



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

**RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA FRÍA Y DISTRIBUCIÓN DE INSTALACIONES DEL
SERVICIO DE LAVANDERÍA PARA EL HOSPITAL GENERAL DE ACCIDENTES CEIBAL
DEL INSTITUTO GUATEMALTECO DE SEGURIDAD SOCIAL (IGSS)**

José Daniel Fuentes Ureta

Asesorado por el Ing. Domingo Alfredo Vásquez Pinto

Guatemala, marzo de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA FRÍA Y DISTRIBUCIÓN DE INSTALACIONES DEL
SERVICIO DE LAVANDERÍA PARA EL HOSPITAL GENERAL DE ACCIDENTES CEIBAL
DEL INSTITUTO GUATEMALTECO DE SEGURIDAD SOCIAL (IGSS)**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JOSÉ DANIEL FUENTES URETA

ASESORADO POR EL ING. DOMINGO ALFREDO VÁSQUEZ PINTO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, MARZO DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Edwin Josué Ixpata Reyes
EXAMINADOR	Ing. Francisco Arturo Hernández Arriaza
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Gómez Rivera
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA FRÍA Y DISTRIBUCIÓN DE
INSTALACIONES DEL SERVICIO DE LAVANDERÍA PARA EL HOSPITAL
GENERAL DE ACCIDENTES CEIBAL DEL INSTITUTO GUATEMALTECO DE
SEGURIDAD SOCIAL (IGSS)**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 25 de febrero de 2015.



José Daniel Fuentes Ureta

Guatemala, 09 de marzo de 2018

Ingeniero
Cesar Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Urquizú:

Atentamente me dirijo a usted para informarle que el estudiante universitario José Daniel Fuentes Ureta que se identifica con número de CUI: 1829-24300-1213, con registro académico número: 2009-15210 de la Facultad de Ingeniería, ha concluido el trabajo de graduación titulado: **"RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA FRÍA Y DISTRIBUCIÓN DE INSTALACIONES DEL SERVICIO DE LAVANDERÍA PARA EL HOSPITAL GENERAL DE ACCIDENTES CEIBAL DEL INSTITUTO GUATEMALTECO DE SEGURIDAD SOCIAL (IGSS)"**.

Después de asesorar y efectuar las revisiones correspondientes, doy mi aprobación y considero que dicho trabajo llena satisfactoriamente los requisitos existentes en la Facultad de Ingeniería.

Agradeciendo su atención a la presente, me suscribo de usted.


Domingo Alfredo Vásquez Pinto
Asesor
Ingeniero Mecánico Industrial
Colegiado No. 7634

Domingo Alfredo Vásquez Pinto
Ingeniero Mecánico Industrial
Colegiado No. 7634

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

REF.REV.EMI.112.018

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA FRÍA Y DISTRIBUCIÓN DE INSTALACIONES DEL SERVICIO DE LAVANDERÍA PARA EL HOSPITAL GENERAL DE ACCIDENTES CEIBAL DEL INSTITUTO GUATEMALTECO DE SEGURIDAD SOCIAL (IGSS)**, presentado por el estudiante universitario **José Daniel Fuentes Ureta**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Josué Giovanni Jocolt Quiñonez
Ingeniero Industrial - Ingeniero Mecánico
COLEGIADO 6512

Ing. Josué Giovanni Jocolt Quiñonez
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, agosto de 2018.

/mgp



REF.DIR.EMI.044.019

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA FRÍA Y DISTRIBUCIÓN DE INSTALACIONES DEL SERVICIO DE LAVANDERÍA PARA EL HOSPITAL GENERAL DE ACCIDENTES CEIBAL DEL INSTITUTO GUATEMALTECO DE SEGURIDAD SOCIAL (IGSS)**, presentado por el estudiante universitario **José Daniel Fuentes Ureta**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

**Ing. César Ernesto Urquiza Rodas
DIRECTOR a.i.**

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, marzo de 2019.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial del trabajo de graduación titulado: **“RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA FRÍA Y DISTRIBUCIÓN DE INSTALACIONES DEL SERVICIO DE LAVANDERÍA PARA EL HOSPITAL GENERAL DE ACCIDENTES CEIBAL DEL INSTITUTO GUATEMALTECO DE SEGURIDAD SOCIAL (IGSS)”** presentado por el estudiante universitario: **José Daniel Fuentes Ureta**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, Marzo de 2019

/echm

ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres

Edwin Oswaldo Fuentes Maldonado y María del Pilar Ureta de Fuentes por darme su amor, su confianza, su paciencia y su apoyo incondicional sobre todas las cosas.

Mis hermanos

Juan Luis y María Fernanda Fuentes Ureta, por el apoyo que me brindaron y por ser un ejemplo en mi vida.

Mis amigos

Quienes estuvieron antes y durante la carrera apoyándome y brindándome su amistad incondicional.

AGRADECIMIENTOS A:

- Dios** Por darme vida, su perdón, sabiduría, protección y la oportunidad de culminar esta etapa en mi vida.
- Mis padres** Por todo el esfuerzo y apoyo que me dieron para que pudiera alcanzar esta meta.
- Mis amigos** Por estar a mi lado en las buenas y en las malas, por apoyarme y ayudarme a salir adelante.
- Universidad de San Carlos de Guatemala** Por brindarme todos los conocimientos que a partir de este momento serán parte de mi desarrollo profesional.
- Mi asesor** Ing. Domingo Alfredo Vásquez Pinto por sus consejos y dedicar tiempo en apoyarme durante esta última etapa de mi carrera.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XIII
GLOSARIO.....	XV
RESUMEN.....	XXIX
OBJETIVOS.....	XXXI
INTRODUCCIÓN.....	XXXIII
1. GENERALIDADES DEL HOSPITAL GENERAL DE ACCIDENTES	
“CEIBAL” DEL IGSS.....	1
1.1. Historia.....	1
1.2. Descripción general del Hospital General de Accidentes.....	6
1.2.1. Visión.....	6
1.2.2. Misión.....	7
1.2.3. Ubicación de la institución.....	7
1.2.4. Fuentes de financiamiento.....	8
1.2.5. Proyectos, remodelaciones y reparaciones que se han ejecutado.....	9
1.2.6. Mecanismos de comunicación interna actual.....	12
1.2.7. Población objetivo.....	13
1.3. Servicios con que cuenta la unidad hospitalaria.....	14
1.4. Estructura administrativa.....	15
1.5. Sección de mantenimiento.....	17
1.5.1. Actividades.....	17
1.5.2. Organización.....	18

2.	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	25
2.1.	Descripción general de las instalaciones del hospital	25
2.2.	Diferentes subsistemas de distribución de agua fría en los servicios del HGAC	25
2.3.	Situación actual de la red de distribución de agua fría	26
2.3.1.	Equipo de bombeo	27
2.3.1.1.	Bombas sumergibles	31
2.3.1.2.	Bombas centrífugas.....	31
2.3.2.	Sistema de cloración	35
2.3.3.	Mecanismo de amortiguamiento o hidroneumático	38
2.3.3.1.	Tanque a presión.....	41
2.3.3.2.	Bombas	44
2.3.3.3.	Válvulas de retención	45
2.3.3.4.	Manómetro	47
2.3.3.5.	Control de presión (Presostato)	50
2.3.3.6.	Tablero de potencia y control.....	51
2.3.3.7.	Cisterna o tanque de almacenamiento de agua.....	54
2.3.4.	Tuberías	57
2.3.4.1.	Materiales	57
2.3.5.	Accesorios.....	61
2.3.5.1.	Válvulas	61
2.3.5.1.1.	Válvulas de compuerta.....	62
2.3.5.1.2.	Válvulas de globo	64
2.3.5.1.3.	Válvulas de bola	66
2.3.5.1.4.	Válvulas de retención....	68

	2.3.5.1.5.	Válvulas reguladoras de presión	70
	2.3.5.2.	Uniones.....	72
2.4.		Golpe de ariete	74
	2.4.1.	Descripción del fenómeno.....	75
	2.4.2.	Métodos para reducir el efecto del golpe de ariete.....	76
2.5.		Mantenimiento correctivo.....	78
2.6.		Mantenimiento preventivo.....	78
2.7.		Situación actual de la distribución de instalaciones de lavandería.....	79
	2.7.1.	Descripción de equipos.....	79
	2.7.2.	Disponibilidad de espacio entre los elementos de la distribución	84
	2.7.3.	Demanda del servicio.....	88
3.		DESARROLLO DE PLAN DE MANTENIMIENTO Y ESTRATEGIAS DE DISTRIBUCIÓN DE INSTALACIONES.....	95
	3.1.	Planteamiento del problema	95
	3.2.	Especificaciones generales de mantenimiento	102
	3.2.1.	Mantenimiento correctivo	104
	3.2.2.	Mantenimiento preventivo	105
	3.2.3.	Mantenimiento selectivo o sistemático	106
	3.2.4.	Mantenimiento predictivo	106
	3.3.	Control de la gestión de mantenimiento.....	108
	3.3.1.	Análisis de modos de fallos y efectos (AMFE)	109
		3.3.1.1. Tipos de fallos reales o potenciales....	109
		3.3.1.2. Causas posibles.....	110
		3.3.1.3. Consecuencias.....	110

	3.3.1.4.	Hoja de trabajo AMFE.....	110
3.3.2.		Órdenes de trabajo de mantenimiento.....	113
	3.3.2.1.	Órdenes de reparaciones no programadas	113
	3.3.2.2.	Fichas de especificaciones técnicas ..	113
	3.3.2.3.	Fichas de repuestos más utilizados ...	114
	3.3.2.4.	Fichas de registros históricos de reparaciones.....	114
3.4.		Planificación de los trabajos.....	114
	3.4.1.	Procedimientos de trabajo	116
	3.4.2.	Clasificación de trabajos.....	116
	3.4.3.	Tiempos de trabajo.....	117
3.5.		Capacitación y adiestramiento de personal.....	117
3.6.		Programación de los trabajos.....	119
3.7.		Golpe de ariete.....	122
	3.7.1.	Métodos para reducir el efecto del golpe de ariete	122
		3.7.1.1. Volante de inercia	122
		3.7.1.2. Chimeneas de equilibrio	122
		3.7.1.3. Calderín de agua fría	123
		3.7.1.4. Válvulas de alivio rápido	123
		3.7.1.5. Válvulas anticipadoras de onda	123
		3.7.1.6. Ventosas.....	124
		3.7.1.7. Válvulas de retención	124
3.8.		Normativa de seguridad en sistemas de distribución de agua fría.....	125
	3.8.1.	Guías de seguridad y nomenclatura	126
3.9.		Análisis financiero	128
	3.9.1.	Análisis costo – beneficio	131

3.10.	Distribución de instalaciones del servicio de lavandería	139
3.10.1.	Estrategias de distribución de instalaciones.....	140
4.	IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE INSTALACIONES	145
4.1.	Información general de seguridad.....	145
4.2.	Mantenimiento predictivo	146
4.3.	Mantenimiento preventivo.....	149
4.3.1.	Red de tuberías de agua fría.....	150
4.3.1.1.	Fallas más comunes en tuberías de agua fría.....	151
4.3.1.2.	Repuestos más utilizados en tuberías de agua fría	152
4.3.1.3.	Mantenimiento por realizar en tuberías de agua fría	152
4.3.1.4.	Programación del mantenimiento preventivo en tuberías de agua fría	154
4.3.2.	Componentes de la red de tuberías	155
4.3.2.1.	Fallas más comunes en los componentes de la red de tuberías	156
4.3.2.2.	Repuestos más utilizados en los componentes de la red de tuberías	156
4.3.2.3.	Mantenimiento por realizar en los componentes de la red de tuberías	157
4.3.2.4.	Programación del mantenimiento preventivo en los componentes de la red de tuberías	158
4.3.3.	Bombas de agua.....	159

