sus elementos, excepto en el motocompresor. El motor del compresor usualmente está herméticamente sellado; por lo tanto no es necesario lubricarlo manualmente, sin embargo, estos tipos de compresores se lubrican automáticamente durante su funcionamiento.

El motor de abanico tampoco requiere aceite, pues estos son diseñados con un sistema de lubricación para toda su vida útil. El aceite lubricante del compresor es de características especiales:

- Debe ser de poca viscosidad, deshidratado y desparafinado.
- No debe congelarse ni debe cambiar sus características en ningún momento, a las temperaturas del refrigerador.

- Un buen aceite lubricante resiste temperaturas hasta de -40°C sin alterarse notablemente.

De acuerdo al modelo de refrigerador con que se cuente el lubricante puede ser mineral o sintético, este último se usa para los equipos mas recientes. El aceite conocido para motores de refrigeración de modelos convencionales es el **aceite capella D o el lubricante capella 68.**

#### **4.4 Registro de los pasos seguidos en las fichas técnicas de cada equipo**

Como se presentó en el capítulo anterior es imprescindible el registro de todo lo realizado durante la aplicación de las actividades de limpieza y mantenimiento del programa propuesto. Lo que se recomienda es la creación de una base de datos para cada uno de los equipos que se repararan dentro de la segunda etapa de implementación, esta puede ser elaborada por medio de un programa de computadora como por ejemplo Access.

En estas fichas o expedientes de los refrigeradores se deben anotar los siguientes datos:

1. Descripción general del equipo: marca, modelo, serie, fecha de adquisición del equipo, tamaño.
2. Servicio que presta dentro del centro o puesto de salud (almacenamiento de vacunas, alimentos, reactivos, etc.)
3. Última fecha en el que recibió algún tipo de mantenimiento

4. Falla presentada durante la evaluación realizada a los refrigeradores (piezas dañadas, mal funcionamiento, etc.)
5. Descripción general de la reparación que se efectuó (repuestos usados, procedimiento seguido, etc.)
6. Establecimiento de próxima fecha de revisión para el equipo (considerando su estado y las piezas que más frecuentemente se deben renovar).

Todos estos pasos están incluidos en el formato de ficha que se muestra en la tabla XXVIII, que ha sido creada a través de Access.

**Tabla XXVIII. Ficha de datos para refrigeradores.**

The image shows a data entry form in Microsoft Access. The form has a light beige background and a blue border. It contains the following fields:

- Código:** A text box with a small icon on the left and the text "(AutoNumber)" inside.
- Marca:** A text box.
- Modelo:** A text box.
- Serie:** A text box containing the number "0".
- Tamaño:** A text box containing the number "0".
- Fecha de Adquisición:** A date picker box.
- Fecha Última Revisión:** A date picker box.
- Falla:** A large, empty text area for describing the issue.

At the bottom of the form, there is a record navigation bar that says "Record: 1 of 1" with navigation icons for first, previous, next, and last records.

**Fuente. Diseñada por el autor.**

Lo que se quiere lograr con este registro es, como ya se mencionó antes, formar una base de datos que sirva como apoyo técnico al Ministerio de Salud en el momento de tomar consideraciones sobre el funcionamiento, la reparación o la reposición total de los equipos que se encuentren en mal estado.

#### 4.5 Establecimiento de fechas para el próximo mantenimiento por equipo

El establecimiento de periodos para la inspección de los equipos de refrigeración depende de la vida media de las piezas del sistema. De acuerdo al fabricante se muestran en la tabla XXIX estos datos para determinar la siguiente inspección por pieza.

**Tabla XXIX. Precios unitarios de los componentes de un refrigerador**

Descripción	Precio (Q)	Vida media (años)
Termostato mecánico	65	2
Motor abanico del condensador	110	5
Motor abanico del evaporado	95	2
Clip de la parrilla	2	2
Compresor	700	7
Lámpara fluorescente	20-40	5,000 horas
Relay	30	4
Protector térmico	30	4
Filtro deshidratador	90	4
Tubo capilar	2/pie	7
Resistencia del evaporador	3/pie	3
Timer	100	3
Termo disco	40	3

**Fuente. Elaboración propia.**

La inspección de las piezas descritas lógicamente la deberá llevar a cabo un técnico del ministerio, pues no se recomienda que un operador no especializado manipule partes del sistema que son de manejo delicado.

Por último, es conveniente aclarar que las actividades de limpieza y revisión que se propusieron en el capítulo 3, se realizarán de la manera descrita en ese mismo capítulo y será más que todo un trabajo sencillo para cualquier usuario directo del equipo.

#### **4.6 Balance del programa a través de un análisis de costos**

Se pueden comparar dos opciones para programas de mantenimiento del equipo siguiendo un análisis económico a través del valor presente neto (VPN), este considerará en un periodo de siete años y un interés del 8% tomando en cuenta los costos anuales (según los costos actuales del mercado) que conlleva cada una de las opciones y la viabilidad de las mismas, para establecer el flujo de efectivo (figura 45 y 46) y de esta manera obtener el valor presente neto de cada opción. Para tal efecto se tomarán dos posibles programas de mantenimiento:

La primera opción (A) consistirá en la contratación de una empresa privada que se encargue de darle mantenimiento a todas las unidades de refrigeración del área metropolitana. A continuación se detallan los costos que esta opción representa:

- Costo de cambio de piezas: para establecer este costo se considera el tiempo de vida de cada pieza y su precio unitario (tabla XXV), en base a esta información se determina un precio para cada año. Se describe detalladamente en la tabla XXX.

**Tabla XXX. Costo anual de reposición de piezas.**

Año	Costo de cambio de piezas por año						Total
1	No hay reposición de piezas						0
2	Termostato (Q 65)	Motor del evaporador (Q 95)	Clip de parrilla (Q 2)				Q 162.00
3	Timer (Q 100)	Termo disco (Q 40)	Resistencia del evaporador (Q 3 x 15 pies)				Q 185.00
4	Termostato (Q 65)	Motor del evaporador (Q 95)	Clip de parrilla (Q 2)	Relay (Q 30)	Protector térmico (Q 30)	Filtro desh. (Q 90)	Q 312.00
5	Motor abanico del condensador (Q 110)						Q 110.00
6	Termostato (Q 65)	Motor del evaporador (Q 95)	Clip de parrilla (Q 2)	Timer (Q 100)	Termo disco (Q 40)	Resistencia (Q 3 x 15 pies)	Q 347.00
7	Compresor (Q 700)						Q 700.00

**Fuente. Elaborado por el autor.**

- **Mano de obra:** el costo por mano de obra se determina en base al precio que cobra un técnico por darle mantenimiento a un equipo que es de aproximadamente Q 50.00, este valor es mensual por lo que hay que multiplicarlo por 12 meses para obtener el costo anual de mano de obra, que es como se está trabajando.

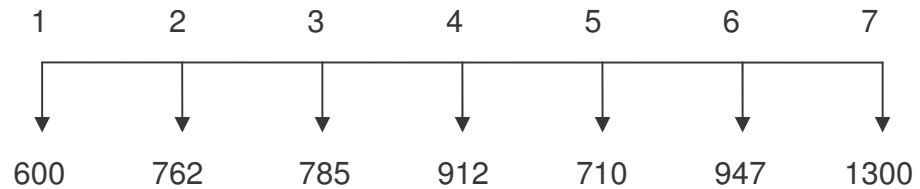
$$\text{Costo anual de mano de obra} = Q 50 \times 12 = Q600.00$$

Tomando todos los costos calculados se procede a determinar el valor presente con una tasa de interés del 8% y considerando un periodo de siete años.

<b>Año</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
Cambio de piezas	----	162	185	312	110	347	700
<u>Mano de obra</u>	<u>600</u>	<u>600</u>	<u>600</u>	<u>600</u>	<u>600</u>	<u>600</u>	<u>600</u>
Total	600	762	785	912	710	947	1300



**Figura 45. Flujo de efectivo opción A**



$$\text{Costo total} = \text{costo inicial} + \text{costos anuales} * \frac{1}{(1+i)^n}$$

$$\text{Costo total} = 600(1/1.08^1) + 762(1/1.08^2) + 785(1/1.08^3) + 912(1/1.08^4) + 710(1/1.08^5) + 947(1/1.08^6) + 1300(1/1.08^7) = \mathbf{Q 4340.88}$$

El costo total de mantenimiento durante siete años de un refrigerador es de Q 4340.88 de acuerdo a la opción A.

Con este valor se puede calcular el promedio dividiéndolo entre los siete años considerados, esto para obtener un costo anual de mantenimiento para cada equipo.

$$\text{Costo promedio anual} = \frac{4340.88}{7} = \mathbf{Q 620.13}$$

El costo anual por darle mantenimiento a un equipo de refrigeración es de Q 620.13 según la opción A.

La segunda alternativa (B) es darle mantenimiento a los refrigeradores utilizando como mano de obra a los técnicos de refrigeración y electricidad con que actualmente cuenta la jefatura de área metropolitana (dos personas según el organigrama) que reciben un sueldo fijo mensual. Los demás costos se mantienen igual a la opción A.