4.3.3.1.	Fallas más comunes en bombas de agua	160
4.3.3.2.	Repuestos más utilizados en bombas de agua	161
4.3.3.3.	Mantenimiento por realizar en bombas de agua	162
4.3.3.4.	Programación del mantenimiento preventivo en bombas de agua	165
4.3.4.	Sistema de amortiguamiento o hidroneumático	166
4.3.4.1.	Componentes del sistema de amortiguamiento	166
4.3.4.2.	Fallas más comunes del sistema de amortiguamiento	167
4.3.4.3.	Repuestos más utilizados en el sistema de amortiguamiento	168
4.3.4.4.	Mantenimiento por realizar en el sistema de amortiguamiento	168
4.3.4.5.	Programación del mantenimiento preventivo en el sistema de amortiguamiento	170
4.4.	Mantenimiento correctivo	170
4.4.1.	Programable	170
4.4.2.	No programable o contingente	171
4.4.3.	Histórico de reparaciones	171
4.5.	Supervisión del programa de mantenimiento	172
4.5.1.	Personal a cargo del programa de mantenimiento	172
4.6.	Distribución de instalaciones del servicio de lavandería	172
4.6.1.	Inventario de equipo	173

4.6.2.	Requerimientos de capacidad y espacio	174
4.6.3.	Entorno y estética	175
4.6.4.	Distribución de instalaciones sugerida	175
5.	MEJORA CONTINUA.....	181
5.1.	Evaluación de la gestión de mantenimiento	181
5.1.1.	Índices de disponibilidad de equipo.....	182
5.1.2.	Indicadores de gestión de órdenes de trabajo.....	184
5.1.3.	Índices de coste	186
5.1.4.	Índices de proporción de tipo de mantenimiento ...	187
5.2.	Red de distribución de agua caliente	189
5.3.	Red de distribución de aire comprimido industrial	190
5.4.	Red de distribución de vapor	190
	CONCLUSIONES	193
	RECOMENDACIONES.....	195
	BIBLIOGRAFÍA.....	197
	APÉNDICES.....	199
	ANEXOS	207

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Dr. Juan José Arévalo Bermejo	3
2.	Ubicación del Hospital General de Accidentes Ceibal	8
3.	Estructura Administrativa Organizacional	16
4.	Organigrama de la Sección de Mantenimiento	19
5.	Bomba de pozo profundo	29
6.	Bomba centrífuga, disposición, esquema y perspectiva	30
7.	Sistema de bombeo principal	33
8.	Sistema de bombeo de contención	34
9.	Sistema de cloración	35
10.	Diagrama del clorador montado en el cilindro	36
11.	Sistema Hidroneumático	40
12.	Mecanismo de amortiguamiento o hidroneumático	42
13.	Ablandadores	44
14.	Válvula de retención o <i>check</i>	45
15.	Válvula de retención a la salida de las bombas centrífugas	46
16.	Manómetro de tubo de Bourdon	48
17.	Manómetro de la estación de bombeo	49
18.	Presostato de la estación de bombeo	51
19.	Flipón principal – casa de máquinas	52
20.	Tablero de potencia de la estación de bombeo principal	53
21.	Tablero de potencia de la estación de bombeo de contención	54
22.	Cisterna o tanque de almacenamiento de agua	55

23.	Planta y secciones de la cisterna o tanque de almacenamiento de agua.....	56
24.	Acople universal	59
25.	Tubería de PVC.....	61
26.	Componentes válvula de compuerta.....	63
27.	Válvula de compuerta	64
28.	Componentes válvula de globo.....	65
29.	Válvula de globo	66
30.	Componentes válvula de bola.....	67
31.	Válvula de bola	68
32.	Válvula de retención para bombas sumergibles.....	69
33.	Componentes válvula reguladora de presión	70
34.	Válvula reguladora de presión fuera de servicio	71
35.	Cámara de aire.....	77
36.	Lavadora industrial	81
37.	Secadoras industriales	83
38.	Planchadora y dobladora de sábanas.....	84
39.	Distribución de instalaciones actual del servicio de lavandería	87
40.	Diagrama de causa y efecto – rotura de la tubería	97
41.	Tipos de Servicio de mantenimiento	103
42.	Diagrama de decisión	108
43.	Señales de prohibición	127
44.	Curva P-F	146
45.	Distribución propuesta de instalaciones orientadas al proceso del servicio de lavandería.....	176

TABLAS

I.	Unidades Hospitalarias del IGSS	5
II.	Plan Operativo Anual (POA)	9
III.	Proyectos, remodelaciones y reparaciones que se han ejecutado en el HGAC.....	10
IV.	Población cubierta por los servicios que presta la unidad ejecutora o dependencia	14
V.	Descripción de las posiciones de la sección de Mantenimiento	20
VI.	Características químicas del agua	37
VII.	Funcionamiento de un Sistema Hidroneumático	39
VIII.	Dureza del agua.....	43
IX.	Características de tubería de acero al carbono	58
X.	Accesorios reductores para tubería de PVC y hierro al carbono	74
XI.	Lavadoras Industriales	80
XII.	Secadoras Industriales.....	82
XIII.	Dimensiones del equipo industrial.....	85
XIV.	Demanda de ropa del servicio de lavandería	88
XV.	Diagrama de flujo de proceso del servicio de lavado de ropa.....	90
XVI.	Ponderación de las posibles causas	99
XVII.	Ventajas y desventajas mantenimiento correctivo	104
XVIII.	Ventajas y desventajas mantenimiento preventivo	105
XIX.	Ventajas y Desventajas Mantenimiento Predictivo	107
XX.	Egresos por grupo y renglón	129
XXI.	Egresos por grupo y renglón del HGAC	130
XXII.	Comparación - costo de equipos.....	132
XXIII.	Comparación - costo de mano de obra	133
XXIV.	Comparación - tiempo de instalación	134
XXV.	Comparación de variables.....	135

XXVI.	Resumen cálculo del beneficio total.....	137
XXVII.	Resumen cálculo del costo – beneficio.....	138
XXVIII.	Matriz FODA lavandería	140
XXIX.	Código de colores para tuberías.....	154
XXX.	Fallas más comunes bombas de agua	160
XXXI.	Inventario de equipo	173
XXXII.	Requerimiento de espacio	174
XXXIII.	Proceso optimizado del servicio de lavandería	177
XXXIV.	Cantidad de ropa diaria en el servicio de lavandería	179

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Hz	Hertz (frecuencia)
HP	Horse power (Caballos de fuerza)
m	Metros
%	Porcentaje
PSI	Pounds per square inch (Lbf/pulg ²)
"	Pulgadas
Q	Quetzales
RPM	Revoluciones por minuto

GLOSARIO

Abastecimiento de fluido	Es el conjunto de infraestructuras, equipos y servicios destinados al suministro de un fluido.
Abordar	Empezar a hacer una cosa determinada, en especial cuando exige esfuerzo o trabajo o cuando tiene cierta importancia.
Adecuado mantenimiento	Es la manera de aplicar todas aquellas acciones que tienen como objetivo preservar un artículo o restaurarlo a un estado en cual pueda llevar a cabo una función requerida.
Administrar	Es utilizar los recursos disponibles de manera adecuada, además de planificar acciones que ayuden a conseguir los objetivos establecidos.
Alternancia	Es la sucesión de forma recíproca y repetida de fenómenos o hechos.
Amortiguamiento	Disminución progresiva de la intensidad de un fenómeno periódico.
Análisis	Es el acto de separar las partes de un elemento para estudiar su naturaleza, su función y/o su significado.

Arranque de equipo	Es la acción de poner en marcha o en funcionamiento un equipo.
Aspectos del mantenimiento	Son el conjunto de características o circunstancias que se consideran para el restablecimiento de las condiciones óptimas de explotación de equipos y maquinarias.
ASTM	American Society for Testing an Materials (Sociedad Americana de Pruebas de Materiales).
Baja frecuencia	Número de veces que sucede o se realiza una acción durante un período o un espacio determinado.
Bomba	Dispositivo mecánico que favorece el impulso de un líquido en una determinada dirección.
Bomba centrífuga	Máquina que consiste en un conjunto de paletas rotatorias encerradas dentro de una caja, cubierta o coraza que eleva la presión a un fluido para transportarlo a donde se requiere.
Brida	Elemento que une dos componentes de un sistema de tuberías.
Buen funcionamiento	Manera de funcionar de determinado equipo o maquinaria.

Caída de presión	Es la pérdida de la presión entre dos puntos de tubería, situados a ambos lados de una válvula, debido al rozamiento hidráulico.
Caldera	Es un equipo de agua metálico, cerrado, destinado a producir vapor de agua, mediante la acción del calor a una temperatura superior a la del ambiente y presión mayor que la atmosférica.
Caldera pirotubular	Son aquellas en las que los humos de la combustión circulan por el interior de los tubos y el agua por el exterior.
Calentamiento del motor	Concentración de calor generado por el funcionamiento del motor.
Capacidad productiva	Se refiere al máximo nivel de producción que puede soportar una unidad productiva concreta, en circunstancias normales de funcionamiento durante un periodo de tiempo determinado.
Componentes de la tubería	Son los elementos del sistema de tuberías que transporta o contiene un fluido.
Confort del personal	Se refiere a aquella zona de experiencias conocidas donde una persona se desenvuelve con naturalidad.
Consecuentemente	Como consecuencia de lo dicho.

Consumo de energía eléctrica	Es la cantidad de energía consumida durante un periodo determinado.
Corrosión	Reacción química producto de la unión del metal con el oxígeno, que produce un deterioro en el objeto metálico.
Derrames	Cantidad de líquido o de una cosa formada por partículas que se salen de un recipiente o conducto.
Descriptiva	Es aquello que describe algo o que otorga información para que pueda representarlo mentalmente.
Desempeño	Es el desarrollo de las tareas y actividades en relación con los estándares y los objetivos deseados por la organización.
Desgaste físico	Este se refleja en el cambio físico de determinadas partes del equipo y proviene del uso de este.
Desperfectos del sistema hidroneumático	Son los problemas mecánicos comunes que puede presentar un sistema hidroneumático.
Desperfectos de los mecanismos	Daño o deterioro de poca importancia que sufre un mecanismo.

Diagnosticar	Es la acción de examinar una cosa, un hecho o una situación para realizar un análisis o para buscar una solución a los problemas o dificultades.
Diseño de instalaciones	Analiza, conceptualiza, diseña e implementa sistemas para la producción de bienes o servicios, se representa generalmente por medio de un arreglo físico de las instalaciones.
Distribución de instalaciones	Ordenamiento físico y simbólico de todas las áreas.
Eficacia	Es la capacidad de cumplir los objetivos sin tener en cuenta la cantidad de recursos utilizados.
Eficiencia	Es la capacidad de hacer las cosas aprovechando mejor los recursos en el tiempo adecuado.
Equipamiento existente	Conjunto de equipos e instalaciones necesarios para el desarrollo de sus actividades.
Equipo médico	Es cualquier dispositivo usado para diagnosticar, curar o tratar una enfermedad o para prevenirla.
Estropear	Malograr o hacer que fracase un plan, proyecto, asunto o situación.
Factores	Elemento, circunstancia, influencia, que contribuye a producir un resultado.

Fugas del fluido	Es la salida o escape de un líquido o gas por una abertura producida accidentalmente en el conducto por el que circulan.
Fugas en las uniones	Salida o escape del líquido por una abertura producida accidentalmente en las uniones del conducto por el que circula.
Funcionamiento permanente	Es cuando un equipo o maquinaria se mantiene sin sin alteraciones en su funcionamiento.
Generalidades	Conocimientos básicos o fundamentales de una ciencia o materia.
Gestionar	Es poner en marcha lo planificado durante la administración.
Golpe de ariete	Es el choque violento que se produce sobre las paredes de un conducto o tubería, cuando el movimiento líquido es modificado bruscamente.
Herramienta tecnológica	Son programas y aplicaciones (software) diseñadas para facilitar el trabajo y permitir que los recursos sean aplicados eficientemente intercambiando información y conocimiento dentro y fuera de las organizaciones.
HGAC	Hospital General de Accidentes Ceibal.