- Costo de cambio de piezas: este valor se mantiene igual que en la opción anterior, debido a que la vida media de las piezas se mantiene constante.
  
- Mano de obra: este dato varía con respecto a la opción anterior pues los dos técnicos reciben un sueldo mensual, y para considerar un costo de mano de obra anual se debe sacar un el sueldo anual de los dos y dividirlo entre el número de equipos a los que se les da mantenimiento. Además se considerará que usan el 50% de su tiempo de trabajo para atender los refrigeradores, pues también se encargan del mantenimiento de otros equipos eléctricos.

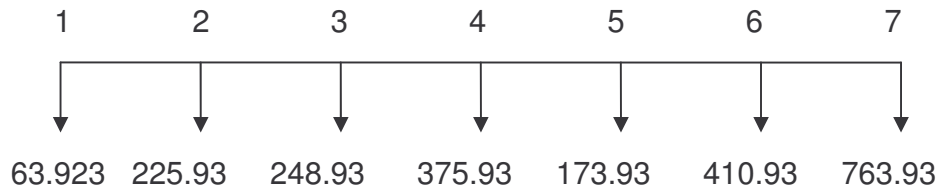
$$\text{Mano de obra} = \frac{(2 \text{ empleados} \times \text{Q } 1300 \text{ sueldo mensual} \times 12 \text{ meses})}{(122 \text{ centros de atención} \times 2 \text{ equipos promedio})}$$

$$\text{Costo de mano de obra} = 127.87 \times 0.50 \text{ (porcentaje de tiempo)} = 63.93$$

Con estos datos se procede calcula el valor presente con un interés del 8% en un período de siete años.

<b>Año</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
Cambio de piezas	----	162	185	312	110	347	700
<u>Mano de obra</u>	<u>63.93</u>	<u>63.93</u>	<u>63.93</u>	<u>63.93</u>	<u>63.93</u>	<u>63.93</u>	<u>63.93</u>
Total	63.93	225.93	248.93	375.93	173.93	410.93	763.93

Figura 46. Flujo de efectivo opción B.



$$\text{Costo total} = \text{costos anuales} * \frac{1}{(1+i)^n}$$

$$\text{Costo total} = 63.93(1/1.08^1) + 225.93(1/1.08^2) + 248.93(1/1.08^3) + 375.93(1/1.08^4) + 173.93(1/1.08^5) + 410.93(1/1.08^6) + 763.93(1/1.08^7)$$

**Costo total = Q 1549.90**

Al igual que en la opción anterior se procede a calcular un promedio anual del costo de mantenimiento por equipo dividiéndolo entre los siete años.

$$\text{Costo promedio anual} = \frac{1549.90}{7} = \mathbf{Q\ 221.41}$$

Este valor representa el costo anual por el mantenimiento de un refrigerador, según la opción B (trabajando con los técnicos con que cuenta el área metropolitana).

Cuando se comparan los costos de ambos programas se define claramente que la opción B es la más rentable para la institución. Por tanto, es recomendable que el MSPAS apoye la capacitación para los técnicos de mantenimiento, de manera que se pueda llevar a cabo el programa de mantenimiento preventivo establecido anteriormente.

Es importante decir que el costo anual por cambio o reposición de piezas varia, pues un equipo de refrigeración puede tardar varios años sin que sus piezas se dañen, he ahí la importancia de aplicar constantemente el mantenimiento preventivo y revisar periódicamente los componentes del refrigerador.

## 5. SEGUIMIENTO Y MEJORA DEL PROGRAMA

### 5.1 Análisis FODA del programa implementado

Después de la implementación del programa de mantenimiento para refrigeradoras, es necesario hacer un balance o análisis del mismo con el fin de cambiar los aspectos negativos o para mejorarlos, según sea el caso. Para tal efecto es ideal un análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA) del programa planteado.

A. **Fortalezas:** comenzando con las fortalezas se enumeran los aspectos de toda índole que respaldan el desarrollo del proyecto en forma positiva.

- Es un programa bien documentado en lo que se refiere a procesos técnicos de refrigeración.
- La rutina de mantenimiento es fácil de comprender para el usuario del equipo y de la misma forma es sencillo de aplicar.
- La jefatura de área ejerce control sobre las unidades de salud de la capital, lo que facilita desarrollar el proyecto.

B. **Oportunidades:** cuando hablamos de oportunidades podemos referirnos a los puntos positivos que se tienen y que se pueden aprovechar más adelante para incrementar los beneficios del programa propuesto.