Implementación	Es la ejecución y puesta en marcha de una idea programada, ya sea, de una aplicación informática, un plan, modelo científico, diseño específico, estándar, algoritmo o política.
Indicador	Magnitud utilizada para medir o comparar los resultados efectivamente obtenidos, en la ejecución de un proyecto, programa o actividad.
Infección nosocomial	En el ámbito de la salud, una infección nosocomial o intrahospitalaria es la contraída por pacientes ingresados en un hospital.
Infraestructura del hospital	Conjunto de elementos o servicios necesarios para la creación y buen funcionamiento de un hospital.
Inspección	Es una técnica de evaluación formal en la cual se examinan a detalle un objeto o trabajo con el objetivo de detectar fallas.
Instalación hidráulica	Consiste en una red de tuberías destinada a proveer tanto agua caliente como fría a una edificación.
Instalaciones de hospital	Establecimiento destinado para la atención y asistencia a enfermos.

Instalaciones mecánicas	Se refiere al conjunto de instalaciones y equipos en el sector terciario e industrial a nivel de climatización, calefacción, sistemas de detección y de protección contra incendios, grupos de presión, redes de abastecimiento de agua potable, sistemas de extinción de incendios, entre otros.
Intervalos de periodo de tiempo corto	Es el espacio de tiempo que dura algo.
Inversión necesaria	Término económico que lleva consigo la ida de utilizar recursos con el objeto de alcanzar algún beneficio.
Lavandería	Sitio o de un establecimiento donde se lava y se plancha ropa.
Mantenimiento	Acciones que tienen como objetivo preservar un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida.
Mantenimiento correctivo	Se realiza con la finalidad de reparar fallos o defectos que se presenten en equipos y maquinaria.
Mantenimiento hospitalario	Actividad técnico-administrativa dirigida principalmente a prevenir averías, y a restablecer la infraestructura y la dotación hospitalaria a su estado normal de funcionamiento, así como las actividades tendientes a mejorar el funcionamiento de un equipo.

Mantenimiento preventivo	Es aquel que se realiza de manera anticipado con el fin de prevenir el surgimiento de averías en los artefactos, equipos electrónicos, vehículos automotores, maquinarias pesadas, entre otros.
Mantenimiento selectivo	También conocido como mantenimiento preventivo por estado, son los servicios de cambio de una o más piezas o componentes de equipos prioritarios, de acuerdo con recomendaciones de fabricantes.
Mejora continua	Es un enfoque para la mejora de procesos operativos que se basa en la necesidad de revisar continuamente las operaciones de los problemas, la reducción de costos oportunidad, la racionalización, y otros factores que en conjunto permiten la optimización.
Metodología	Es el conjunto de métodos o procedimientos racionales utilizados para alcanzar el objetivo que requieran habilidades, conocimientos o cuidados específicos.
Motores de bombas	Es el elemento mecánico o dispositivo que permite mover el eje y a su vez el impulsor para que el fluido pueda pasar de un lado a otro.
Movimiento oscilatorio	Es un movimiento en torno a un punto de equilibrio estable.

Ocasionar	Producir cierto efecto o dar lugar a cierta consecuencia.
Organización	Es el arreglo ordenado de los recursos y funciones que se consideran oportunas para el cumplimiento de los objetivos.
Pérdida de presión	También conocida como pérdida de carga en una tubería, se produce en un fluido debido a la fricción de las partículas del fluido entre sí y las paredes de la tubería que las conduce.
Pérdida de tiempo	Se refiere al incremento del ocio dentro de las actividades laborales.
Plan de mantenimiento	Es el elemento en un modelo de gestión de activos que define los programas de mantenimiento a los activos, con los objetivos de mejorar la efectividad de estos.
POA	El plan operativo anual es un documento formal en el que se enumeran, los objetivos a conseguir durante el presente ejercicio fiscal.
Principios generales	Son las ideas fundamentales que hacen referencia a una cosa en todo su conjunto o a lo más característico de ella, sin entrar en detalles o especificaciones.

Proceso de lavado	Es el proceso mediante el cual se limpian las prendas de vestir u otros tipos de ropa.
Programar	Proceso a través del cual se definen estructuras programáticas, metas, tiempos, responsables, instrumentos de acción y recursos necesarios para el logro de los objetivos.
Prolongar la vida útil	Se refiere a las acciones encaminadas para arreglar, reparar y recuperar el equipo en mal estado.
Proponer	Exponer un proyecto o una idea a otra persona para que esta lo acepte y dé su conformidad para realizarlo.
Recursos asignados	Conjunto de personas, bienes materiales, financieros y técnicos con que cuenta y utiliza una dependencia, entidad, u organización para alcanzar sus objetivos y producir los bienes o servicios que son de su competencia.
Red de distribución de agua	Es el conjunto de instalaciones que sirven para transportar desde el punto o puntos de captación y tratamiento hasta hacer llegar el suministro de agua en unas condiciones que satisfagan las necesidades.
Reparación de fallas	Es la acción de componer el deterioro o desperfecto en las instalaciones, máquinas o equipos.

Rotámetro	El rotámetro es un instrumento para determinar el caudal de fluidos, es decir, líquidos o gases en tuberías.
Servicio de mantenimiento	Son todas aquellas acciones preventivas, predictivas y correctivas en los distintos equipos, edificios o instalaciones.
Sistema de bombeo	Es el conjunto de uno o más bombas que se utilizan para el abastecimiento de agua en una edificación.
Sobrepresión	Presión en exceso sobre un valor normal.
sistema de suministro eléctrico	Comprende un conjunto de medios y elementos útiles para la generación, transporte y distribución de la energía eléctrica.
Supervisión	Es una actividad técnica y especializada que tiene como fin fundamental utilizar racionalmente los factores que le hacen posible la realización de los procesos de trabajo.
Syncroflo	Equipo de bombeo a presión que su funcionamiento depende directamente de válvulas reguladoras de presión y en dispositivos o controles de medición de temperatura, causal y presión puesto que comandan los arrancadores de bombas.

Tubería	Conducto formado por tubos que sirven para distribuir líquidos o gases.
Válvula cheque	También conocida como antirretorno, esta válvula permite el paso de un fluido en una sola dirección.
Variación de presiones	Es la diferencia o cambio de presión que existe en diferentes puntos dentro de la tubería.

RESUMEN

El Hospital General de Accidentes “Ceibal” del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS) está ubicado en la 13 avenida 1-51 zona 4 de Mixco, Colonia Monte Real, donde se prestan servicios de consulta externa, servicios de emergencia, servicios hospitalarios y administrativos (dirección y coordinación) a la mayoría de los trabajadores que han estado afiliados al IGSS y que les ha ocurrido cualquier tipo de accidente.

En los componentes de la red de distribución de agua fría del hospital se han visualizado problemas, como: cierre brusco de válvulas, desperfectos en los mecanismos de amortiguamiento y equipos indispensables fuera de servicio o funcionamiento. Además, la antigüedad de la red de distribución de agua fría podría ocasionar un fenómeno conocido como golpe de ariete. Este es el principal causante de averías y destrucción en tuberías, instalaciones hidráulicas e instalaciones mecánicas.

Con la elaboración de este trabajo de graduación se requiere determinar el estado actual del equipo y la red de distribución de agua fría para rediseñar y definir pautas para la elaboración de un Plan de Servicio de Mantenimiento Preventivo y Predictivo que permita mantener el equipo, la red de distribución de agua fría y sus componentes en óptimo funcionamiento.

Así mismo, se propone determinar los factores que contribuyen a la toma de decisiones en el análisis y diseño de estrategias de distribución de instalaciones del servicio de lavandería para aumentar su efectividad y productividad.

OBJETIVOS

General

Evaluar la red de distribución de agua fría y distribución de instalaciones para el servicio de lavandería en el Hospital General de Accidentes “Ceibal”, del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS).

Específicos

1. Identificar cuáles son los factores que afecta o influyen a la pérdida de presión en la tubería además de los métodos y técnicas que existen para la protección de la tubería de agua fría para alargar la vida útil de las mismas.
2. Determinar el estado actual de los equipos y accesorios que componen la red de distribución de agua fría.
3. Establecer cómo las pérdidas de presión en la tubería son un factor que influyen directamente en la creación del golpe de ariete y su relación con el mecanismo de amortiguamiento o hidroneumático en instalaciones hidráulicas.
4. Visualizar los factores que contribuyen a la toma de decisiones en el análisis y diseño de estrategias de distribución de instalaciones.

5. Definir el enfoque que se le debe dar a la distribución de instalaciones del servicio de lavandería.

INTRODUCCIÓN

La idea general del mantenimiento hospitalario radica en garantizar a los pacientes atendidos en los hospitales y al personal el funcionamiento permanente y seguro de las instalaciones y el equipamiento existente bajo criterios enfocados en la mejora continua de la calidad, gestionando los recursos asignados con responsabilidad, profesionalismo y eficiencia. Para ello, se utilizarán herramientas tecnológicas y de ingeniería en forma óptima.

En el Hospital General de Accidentes “Ceibal”, el Departamento de Servicios de Mantenimiento, vela por el mantenimiento de la infraestructura del hospital, coordina la reparación de las fallas de todo el equipo médico, de laboratorio, oficina y programa el plan de mantenimiento de los equipos de las instalaciones mecánicas, eléctricas, sanitarias o hidráulicas.

A lo largo de la tubería principal de agua fría se ha observado pérdida súbita de presión que ocasiona el arranque prematuro de las bombas de agua. Esto genera un mayor desgaste en los motores de las bombas y mayor consumo de energía eléctrica. También se observaron problemas como cierres bruscos de válvulas, desperfectos en el sistema hidroneumático, fallas en el suministro de energía en la instalación hidráulica. Además, la eficiencia del servicio de lavandería en las instalaciones del hospital ha disminuido, debido a los retrasos que ocasiona la distribución actual de las instalaciones que generan pérdidas de tiempo y desgaste físico del trabajador.

En este trabajo se diseñan las actividades de mantenimiento preventivo y predictivo que se deben realizar en la red de distribución de agua fría y sus

dispositivos. Además, se analiza la distribución de instalaciones del servicio de lavandería englobando decisiones para darle a la organización una distribución funcional apropiada para el proceso, optimizando la prestación del servicio y aumentando el confort de los empleados y la atmosfera de trabajo.

En función de lo expuesto, se propuso abordar este tema en los siguientes capítulos: el primer capítulo describe las generalidades de la institución, consecuentemente el siguiente capítulo describe los aspectos que muestran un panorama actual del hospital como del sistema de la red de distribución de agua fría de forma descriptiva y los principios generales de la misma. El capítulo tres destaca por exponer la propuesta con base en el diagnóstico y habiendo realizado una inspección. En el capítulo cuatro se mencionan los factores de los que depende la implementación de la investigación, finalizando con el capítulo cinco, el cual da paso al análisis de la mejora continua de la investigación.

1. GENERALIDADES DEL HOSPITAL GENERAL DE ACCIDENTES “CEIBAL” DEL IGSS

1.1. Historia

La seguridad social surge como consecuencia del desarrollo de la sociedad, con el propósito de mejorar las condiciones de vida y salud de los trabajadores en todo el mundo. El término Seguro Social lo empleó por primera vez el libertador Simón Bolívar, cuando, en febrero de 1819, declaró en el Congreso de Angostura que: “el sistema de gobierno más perfecto es aquel que ofrece mayor suma de felicidad posible, mayor suma de seguridad social”¹.