- El ministerio cuenta con personal de experiencia en el área de mantenimiento y refrigeración que podría cumplir la importante función de asesoramiento y supervisión.
- El apoyo de las autoridades del ministerio para desarrollar el proyecto propuesto.
- Empresas distribuidoras o fabricantes de equipo de refrigeración que pueden brindar apoyo técnico o de capacitación.

C. **Debilidades:** Son todos los aspectos que intervienen negativamente en el desarrollo del proyecto y por esa misma razón disminuye la eficiencia del mismo.

- Poca participación de los operadores para la aplicación del programa de mantenimiento.
- Existe poco personal técnico de mantenimiento de acuerdo a las necesidades existentes.

D. **Amenazas:** como amenaza se considera todo aquello que puede intervenir de alguna manera perjudicando el proyecto. Puede ser interna o externa.

- La falta de recursos económicos y materiales que existe a nivel institucional.
- Poca motivación en el personal a nivel general para desarrollar nuevos proyectos.

- Falta de seguimiento del programa por razones externas como por ejemplo políticas de la institución.

## **5.2 Plan de supervisión periódica del programa**

A partir del análisis que se hizo anteriormente se deben tomar acciones o planes par mejorar las condiciones del proyecto propuesto. Una de ellas será la de supervisar mensualmente el trabajo de mantenimiento por parte de los operadores del equipo, esto se haría a través de las fichas de control que se presentaron anteriormente. La forma de llevar este control es revisando la ficha de cada equipo para observar el funcionamiento que ha tenido y detectar cualquier tipo de falla que se presente.

Se recomienda que esta actividad la lleven a cabo personas con amplia experiencia en el área de mantenimiento, de preferencia en refrigeración, de ser así se podría contar con la colaboración de los técnicos con que cuenta el ministerio de salud.

Además de la supervisión mensual se realizará una evaluación cada cierto tiempo, cada seis meses, para analizar los resultados del programa a nivel general, esto se hará por medio de una análisis de costos, para determinar si el costo de repuestos y reparaciones disminuyó notablemente, la evaluación de las condiciones de las refrigeradoras y recolección de opiniones, a través de encuestas, como el formato que se propone en el anexo (figura 42), por parte de las personas que intervienen directamente en el desarrollo del programa de mantenimiento; todo esto con el fin de tomar en cuenta nuevas ideas o estrategias que mejoren el proyecto propuesto.

### **5.3 Evaluación de los resultados del programa implementado**

En el área de Huehuetenango se implementó en el año 2003 el mismo programa que se plantea para el área metropolitana en esta ocasión.

Se realizaron tres cursos para mejorar la calidad del personal de las unidades de salud dándoles los conocimientos fundamentales sobre electricidad básica y refrigeración, haciéndoles conciencia de la responsabilidad que cada uno tenía en el buen uso y cuidado que se le debía dar a cada equipo.

De esta cuenta se logró involucrar a enfermeras, pilotos, conserjes y técnicos en general en las labores de mantenimiento, lo cual ha tenido el efecto de que en cada unidad de salud hay una persona responsable de velar para que los equipos funcionen correctamente y en el caso de que algo anormal suceda tenga la capacidad de evaluar y pedir lo que se necesite para repararlo. Además se sabe que el buen uso y cuidado básico que se le da a los equipos es vital para alargar la vida útil de los mismos.

Por estos motivos este proyecto ha tenido resultados positivos ya que en cada unidad de salud una persona instruye al resto de cómo usar correctamente el equipo y los motiva a hacerlo en conjunto. Por tal razón se espera tener los mismos resultados en el área metropolitana.



#### **5.4 Plan de asesoramiento de técnicos de salud**

En muchas ocasiones por falta de personal calificado para la reparación del equipo este se ha quedado parado, lo que trae como consecuencia costos de oportunidad y acumulación de trabajo. Por esta razón el primer objetivo es la capacitación del personal para reparar el equipo que manejan a través de conocimientos técnicos básicos, y esto no se puede lograr sin la ayuda de gente especializada como lo son los técnicos del propio ministerio.

El programa de mantenimiento para equipo de refrigeración esta diseñado especialmente para las personas que operan este tipo de aparatos por lo que esta estructurado de forma clara y sencilla, sin embargo es imprescindible tomar en cuenta que los principios de funcionamiento de los refrigeradores para estos serán fundamentales y necesitaran de un soporte técnico para reparar fallas mayores.

Para apoyar de alguna manera el trabajo de los usuarios del equipo se debe crear un programa de asesoramiento, que consiste en la intervención de especialistas del ministerio que apoyen técnicamente a los usuarios, de manera que en los problemas más complicados del equipo se intervenga para asesorar al operador en la reparación del equipo.

Para poner en marcha esta idea se debe de contar con un cuerpo de técnicos expertos en el área de refrigeración, para brindar apoyo a los usuarios únicamente cuando la falla del equipo lo amerite, además se puede aprovechar el conocimiento de estas personas para continuar con un programa de capacitación para el personal. Lo que se persigue con esto es delegar funciones a las personas que operan directamente el equipo y a su vez actualizarlos con conocimientos técnicos de mantenimiento.

## **5.5 Sugerencia de creación de un centro de documentación de apoyo al programa**

Otra forma de respaldar el programa propuesto es a través de un centro de documentación donde se puedan encontrar una serie de libros o manuales sobre refrigeración que sean accesible a todo el personal de ministerio. La ubicación podría ser por ejemplo en las instalaciones de la biblioteca del edificio de la Dirección General de Servicios de Salud.

Otra fuente de apoyo será un historial de fallas, donde se guarde una especie de expediente de cada refrigerador formado por las fichas de registro diario que se propusieron con anterioridad, de manera que cuando se presente alguna falla técnica en el equipo se pueda obtener un historial técnico del mismo. Este expediente se debe guardar en cada centro de atención porque debe estar a la mano por cualquier eventualidad.

Por ultimo es importante mencionar que se vuelve imprescindible la existencia de libros o manuales, con principios básicos de funcionamiento de refrigeradoras, en cada centro o puesto de salud, para que las personas que manejen el equipo puedan consultar cualquier duda sobre el mantenimiento del mismo en el momento oportuno.

## **5.6 Programa de capacitación continua al personal de los centros de salud del área**

El personal que maneja los equipos de refrigeración se tiene que capacitar constantemente cada año, sobre el manejo adecuado de los equipos, el uso de los manuales, la forma correcta de realizar el mantenimiento y la manera de utilizar correctamente las herramientas que para tal efecto se utilicen. Además se les debe dar charlas de motivación y fomentar el trabajo en equipo, para que el desarrollo del personal, sea tanto a nivel propio como laboral y alcance los objetivos esperados.

Esta capacitación debe de ser planificada de acuerdo a las necesidades que el personal presente, de manera que el personal que trabaja en los centros de atención realice su nueva tarea de mantenimiento encontrándole satisfacción personal en hacerlo bien y en esmerarse por cumplir con sus obligaciones con gusto y de buena voluntad.

Los objetivos de la capacitación siempre deben buscar el mejoramiento de los servicios prestados a la comunidad y el ahorro de los recursos.

La capacitación debe darse por medio de cursos didácticos impartidos por personal técnico del ministerio, como se ha hecho hasta la fecha, pero se recomienda que el ministerio busque a través de contratos la asesoría, en materia de cursos técnicos, de los proveedores de los equipos de refrigeración. Esto con la finalidad de brindar el apoyo necesario para llevar a cabo esta tarea. Se recomienda que los cursos sean de jornadas completas de duración y programados con bastantes días de anticipación, de forma que se capacite al mayor número de personas posibles.



## CONCLUSIONES

1. A través del análisis de costo que se presentó, se puede determinar que la existencia de un programa de mantenimiento para el equipo de refrigeración reduce los costos a nivel institucional, en lo que se refiere a recursos técnicos y económicos.
2. Cualquier mantenimiento que se haga debe contar con un respaldo técnico externo adecuado, esto para lograr que los equipos sean utilizados de manera correcta y a su vez para capacitar al personal que los opera.
3. La evaluación que se realizó a los equipos de refrigeración mostró que un alto porcentaje se encuentra en malas condiciones, y en la mayoría de los casos se debe al desconocimiento técnico de sus usuarios.
4. Partiendo de las condiciones de los refrigeradores y de las necesidades de la institución, se propone el programa de mantenimiento, definiendo claramente las actividades que deben realizarse
5. El seguimiento del programa de mantenimiento preventivo se debe lograr a través de una serie de políticas y estrategias encaminadas al apoyo técnico, económico y logístico del mismo, y para esto es imprescindible el respaldo del Ministerio de Salud, a fin de obtener los resultados deseados en el funcionamiento de los equipos de refrigeración.