Como resultado de la Revolución Industrial, se realizan cambios y reformas en el orden social existentes, los cuales culminan en Alemania. Cuando el gobierno de ese país, bajo la dirección del canciller Otto Von Bismarck, instaura la política social cuyo fin es eliminar “la incertidumbre y la inseguridad” de los trabajadores. El 17 de noviembre de 1881, el Gobierno alemán fijó un programa en materia de política social. A partir de esta fecha, los trabajadores van a tener derecho a asistencia médica, posibilidad de ingresar a un hospital y recibir una pensión en dinero cuando por causas de enfermedad o accidente no puedan realizar sus labores. De esta forma, el trabajador va a poder restablecer su salud y contar con una pensión económica que le permitirá cubrir sus necesidades básicas.

La idea se extendió a otros países. Llegó a América del Sur en las primeras décadas del siglo XX. Antes de la creación del régimen guatemalteco

¹ BOLÍVAR, Simón. Discurso de Angostura. p 82.

de seguridad social, en el país existía la Ley Protectora de Obreros, Decreto 669, promulgada el 21 de noviembre de 1906, promulgada bajo la administración del Lic. Manuel Estrada Cabrera. Los principios de esta ley no se aplicaron porque no se previó una organización administrativa que fuera la que llevara a la práctica esta protección.

En su tesis, previo a graduarse como médico y cirujano en el año de 1944, en la Facultad de Medicina de la Universidad de San Carlos, César Meza enfocó el tema "El Seguro Social Obligatorio". En este trabajo dice, entre otras cosas, lo siguiente: "Seguro Social es el organismo que ha venido a señalar una nueva etapa de la vida de los pueblos"².

Como consecuencia de la Segunda Guerra Mundial y la difusión de ideas democráticas en el mundo, el 20 de octubre de 1944 se derrocó al gobierno del General Federico Ponce Vaides y se eligió un gobierno democrático, bajo la presidencia del Dr. Juan José Arévalo.

El Gobierno de Guatemala de aquella época gestionó la venida al país de dos técnicos en materia de Seguridad Social, ellos fueron el Lic. Oscar Barahona Streber (costarricense) y el Actuario Walter Dittel (chileno), quienes hicieron un estudio de las condiciones económicas, geográficas, étnicas y culturales de Guatemala.

El resultado de este estudio lo publicaron en un libro titulado "Bases de la Seguridad Social en Guatemala". Al promulgarse la Constitución de la República de aquel entonces, el pueblo de Guatemala encontró entre las Garantías Sociales, en el Artículo 63, el siguiente texto: "se establece el seguro

² Instituto Guatemalteco de Seguridad Social. *Folleto "El IGSS de estudiantes"*. Consulta: diciembre 2014.

social obligatorio". La Ley regulará sus alcances, extensión y la forma en que debe de ser puesto en vigor.

Dicho Seguro Social se estableció gracias al presidente Dr. Juan José Arévalo Bermejo, quien aparece en la fotografía en la figura 1.

Figura 1. **Dr. Juan José Arévalo Bermejo**



Fuente: IGSS. Folleto "El IGSS de estudiantes". Consulta: diciembre 2014.

El 30 de octubre de 1946, el Congreso de la República de Guatemala emite el Decreto número 295, "Ley Orgánica del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social".

Se crea así "una institución autónoma, de derecho público de personería jurídica propia y plena capacidad para adquirir derechos y contraer obligaciones, cuya finalidad es aplicar en beneficio del pueblo de Guatemala, un

Régimen Nacional, Unitario y Obligatorio de Seguridad Social, de conformidad con el sistema de protección mínima"³.

Un Régimen Nacional, Unitario y Obligatorio. Esto significa que debe cubrir todo el territorio de la república, debe ser único para evitar la duplicación de esfuerzos y de cargas tributarias; los patronos y trabajadores de acuerdo con la Ley, deben de estar inscritos como contribuyentes, no pueden evadir esta obligación, pues ello significaría incurrir en la falta de previsión social.

La Constitución Política de la República de Guatemala, promulgada el 31 de mayo de 1985, señala en el artículo 100: "Seguridad Social. El Estado reconoce y garantiza el derecho de la seguridad social para beneficio de los habitantes de la Nación"⁴.

Por lo tanto, el IGSS es la institución moderna de Seguro Social, caracterizada por su permanente crecimiento y desarrollo que cubre a la población que por mandato legal le corresponde. Mantiene una solidez financiera, calidad en las prestaciones y una eficiente gestión.

Su misión se centra en proteger a la población asegurada contra la pérdida o deterioro de la salud y del sustento económico, debido a las contingencias establecidas en la ley; administrando los recursos en forma adecuada.

En la tabla I se presentan las 17 unidades hospitalarias más importantes con que cuenta el IGSS, la cual se muestra en la siguiente página.

³ Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, Capítulo 1, Artículo 1, Decreto Número 295. *Ley Orgánica del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social*. p 4.

⁴ Asamblea Nacional Constituyente. *Constitución Política de la República de Guatemala*, Artículo 100. p 19.

Tabla I. **Unidades Hospitalarias del IGSS**

No	Unidad Hospitalaria	Ubicación
1	Policlínica Zona 1.	17 calle 6-87, Zona 1
2	Centro de Atención Integral de Salud Mental, Zona 12.	14 av. y 4ª. Calle Zona 12 Colinas de Pamplona
3	Servicio de Pediatría del Hospital de Enfermedades, Z.9	9ª. Calle 7-55 Zona 9
4	Unidad Periférica Zona Cinco, Z.5	37 av. 19-00 Zona 5, Jardines de la Asunción
5	Hospital General Dr. Juan José Arévalo Bermejo, Z.6	19 av. 7-14 Zona 6 Guatemala
6	Hospital de Rehabilitación, Z.12	14 av. y 4ª. Calle, Colinas de Pamplona Zona 12
7	Unidad Periférica, Z.11	5ª. Avenida 10-86 zona 11
8	Hospital General de Enfermedades, Z.9	9ª. Calle 7-55 Zona 9
9	Unidad de Consulta Externa "Autonomía", Z.9	Diagonal 12, 0-03, Zona 9
10	Hospital de Gineco-Obstetricia, Z.12	14 av. y 4ª. Calle Zona 12 Colinas de Pamplona
11	Hospital General de Accidentes "Ceibal", Zona 4 de Mixco.	13 av. 1-51 zona 4 Colonia Monte Real, Mixco
12	Centro de Atención Médica Integral para Pensionados -CAMIP-, Z.12	14 av. 4ª. Calle Zona 12, Colinas de Pamplona
13	CAMIP 2 Barranquilla, Z.5	Calle Mariscal Cruz 11-71, Zona 5
14	CAMIP 3 Zunil, Z.4	13 av. 1-54 Colonia Monte Real Zona 4 de Mixco, Guatemala
15	Servicio de Infectología, Hospital General de Enfermedades, Z.7	11 av. "A" 12-45 Zona 7 Colonia La Verbena
16	Unidad Asistencial de Amatitlán	12 avenida 5-11 Barrio Hospital Amatitlán
17	Unidad Asistencial de San Juan Sacatepéquez, Z.2	6ª. Av. 2-09 zona 2, San Juan Sacatepéquez

Fuente: IGSS. *Directorio de Unidades Seguro Social*. www.igssgt.org/directorio.

Consulta: diciembre 2014.

1.2. Descripción general del Hospital General de Accidentes

Fue el primer centro hospitalario creado en el Instituto, según instructivo número 21 de Gerencia de fecha 15 de diciembre de 1947. Para ello, se contrataron los servicios médicos privados mediante un convenio escrito entre el Gerente de la institución, Licenciado Oscar Barahona Streber y el Doctor Lizardo Estrada, quien ofreció sus servicios a los afiliados en su casa de salud a partir del mes de julio de 1947, la cual estaba ubicada en la 12 calle “A” entre 3ª. Y 4ª. Avenida zona 1, hasta el mes de junio de 1948. Iniciaron la atención para 10 pacientes hospitalizados con servicio de enfermería, camareros y alimentación.

Al crecer la población que requería atención médico-hospitalaria, se crea el 18 de julio de 1948 el Centro 1 del IGSS con capacidad de 20 camas. Alquilaron el chalé San Carlos, ubicado en la Calle Real Pamplona, a un costado derecho del parque zoológico “La Aurora”, cuyo funcionamiento estaba fundamentado en el Acuerdo de Gerencia número 454, del 1 de julio de 1953. Con base en el Acuerdo de Junta Directiva número 473 del 6 de junio de 1968 se designa su organización como Hospital de Traumatología y Ortopedia.

Con base en el Acuerdo de Gerencia número 3606 del 7 de septiembre de 1982 se le denomina Hospital General de Accidentes Ceibal (HGAC). En abril de 1997 se trasladaron a las nuevas instalaciones ubicadas en la 13 Avenida 1-51 Zona 4 de Mixco Colonia Monte Real, cuya capacidad es de 355 camas y un aproximado de 1 500 miembros del personal.

1.2.1. Visión

Ser un centro de atención médico que establece un alto estándar de calidad en el campo de la medicina.

1.2.2. Misión

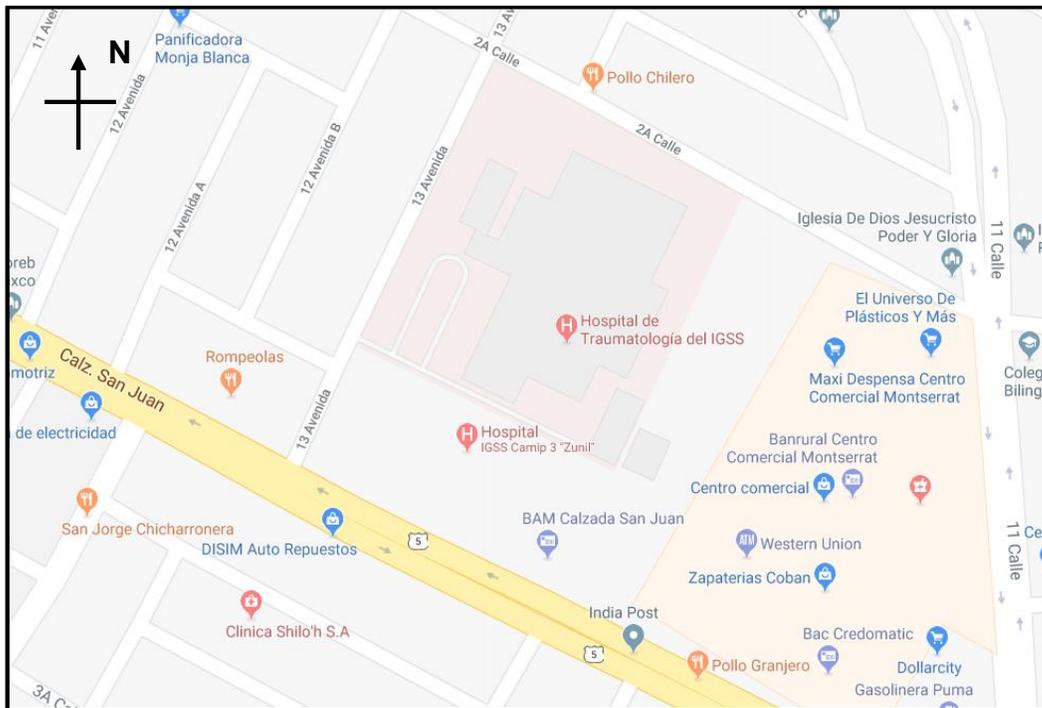
Proporcionar asistencia médico-quirúrgico especializada, preventiva y curativa, a afiliados y a beneficiarios con derecho, que se establece en los programas sobre protección relativa a accidentes, enfermedad y maternidad.

1.2.3. Ubicación de la institución.

El HGAC pertenece a la red Hospitalaria del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, se llama Unidad número 1 del seguro social por ser la primera en ser fundada.