## RECOMENDACIONES

1. En el mantenimiento de un refrigerador se debe seguir con las actividades de acuerdo al período en que se proponen, de esta manera se obtendrá el mejor desempeño del equipo sin necesidad de pararlo innecesariamente a causa de la falta del mantenimiento planificado adecuadamente.
2. De acuerdo a los principios de funcionamiento de todos los equipos de refrigeración, deben ser instalados adecuadamente. Esto da la pauta a cualquier institución que utilice este tipo de equipo, que la primera medida preventiva para proteger los refrigeradores debe ser la correcta instalación de los mismos, tomando en cuenta el nivel para que el refrigerante circule adecuadamente, la distancia de las paredes con el refrigerador a manera de permitir la circulación del aire caliente generado por la parte posterior del refrigerador.
3. El Ministerio de Salud debe apoyar todo programa o política encaminado al mantenimiento preventivo de los equipos empleados para prestar los servicios de salud, pues éstos representan una parte importante en el desarrollo de su función social a nivel nacional, y además de ahorrar los escasos recursos con que se cuentan.
4. Para desarrollar cualquier reparación de equipo se debe contar con materiales y herramientas necesarias, para evitar algún daño a los refrigeradores y especialmente a las personas que hagan la reparación.

5. Se debe dar una gran importancia a la creación de una base de datos técnicos de los equipos, pues no sólo ayuda a conocer las condiciones generales de los equipos, sino puede servir como un expediente para cada refrigerador, al que se pueda recurrir al momento de una reparación.



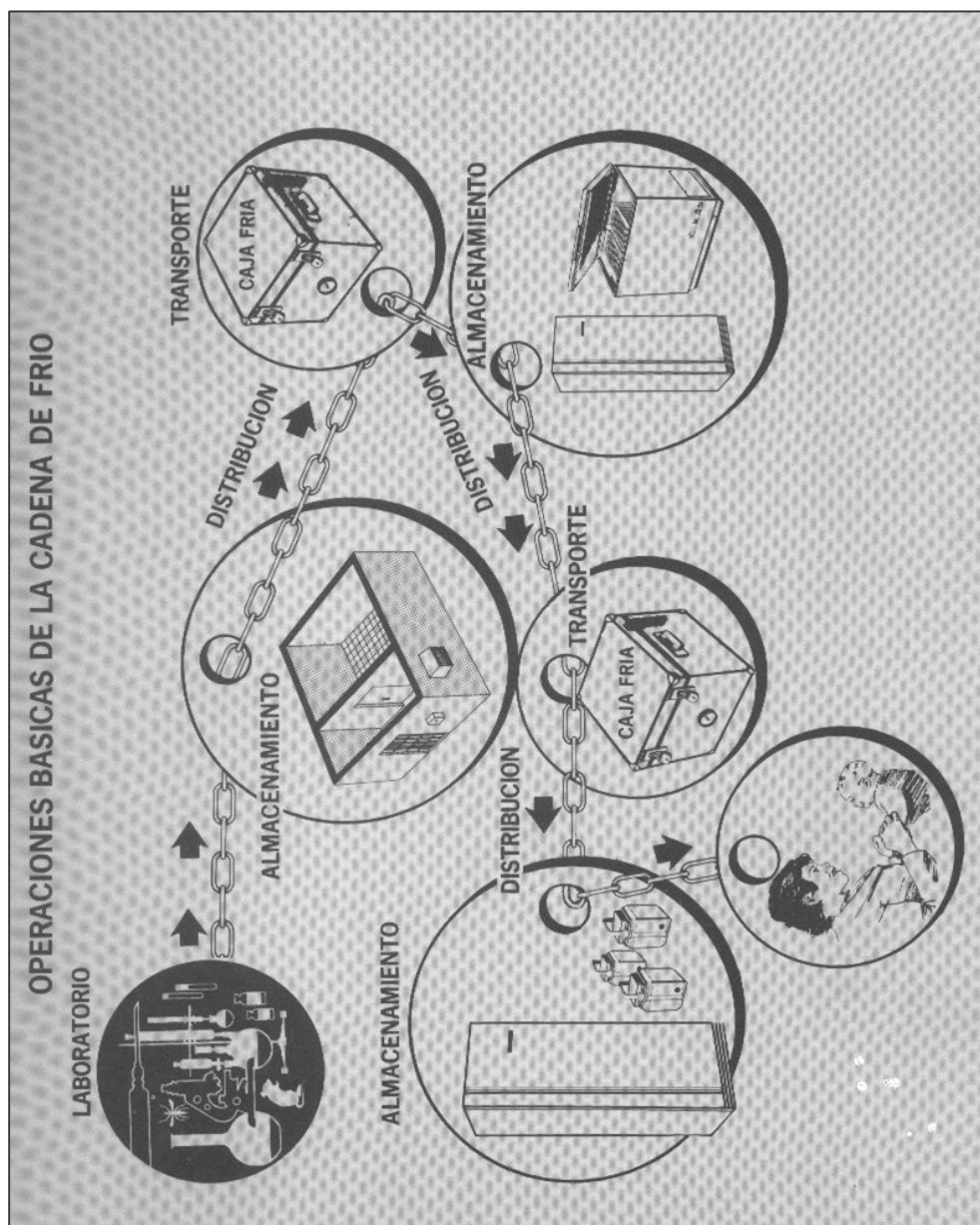
## BIBLIOGRAFÍA

1. División de Ingeniería y Mantenimiento (MSPAS). Refrigeración. Guatemala. s. e. 1995. 80pp.
2. División de Ingeniería y Mantenimiento (MSPAS). Rutinas de mantenimiento hospitalario. Guatemala. s. e. 1995. 109pp.
3. Elford, Jonathan. Cómo cuidar de un refrigerador. Guatemala. Editorial Litho Prisma. s. a. 58pp.
4. Ischiu Barrios, Delfino y Fernando Cifuentes. Equipo de refrigeración. Guatemala. s. e. 1994. 24pp.
5. Principios básicos de refrigeración y aire acondicionado. Guatemala. s. e. 2003. 213pp.
6. Protocolos para el mantenimiento preventivo de equipos médicos en centros de salud. Guatemala. s. e. s. a. 67pp.
7. Organización Panamericana de la Salud. Cadena de frío. s. l. s. e. 1982. 54pp.



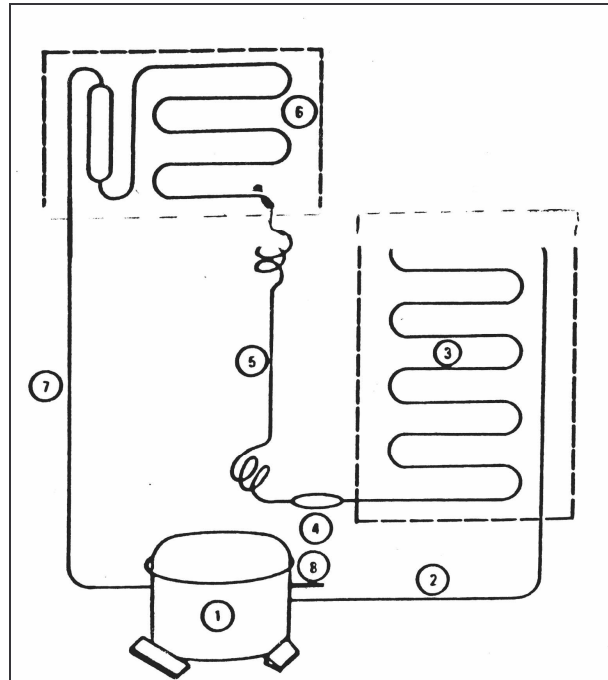
## ANEXOS

Figura 47. Operaciones básicas de la cadena de frío.



Fuente: OPS. Cadena de frío. Pág. 5

Figura 48. Diagrama de flujo de un refrigerador sencillo.

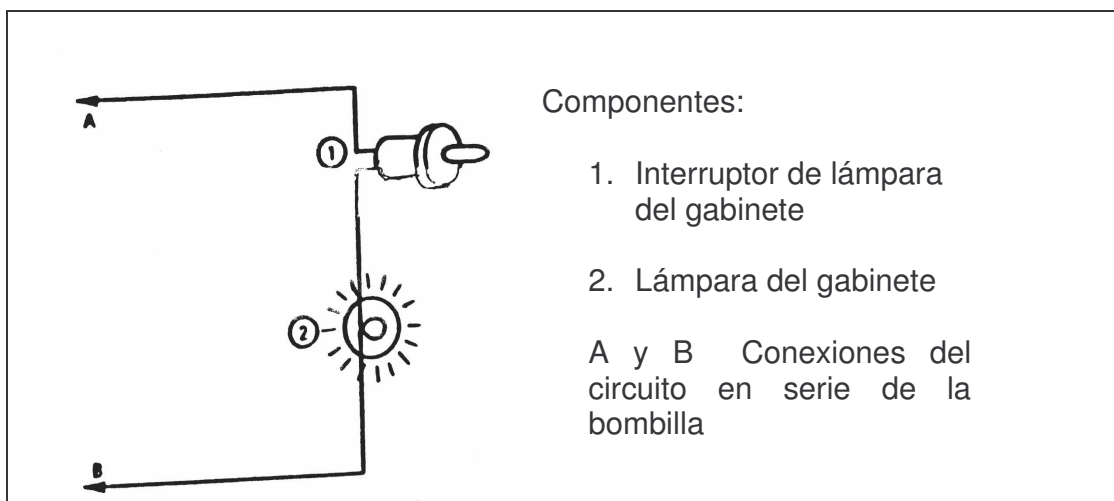


Fuente: División de Ingeniería y Mantenimiento MSPAS. Manual de refrigeración. Pág. 57