En la figura 2 se presenta la ubicación geográfica en la que se encuentra el Hospital, la cual se muestra en la siguiente página:

Figura 2. **Ubicación del Hospital General de Accidentes Ceibal**



Fuente: Google Maps. Consulta: diciembre 2014.

1.2.4. **Fuentes de financiamiento.**

El HGAC funciona con los fondos asignados al mismo en el presupuesto ordinario anual de ingresos y egresos del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social. La previsión y asignación de los fondos correspondientes se programa año con año en el plan operativo anual (POA).

En la tabla II se presenta el techo presupuestario asignado al Hospital General de Accidentes “Ceibal” para los periodos del año 2011 al 2017 la cual se muestra en la siguiente página.

Tabla II. **Plan Operativo Anual (POA)**

	Techo Presupuestario (Q)
Año 2017	297 455 754,00
Año 2016	294 661 315,00
Año 2015	278 301 288,00
Año 2014	267 862 866,00
Año 2013	257 976 249,00
Año 2012	224 704 937,00
Año 2011	198 619 001,00

Fuente: IGSS. *Informes mensuales de ejecución presupuestaria*.
www.igssgt.org/ley_acceso_info/ley_ocho. Consulta: enero 2018.

1.2.5. Proyectos, remodelaciones y reparaciones que se han ejecutado

El hospital funciona en instalaciones propias, dentro de las cuales se han realizado un sinnúmero de remodelaciones, ampliaciones, reparaciones y adquisición de diversidad de equipo médico e industrial para su buen funcionamiento.

Algunos de los proyectos, remodelaciones y reparaciones realizadas en el hospital de accidentes del IGSS, en el año 2014, se describen en la tabla III que se muestra en la siguiente página:

Tabla III. **Proyectos, remodelaciones y reparaciones que se han ejecutado en el HGAC**

Proyectos		
Nombre	Fecha de intervención	Descripción
Comedor para médicos	15/03/2014	Este proyecto nace debido a que los médicos preferían salir de las instalaciones del hospital a la hora de la comida al no tener un espacio físico propio, lo cual, en algunas ocasiones, generaba conflictos por la ausencia de médicos en el hospital.
Rampa de sala B y sala de operaciones	10/04/2014	Fue necesario construir rampas y cambiar la carpeta antideslizante para las rampas existentes. De esta manera se facilitó el ingreso de pacientes.
Instalación de elevador camillero nuevo	01/09/2014	El elevador camillero beneficia a toda la unidad hospitalaria para el traslado oportuno de los pacientes, de 285 dietas por tiempo de comida, de dietas enterales y parenterales, de dosificaciones a las camas de intensivos y encamamientos que entre todas son 355.
Remodelaciones		
Nombre	Fecha de intervención	Descripción
Terapia respiratoria	18/02/2014	Por la cantidad de pacientes con necesidad de este servicio se remodeló y amplió el lugar.
Servicios sanitarios de doctoras y dormitorios	26/02/2014	Se remodelaron para mantener un buen ambiente de trabajo y comodidad de los profesionales.

Continuación tabla III.

Nombre	Fecha de intervención	Descripción
Área de estación de trabajo de ortopedia para consulta externa	18/05/2014	Fue necesaria la remodelación del lugar para brindar un mejor servicio.
Banco de sangre	28/08/2014	En esta área se analizan y almacenan las muestras de sangre de los pacientes del hospital. Fue necesaria la ampliación de banco de sangre para obtener mayor capacidad de almacenamiento y además por comodidad de los analistas.
Lavandería	01/10/2014	Se han creado nuevos accesos al servicio de lavandería para facilitar el traslado de prendas en todo el hospital.
Reparaciones		
Nombre	Fecha de intervención	Descripción
Reparación de toldo en la entrada del hospital	5/06/2014	Para proteger a los pacientes que se encuentran esperando atención, se propuso la instalación de un toldo en la entrada, el cual se dañó y fue necesaria su reparación.
Reparación de puerta de ingreso posterior del hospital	15/07/2014	Dada su antigüedad y la falta de mantenimiento propició que la puerta automática se averiara y se le aplicara mantenimiento correctivo.
Reparación de cisterna de agua	3/11/2014	La cisterna se encuentra al aire libre y se dañó por su antigüedad. Para evitar que el agua de lluvia y contaminantes entraran en la cisterna fue necesaria la reparación en el área dañada.

Fuente: elaboración propia, con datos proporcionados por el IGSS.

1.2.6. Mecanismos de comunicación interna actual.

Los mecanismos de comunicación interna que actualmente se utilizan en el Hospital General de Accidentes son los siguientes:

Escritos:

- Acuerdos y resoluciones de Junta Directiva, Gerencia, Subgerencias, Dirección y Administración
- Oficios
- Providencias
- Memorándums
- Circulares

Verbales:

- Comunicaciones telefónicas
- Instrucciones personales
- Llamadas por sistemas de voceo

Grupales:

- Reuniones de trabajo
- Salas situacionales
- Presentaciones
- Sistema de voceo

Electrónicos:

- Red de datos interna del Instituto
- e-mails (Correos electrónicos)
- *Spark* (programa de mensajes y telefonía que se posee en la institución)

1.2.7. Población objetivo

El Hospital General de Accidentes “Ceibal” es un hospital de referencia, por lo que debe cubrir a toda la población que le es referida por las Unidades Médicas del Instituto, así como a toda la población afiliada que acude directamente al hospital a solicitar servicios de atención médica de emergencia correspondiente al programa de accidentes de la Institución.

En la tabla IV se presenta la población cubierta por los servicios que presta el Hospital General de Accidentes “Ceibal” desde el año 2011 al 2016 la cual se muestra en la siguiente página.

Tabla IV. **Población cubierta por los servicios que presta la unidad ejecutora o dependencia**

	Hospital General de Accidentes Ceibal	Año 2016	Año 2015	Año 2014	Año 2013	Año 2012	Año 2011
Accidentes	Total Consultas	122 612	117 820	114 020	104 711	98 905	89 987
	Afiliados	110 757	107 483	102 672	93 699	85 254	82 751
	Beneficiario Hijo	4 885	4 714	4 382	4 351	4 380	-
	Beneficiario Esposa	935	847	711	577	507	-
	Beneficiario Padre	58	30	31	21	11	-
	Pensionados IGSS	3 897	2 982	2 389	2 289	3 730	2 349
	Jubilados Estado	2 080	1 764	1 444	1 376	2 216	2 470
	No afiliados	-	-	2 391	2 398	2 807	2 417

Fuente: IGSS. *Informe anual de labores*. www.igssgt.org/informes. Consulta: enero 2018.

1.3. **Servicios con que cuenta la unidad hospitalaria**

Los mismos se describen a continuación nuevamente:

- Servicios de consulta externa: atención médica especializada de cirugía, traumatología y ortopedia, odontología y oftalmología, a pacientes referidos de otras Unidades Médicas por accidentes o enfermedades ortopédicas y pacientes post operados en este hospital, para continuidad de su tratamiento hasta concluir cada caso.
- Servicios de emergencia: atención médica especializada de emergencia por accidentes, se le brinda a personas que requieren los servicios médicos del hospital, con atención las 24 horas del día.

- Servicios hospitalarios: atención médica hospitalaria especializada a pacientes ingresados a servicios de encamamientos provenientes del Servicio de emergencia y Consulta externa para su cuidado pre y post operatorio en el ámbito nacional.
- Dirección y Coordinación: administra eficiente y eficazmente los recursos humanos, materiales y financieros del hospital para alcanzar los objetivos en forma oportuna y efectiva mediante la aplicación de normas de control interno gubernamental que tiendan a la transparencia de los procesos y a la calidad del gasto.

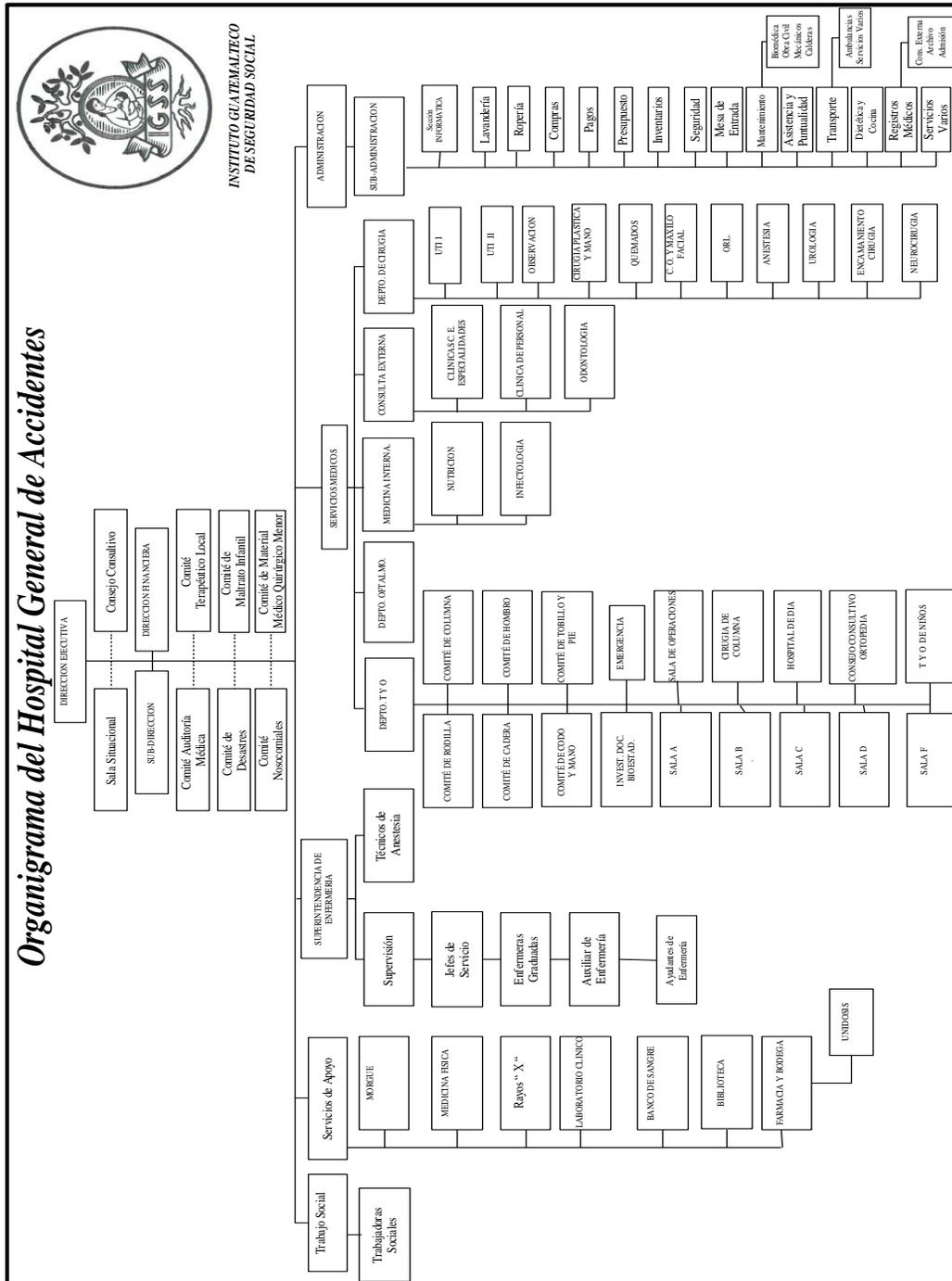
1.4. Estructura administrativa

El hospital de accidentes del IGSS tiene una estructura integrada por la dirección ejecutiva, la subdirección financiera, trabajo social, servicios de apoyo, superintendencia de enfermería, servicios médicos y administrativos.