#### Componentes

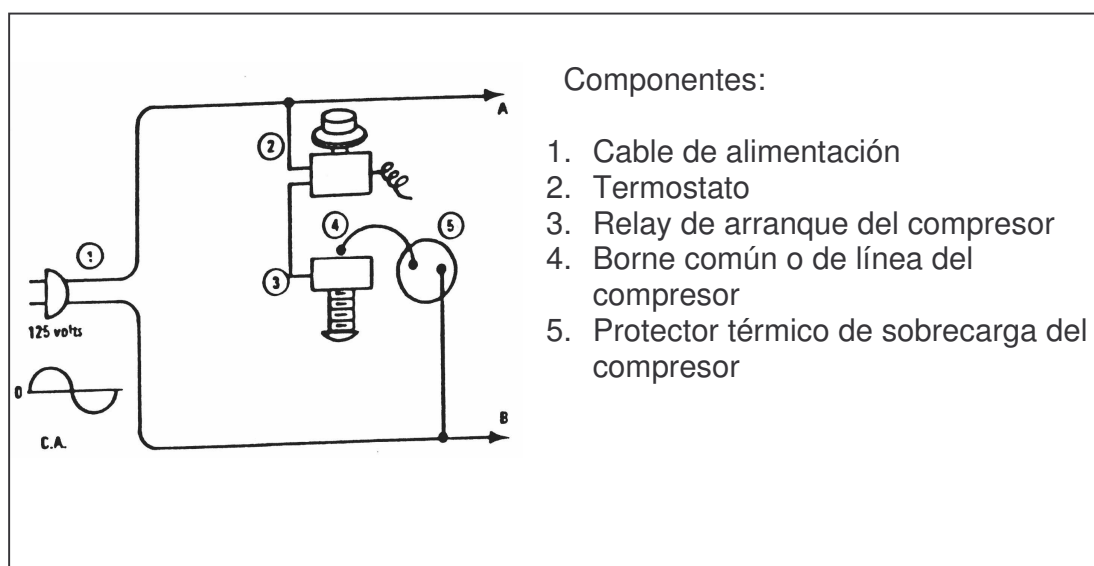
1. Compresor
2. Línea de alta presión
3. Condensador
4. Filtro deshidratador
5. Tubo o línea capilar
6. Evaporador y trampa de líquido
7. Línea de retorno
8. Tubo de servicio del compresor

Figura 49. Diagrama eléctrico en serie del circuito de la bombilla



Fuente: División de Ingeniería y Mantenimiento MSPAS. Manual de refrigeración. Pág. 59

Figura 50. Diagrama eléctrico en serie del circuito del compresor



Fuente: División de Ingeniería y Mantenimiento MSPAS. Manual de refrigeración. Pág. 59

**Tabla XXXI. Formato de encuesta para evaluar el programa.**

Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social  
Jefatura de Área Metropolitana

**Encuesta para operadores del Ministerio**

**Instrucciones**

**Lea con atención las siguientes preguntas y seleccione la respuesta que considere conveniente.**

**1. ¿Qué tipo de equipo de refrigeración maneja?**

- CUARTO FRÍO
- REFRIGERADORA
- TERMO

**2. ¿Para qué se usa ese equipo?**

- CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS
- CONSERVACIÓN DE MEDICAMENTOS
- CONSERVACIÓN DE VACUNAS

**3. ¿Con qué frecuencia, el equipo recibe mantenimiento para su conservación?**

- REGULARMENTE
- OCASIONALMENTE
- NUNCA

**4. ¿Cuenta usted con el manual técnico del equipo de refrigeración que maneja?**

- SÍ                       NO

**5. ¿En qué estado se encuentra el equipo de refrigeración que usa?**

- PLENO FUNCIONAMIENTO
- FUNCIONAMIENTO MEDIO (CON FALLAS)
- NO FUNCIONA (posibilidad de reparación)
- NO FUNCIONA (sin posibilidad de reparación)

**Fuente: Diseñada por el autor.**