También cuenta con comités de apoyo, como el comité de auditoría médica, desastres, nosocomiales, terapéutico local, maltrato infantil y comité de material médico quirúrgico menor. Estos comités los integran miembros del hospital designados por la dirección ejecutiva para asesorar, coordinar y evaluar las acciones relacionadas con alguna problemática relevante y específica dentro del funcionamiento del hospital.

Todos los servicios tienen departamentos o secciones a su cargo. En la figura 3 se muestra la estructura administrativa organizacional del hospital la cual se muestra en la siguiente página:

Figura 3. Estructura Administrativa Organizacional



Fuente: IGSS. Estructura orgánica. www.igssgt.org/ley_acceso_info/ley_uno.

Consulta: enero 2018.

1.5. Sección de mantenimiento

Esta sección se conoce como el área de mantenimiento. Debe cubrir en totalidad las necesidades y actividades relacionadas al buen funcionamiento de los equipos, maquinaria, instalaciones eléctricas, hidráulicas, sanitarias, infraestructura, a las herramientas, accesorios y dispositivos de los servicios de consulta externa, servicios de emergencia, hospitalarios y dirección y coordinación. También, con la autorización debida, se ha dado atención a otras unidades cuando lo solicitan a la jefatura.

Una de las tareas importantes para la sección de mantenimiento es controlar y supervisar los equipos que están en mantenimiento preventivo contratado, los cuales son evaluados constantemente sin importar el periodo que deban cubrir, como los equipos hospitalarios, de refrigeración hospitalaria, equipos de aire hospitalario, y de aire acondicionado.

Se considera que cada uno de los equipos que los usuarios utilizan constantemente tienen un desgaste o deterioro de accesorios o, en algunos casos, el equipo completo, por lo cual se le debe aplicar revisión preventiva.

1.5.1. Actividades

En general, las actividades que desempeña la sección de mantenimiento se describen a continuación.

- Planificar, coordinar, ejecutar, evaluar, monitorear, supervisar y programar el mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos, maquinaria e instalaciones mecánicas, sanitarias, hidráulicas, eléctricas e instalaciones del hospital.

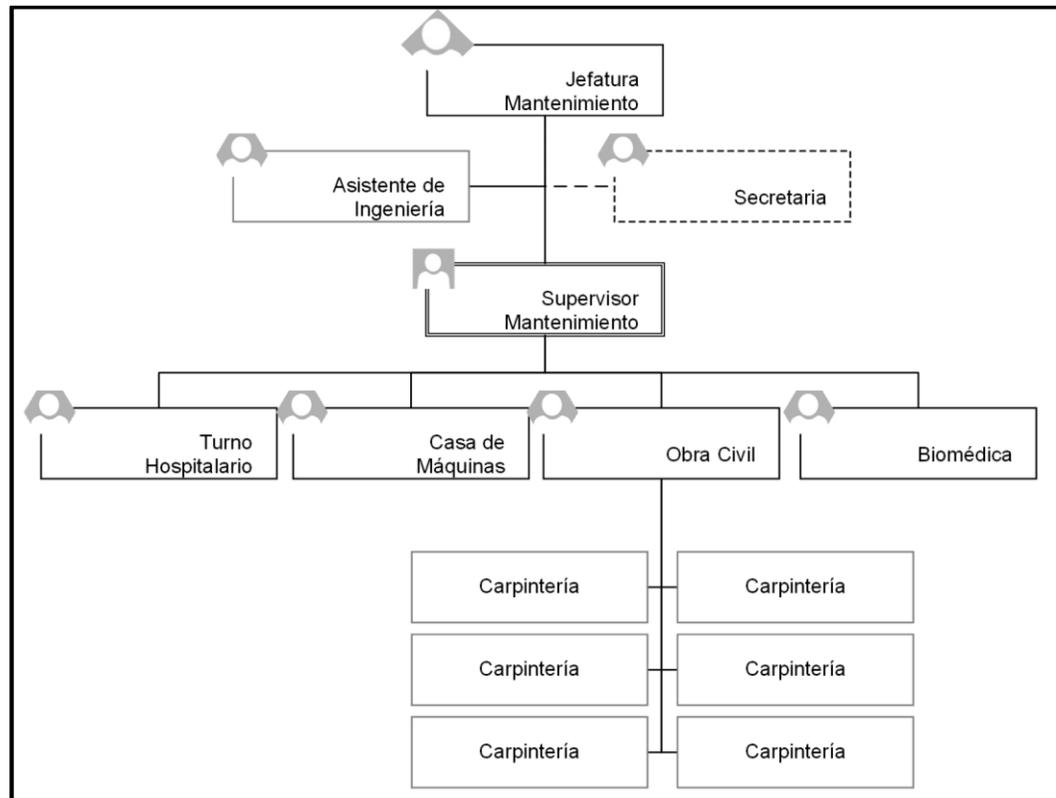
- Velar por la operación y funcionamiento óptimo de toda la maquinaria, equipos y todas las instalaciones.
- Adiestramiento y capacitación del personal para el uso correcto y apropiado de equipos y de las distintas instalaciones del hospital.
- Asesoramiento técnico a la dirección para el mantenimiento y adquisición de nuevo equipo, nuevas instalaciones y tecnología.
- Ejecución de programas de mejoramiento continuo y proyectos de ampliaciones de servicios.

1.5.2. Organización

La Sección de Mantenimiento es un servicio de apoyo técnico profesional que depende jerárquicamente de la Sub-Administración del hospital y esta tiene a su cargo las siguientes áreas: obra civil (pintura, plomería, electricidad, herrería, carpintería y jardinería), casa de máquinas (calderas, compresores, bombas de agua, entre otros), biomédica (equipos de quirófanos, emergencia, recuperación, intensivos, entre otros), turno hospitalario (reparación de muletas, sillas de ruedas, camas, lavamanos, entre otros).

En la figura 4 se muestra la organización establecida dentro de la sección de mantenimiento del hospital.

Figura 4. Organigrama de la Sección de Mantenimiento



Fuente: elaboración propia, con datos proporcionados por el IGSS.

En la actualidad, en la sección de mantenimiento, laboran 29 personas incluyendo al jefe y se distribuyen de la siguiente manera:

- Jefatura Mantenimiento: 1 persona
- Asistente de Ingeniería: 1 persona
- Secretaria: 1 persona
- Supervisor de Mantenimiento: 1 persona
- Departamento de Turno Hospitalario: 7 personas
- Departamento Casa de Máquinas: 5 personas

- Departamento Biomédica: 4 personas
- Carpintería: 1 persona
- Herrería: 1 persona
- Taller de electricidad: 1 persona
- Jardinería: 2 personas
- Plomería: 1 persona
- Pintura: 3 personas

No se consideró a ninguna persona en el Departamento de obra civil, puesto que en la actualidad el Supervisor de Mantenimiento es quien coordina al personal de dicha área.

El jefe de la sección de mantenimiento coordina a todo el personal de la sección de mantenimiento para cumplir con las funciones asignadas. Tiene a una persona que le asiste y se encarga de llevar la agenda de todos los compromisos que debe cumplir y también cuenta con una secretaria que le apoya en la elaboración, recepción y archivo de documentos.

Además, en la tabla V se describen cada una de las posiciones del organigrama de la sección de mantenimiento.

Tabla V. **Descripción de las posiciones de la sección de Mantenimiento**

Departamento turno hospitalario
Controla que el equipo criogénico opere efectivamente. En este se almacena el oxígeno líquido que pasa a través de un serpentín en el que se calienta hasta pasar al estado gaseoso. Luego de ser gasificado es transportado por medio de tubería de cobre a los servicios del hospital. También es responsable de la reparación de muletas, sillas de ruedas, camas, lavamanos, sanitarios, encendido aire acondicionado, etc.

Continuación tabla V.

Departamento casa de máquinas	
Es el área donde se ubican equipos básicos e indispensables para el funcionamiento de los servicios médicos y hospitalarios. Está constituido por los siguientes equipos:	
Equipo	Descripción
Calderas y sus dispositivos complementarios	El hospital cuenta con dos calderas Pirotubulares de tres pasos, pero solo una se encuentra en funcionamiento y opera a una presión comprendida entre 620 Kpa y 758 Kpa. Sin embargo, este tipo de calderas pueden manejar presiones de operación entre 0 y 2068 Kpa (0 – 20 bar).
Equipo	Descripción
Calentador de agua	Los calentadores son los equipos de mayor importancia en la red de distribución de agua caliente, son la fuente de agua caliente que utiliza la energía calorífica. El vapor calienta el agua que luego es distribuida al edificio.
Planta eléctrica de emergencia y switch de transferencia	Proporciona energía eléctrica cuando hay cortes del fluido eléctrico por parte de la empresa eléctrica. Este servicio se suministra a sala de operaciones, intensivos, emergencia, laboratorio clínico, banco de sangre y otros.
Compresor de aire médico y bomba de vacío	Se tiene un compresor de aire médico que genera aire comprimido libre de impurezas y una bomba de vacío que crea un sistema de vacío que sirve para eliminar los líquidos no deseados y gases del hospital.
Tanques cisterna	Está integrado por tres tanques cisterna que colectan y almacenan el agua proveniente del pozo. Es bombeada a los diferentes servicios hospitalarios por medio de tres bombas de agua del tipo centrífugo que opera en forma automática.
Sistema de bombeo de agua principal	Está formado por tres bombas centrífugas que operan en conjunto en un sistema syncroflo de manera automática y distribuyen agua a todo el hospital.

Continuación tabla V.

Equipo	Descripción
Sistema clorinador	El agua es clorada por medio de un sistema de cloro-gas, dosificado automáticamente. Como medida de seguridad y de calidad se lleva control de la cloración y se realizan análisis bacteriológicos en forma mensual en más de 5 lugares distintos de la unidad hospitalaria.
Compresores de aire industrial	Equipo que proporcionan aire comprimido del tipo industrial para el funcionamiento de lavadoras de ropa, autoclaves de vapor, equipos de laboratorio clínico y otros equipos hospitalarios.
Red de distribución de vapor	Los sistemas de distribución de vapor conectan a las calderas con el equipo que en realidad utiliza vapor. Estos sistemas de distribución transportan el vapor hasta cualquier sitio en la planta donde se necesita energía calorífica
Red del sistema neumático	Es el sistema de tubos que permite transportar la energía de presión neumática hasta el punto de utilización.
Departamento obra civil	
Se encarga del mantenimiento preventivo y correctivo de la obra física del hospital, reparaciones de muros y tabiques exteriores e inferiores. Además, tiene bajo su responsabilidad la administración de personal de los talleres de:	
Taller	Descripción
Carpintería	Reparaciones de todo el mobiliario que este fabricado en madera o similares, tales como: sillas de madera, muebles fijos, elaboración de marcos, archivadores, buzones, medidores, mesas, camillas, clóset, entre otros.
Jardinería	Revisión de las áreas verdes de toda la unidad hospitalaria. Mantienen recortada la gramilla de los jardines al ingreso del hospital, podan los diferentes arbustos, aplicación de agua abundante en las diferentes áreas verdes, etc.
Herrería	Se encargan de la elaboración y reparación de mobiliario tales como: carros de transporte de medicamentos, carros de basura, puertas de reja, balcones y mesas de media luna para quirófano, pasamanos de rampas, esquineros, sillas, escritorios metálicos, entre otros.

Continuación tabla V.

Taller	Descripción
Plomería	Vela por las reparaciones de sanitarios, lavamanos, lavatrastos, lavamanos quirúrgicos, reparación de tuberías de drenaje, agua potable fría y caliente.
Pintura	Aplicación de pintura en los diferentes servicios de la unidad tanto de la infraestructura como del equipo y mobiliario que consisten en camillas, camas, sillas, escritorios, estanterías, carros de curaciones, mesas de puente, mesas de metal y madera, carros de basura, muros, tabiques, puertas, ventanas, etc.
Electricidad	Reparación y supervisión de todas las áreas del hospital que incluye lo siguiente: lámparas de iluminación de cielo falso, tomacorrientes polarizados, elaboración de nuevas instalaciones eléctricas, mantenimiento de tableros eléctricos, etc.
Albañilería	Se encarga de la reparación de la infraestructura, como muros de mampostería, fundición de banquetas, bordillos, fundición e instalación de balcones, etc.
Departamento biomédico	
Cubre solicitudes de trabajo relacionados en los reglones de mantenimiento y reparación de los siguientes equipos:	
Área	Equipo
Equipo médico y laboratorio	Monitores de signos vitales, esterilizadores, rayos x, ultrasonidos, equipo de anestesia, lámparas cielíticas, sistema aislado eléctrico, esfigmomanómetros, microscopios.
Equipo de comunicaciones	Teléfonos, intercomunicadores fijos, radiotransmisores, televisores.
Equipo de oficina	Fotocopiadoras, máquinas de escribir, calculadoras.
Equipo de cómputo	Impresoras, monitores, CPUS, teclados.
Otros equipos industriales	Elevador, compresor de vacío, aire médico, aire acondicionado, congeladores.

Fuente: elaboración propia, con datos proporcionados por el IGSS.

2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En el siguiente capítulo se presenta un diagnóstico y análisis sobre el estado actual de la red de distribución de agua fría y componentes del hospital de accidentes del IGSS. Además, un análisis sobre la situación actual de la distribución de instalaciones del servicio de lavandería.

2.1. Descripción general de las instalaciones del hospital

Al examinar las uniones de tuberías visibles, los equipos de suministro de agua fría y los servicios de lavandería, pasillos y sanitarios se observan las fugas a través del sistema de distribución de agua fría, las cuales provocan el paro repentino de distribución de agua y la detención inmediata de las funciones del servicio hospitalario (diálisis), servicio de lavandería, cocina, servicios sanitarios, entre otros.

En los siguientes apartados se describe la situación actual del sistema de distribución de agua fría. Además, se describen los subsistemas de distribución de agua fría que existen en el hospital.

2.2. Diferentes subsistemas de distribución de agua fría en los servicios del HGAC

En la actualidad, el Hospital de Accidentes del IGSS cuenta con un único subsistema, este es el subsistema de distribución de agua contra incendios.

Este subsistema de distribución de agua fría no se utiliza regularmente, por lo que, para evitar condiciones de estancamiento de agua en la tubería, se hace pasar agua a través de la distribución tres veces al año. Este subsistema tiene su propia estación de bombeo y tiene su propia distribución de tubería que atraviesa la planta baja del hospital.

Cuenta con una bomba centrífuga con una potencia de 11 185,5 Watts (15 HP) que abastece al hospital en caso de incendios. La ficha técnica se muestra en el apéndice 1.

El funcionamiento de la bomba de agua es aceptable, pero carece de mantenimiento preventivo. Por esta razón, al fallar se retira para repararla. Sin embargo, esta bomba casi no se utiliza. Se enciende de 3 a 5 veces al año para evitar que sus componentes se peguen por falta de funcionamiento.

2.3. Situación actual de la red de distribución de agua fría

Cuando se habla de la red de distribución de agua fría se incluyen todos los equipos y accesorios que intervienen en la distribución y que permiten su operación y mantenimiento. Existen dos tipos de redes de distribución de agua:

- Red de distribución abierta o ramificada
- Red de distribución cerrada o mallada

El hospital de accidentes del IGSS inició con una red de distribución cerrada, la cual, ante la posible rotura de alguna de sus tuberías, causaría efecto a la menor cantidad de servicios de distribución de agua al establecer rutas alternas del flujo a través de las mallas que conforman la red. Sin embargo, debido a las remodelaciones que ha sufrido para extender los

servicios, ha creado ramificaciones salientes de varias secciones de tuberías del hospital sin retorno ni conexión con otra tubería. Por esa razón el Hospital de Accidentes del IGSS tiene una red de distribución mixta, donde se mezclan secciones de distribución abierta y cerrada.

A continuación, se hace una descripción de cada uno de los componentes de la red de distribución de agua del hospital y su estado actual, donde se listan las características y datos técnicos más importantes.

2.3.1. Equipo de bombeo

Un equipo de bombeo forma un sistema de impulsión, el cual consiste básicamente en captar agua desde un determinado lugar y elevarla o impulsarla a otro punto, ubicado por lo general a un nivel más alto.

Existen tres tipos de bombas comúnmente usadas en la captación de aguas:

- Centrífugas o radiales
- Axiales o helicoidales
- De flujo mixto

Actualmente, en el hospital se utilizan bombas de agua del tipo centrífugas y se caracterizan por usar la fuerza centrífuga para impulsar el agua; por eso el agua emana de forma perpendicular al eje de rotación del álabe o rodete y circula por las tuberías hasta los servicios.

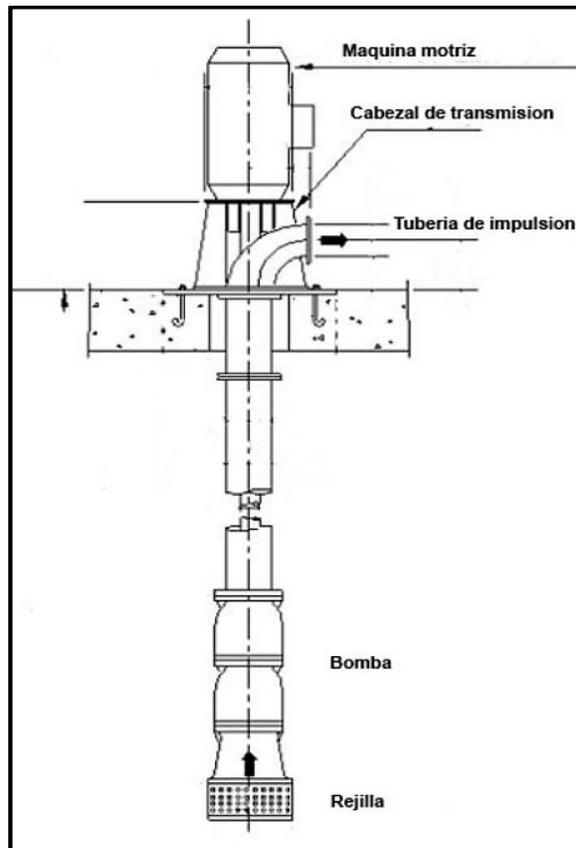
Este tipo de bomba proporciona un flujo de agua suave y uniforme. Se adapta a trabajos a velocidades altas. Son especialmente indicadas para elevar caudales pequeños a gran altura.⁵

En el hospital existen dos tipos de bombas que trabajan con agua fría, las primeras son las que se utilizan para extraer el agua de los pozos para abastecer la cisterna, son bombas centrífugas verticales del tipo turbina.

En la figura 5 se puede apreciar los componentes de la bomba para extraer agua de la profundidad del pozo.

⁵ JARA, Jorge. *Bombas de Regadío*. Universidad de Concepción, 2007. p 2.

Figura 5. **Bomba de pozo profundo**



Fuente: Flowserve.

www.flowserve.com/files/Files/Literature/ProductLiterature/Pumps/71569295.pdf.

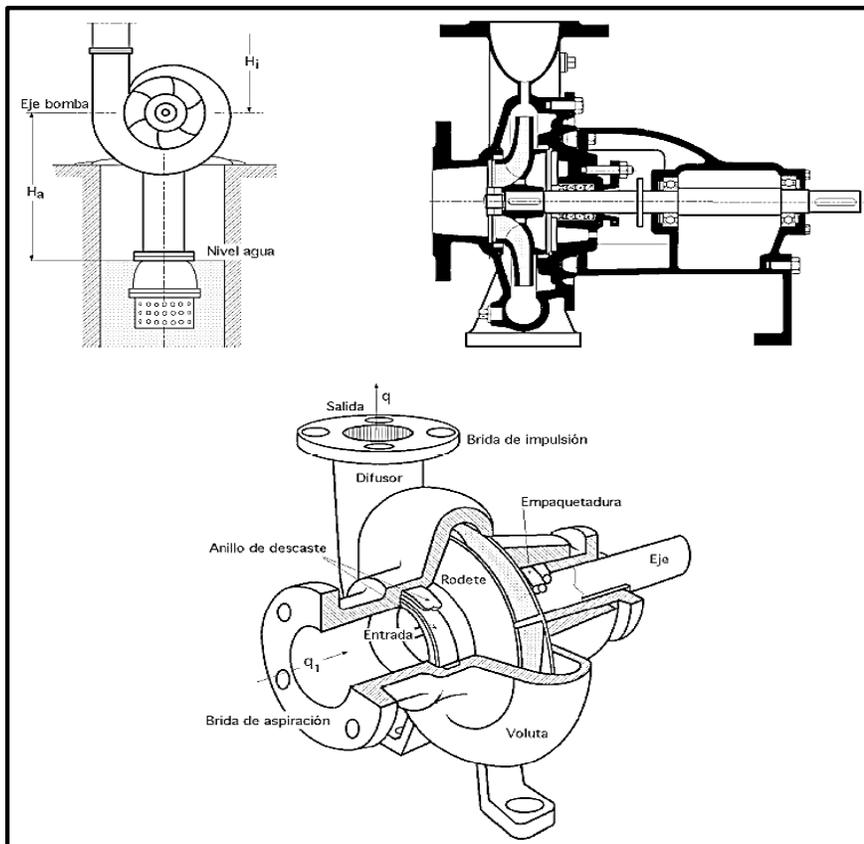
Consulta: diciembre 2014.

El segundo tipo de bombas forman el sistema de distribución de agua fría, compuesto por tres bombas centrífugas que extraen el agua de la cisterna y la distribuyen a las instalaciones del edificio, entre ellas calderas, calentadores, lavandería, cocina, lavamanos y sanitarios.

El hospital también cuenta con un sistema de bombeo de contención, el cual está compuesto por dos bombas centrífugas, las cuales se pueden

observar en la figura 8, mientras que en la figura 6 se pueden apreciar los componentes de una bomba centrífuga.

Figura 6. **Bomba centrífuga, disposición, esquema y perspectiva**



Fuente: KARASSIK, Igor, *Bombas Centrífugas, Selección, Operación y Mantenimiento*. p 111.

Las bombas que utiliza el hospital se pueden agrupar de la siguiente manera: bombas sumergibles y bombas centrífugas.

2.3.1.1. Bombas sumergibles

Las bombas sumergibles son comúnmente verticales del tipo turbina. Son apropiadas para aplicaciones de extracción de agua en mantos acuíferos mediante pozos profundos, extracción de agua de ríos, lagunas, agua salada, agua de minas y en cárcamos de bombeo, para aplicaciones tanto municipales como industriales⁶.

El hospital de accidentes del IGSS tiene dos bombas sumergibles verticales del tipo turbina, cada una con una potencia de 29 827,9 Watts (40 HP). En el Apéndice II se puede observar la ficha técnica de los equipos, una de ellas se encuentra en un pozo a 1 200 pies (365,76 metros) de profundidad y la otra a 900 pies (274,32 metros), ambos pozos son mecánicos. A estas bombas se les da mantenimiento una vez cada tres años a través de una empresa subcontratada. Son operadas por el personal de calderas y accionadas de forma manual. Funciona una a la vez, se activan en periodos de una semana, de tal forma que su funcionamiento es alternado. Se encienden a las seis de la mañana y se apagan a las nueve de la noche. Su funcionamiento es de 2 738 horas al año para mantener la cisterna llena de agua, debido al alto consumo de agua de los servicios del hospital.

2.3.1.2. Bombas centrífugas

Las tres bombas centrífugas que impulsan el agua al edificio del hospital funcionan como un conjunto en un sistema syncroflo. Esto quiere decir que las bombas no funcionan al mismo tiempo, sino solo funciona una de ellas. Al

⁶ Bombas y Mantenimiento Industrial S.A. *Bombas y Mantenimiento Industrial*. www.bymisa.mx. Consulta: diciembre 2014.

existir un aumento en la demanda de agua entra a funcionar otra de las bombas. Si la demanda disminuye la bomba deja de funcionar⁷.

El hospital de accidentes del IGSS. Tiene dos bombas de con una potencia de 11 185,5 Watts (15 HP) y una de 5 592,7 Watts (7,5 HP). En el Apéndice 3 y 4 se pueden observar las fichas técnicas de los equipos.

Estas bombas se encuentran fuera de servicio por un fallo en su mando eléctrico. Sin embargo, las bombas son puestas en marcha de forma manual ocasionalmente entre 2 a 3 veces al año para evitar que el tiempo las dañe. En la figura 7 se muestra el sistema de bombeo principal del hospital.

⁷ SyncroFlo, Inc. *Sistemas de fontanería*. www.syncroflo.com. Consulta: diciembre 2014.

Figura 7. **Sistema de bombeo principal**



Fuente: dispositivos mecánicos del hospital de accidentes, IGSS.

El sistema de contención de agua se puede apreciar en la figura 8. Es el que se encarga de la distribución de agua del hospital de accidentes del IGSS.

Este sistema está compuesto por dos bombas centrífugas iguales con una potencia de 7 456,9 Watts (10 HP). Son controladas por dos interruptores de presión de manera independiente. Una bomba se activa a 1,37 bar (20 psi) y su parada es al llegar a 2,75 bar (40 psi). La otra bomba activa su arranque al llegar a los 2,75 bar (40 psi) y su parada es al llegar a 4,14 bar (60 psi). La presión de trabajo actual es de 4,14 bar (60 psi). Las bombas son nuevas, tienen menos de estar en funcionamiento, puesto que las anteriores dejaron de

funcionar por la falta de mantenimiento y el nivel de desgaste que tienen dichos equipos. En el apéndice 5 se puede observar la ficha técnica de los equipos.

Figura 8. **Sistema de bombeo de contención**



Fuente: dispositivos mecánicos del hospital de accidentes, IGSS.

El hospital de accidentes del IGSS únicamente utiliza el agua que proviene de sus pozos, no tiene ingreso de agua que provee Empagua. Por eso, se ven en la necesidad de limpiar impurezas del agua por medio de un sistema de cloración instalado en la tubería principal de hierro negro de 3" de diámetro que proviene de las bombas de pozo, previo a ingresar a la cisterna de agua.

2.3.2. Sistema de cloración

La cloración es el método más habitual para la potabilización de agua, logrando una correcta desinfección del agua a partir de determinadas concentraciones de cloro libre en un tiempo de contacto determinado.

El hospital de accidentes del IGSS utiliza un sistema de cloración del tipo cloro gas, el cual se compone de eyector, bomba de discos con una potencia de 745,69 Watts (1 HP), cuya ficha técnica se muestra en el apéndice 6, cilindro de cloro gas de 150 Lb (68 Kg) y un clorador colocado directamente en el cilindro. En la figura 9 puede observarse dicho sistema en funcionamiento.

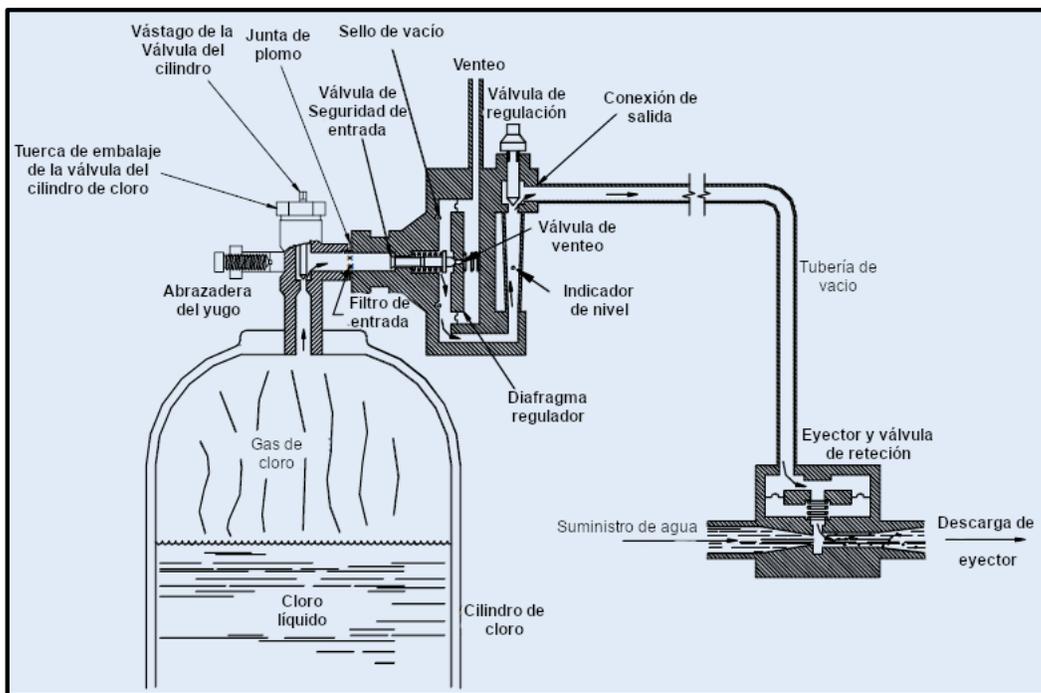
Figura 9. Sistema de cloración



Fuente: dispositivos mecánicos del hospital de accidentes, IGSS.

Además, en la figura 10 se muestra el diagrama del clorador montado en el cilindro.

Figura 10. Diagrama del clorador montado en el cilindro



Fuente: TRENT, Severn. *Manual de fabricante*. Consulta: julio 2018.

En la actualidad, el personal de la casa de máquinas evalúa una vez al día que el agua tenga las cantidades adecuadas de cloro. Estos valores se encuentran registrados en la Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 29001. En la tabla VI puede observarse las características químicas mínimas que debe tener el agua potable.

Tabla VI. **Características químicas del agua**

Características	LMA (mg/L)	LMP (mg/L)
Cloro residual libre ^(a)	0,5	1,0
Cloruro (Cl ⁻)	100,0	250,0
Dureza Total (CaCO ₃)	100,0	500,0
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	100,0	250,0
Aluminio (Al)	0,050	0,100
Calcio (Ca)	75,0	150,0
Cinc (Zn)	3,0	70,0
Cobre (Cu)	0,050	1,500
Magnesio (Mg)	50,0	100,0
Manganeso total (Mn)	0,1	0,4
Hierro total (Fe) ^(b)	0,3	-----

a) El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social será el ente encargado de indicar los límites mínimos y máximos de cloro residual libre según sea necesario o en caso de emergencia.
b) No se incluye el LMP porque la OMS establece que no es un riesgo para la salud del consumidor a las concentraciones normales en el agua para consumo humano, sin embargo el gusto y apariencia del agua pueden verse afectados a concentraciones superiores al LMA.

Fuente: Norma guatemalteca obligatoria agua potable, 2013. p 7.

Es importante aclarar que la evaluación realizada por el personal de la casa de máquinas únicamente evalúa la cantidad de cloro residual libre, y este valor es del 0,5 mg/L. Ahora bien, dentro del hospital existe un comité nosocomial que se encarga de obtener muestras del agua en distintos puntos del hospital una vez al mes para evaluar en el laboratorio los componentes del agua y evitar una infección nosocomial o intrahospitalaria a causa del agua. Esta información no es compartida en la sección de mantenimiento. Por tal motivo, una vez al mes, el encargado de la casa de máquinas toma muestras de agua en distintos puntos del hospital para verificar que la cantidad de cloro residual libre cumple con el estándar establecido. En caso contrario, toman las medidas pertinentes para aumentar o disminuir la cantidad de cloro según sea el caso.

2.3.3. Mecanismo de amortiguamiento o hidroneumático

Los sistemas hidroneumáticos se basan en el principio de compresibilidad o elasticidad del aire cuando es sometido a presión. El agua que es suministrada desde la fuente es retenida en un tanque de almacenamiento de donde, a través de un sistema de bombas, es impulsada a un tanque a presión que contiene volúmenes variables de agua y aire.

Su funcionamiento es el siguiente: cuando el agua entra al tanque de almacenamiento aumenta su nivel, al comprimirse el aire aumenta la presión; cuando se llega a un nivel de agua y presión determinados, se produce la señal de parada de la bomba y el tanque queda en la capacidad de abastecer la red; cuando los niveles de presión bajan, a los mínimos preestablecidos, se acciona el mando de encendido de la bomba nuevamente. Dicho funcionamiento se puede observar en la tabla VII.

Tabla VII. **Funcionamiento de un Sistema Hidroneumático**

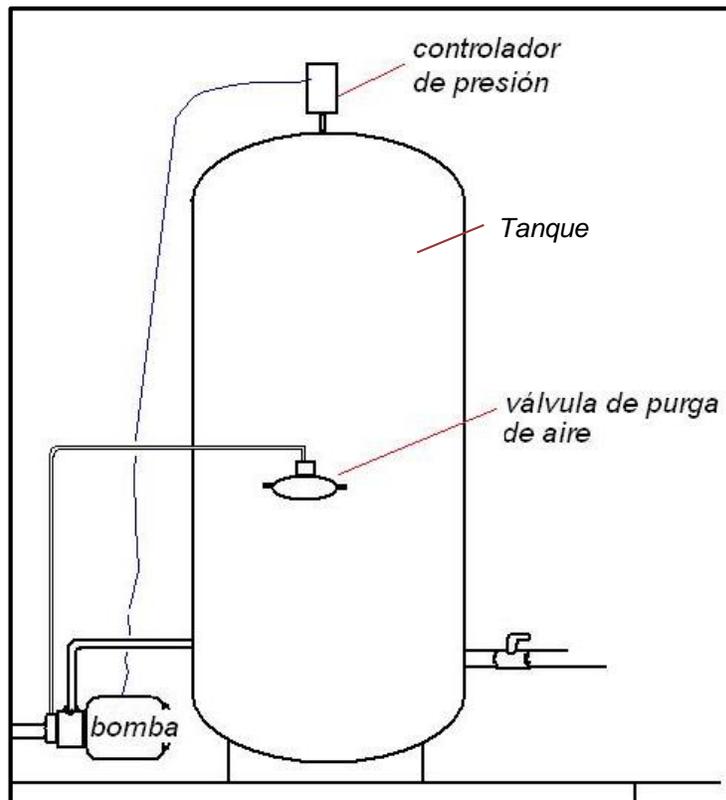
Etapa	Descripción	Esquema
1	<p>El tanque no tiene agua, sino solo aire. El aire se expande llenando el área por encima de la bolsa.</p>	
2	<p>El operario enciende la bomba. El agua comienza a ingresar en la bolsa del tanque. A medida que la bolsa se llena de agua, comprime aún más el aire en el interior del tanque.</p>	
3	<p>Cuando esta compresión iguala la presión de corte, el interruptor de presión se activa y la bomba se apaga. En estas condiciones, la bolsa permanece llena de agua y la cañería queda presurizada.</p>	
4	<p>Cuando se abre una toma de agua o una ducha conectadas a la línea de suministro, el agua comienza a consumirse y la presión desciende. Cuando la presión cae hasta llegar a la presión de arranque, el interruptor de presión se activa nuevamente y la bomba se enciende.</p>	

Fuente: *Sistemas Hidroneumáticos o Domésticos.*

www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-electricas-y-accesorios/sistemas-hidroneumaticos-como-funcionan. Consulta: julio 2018.

Un mecanismo hidroneumático ayuda a mejorar notablemente la presión dentro de una red de agua. En la figura 11 se muestran los componentes de dicho equipo.

Figura 11. **Sistema Hidroneumático**



Fuente: FULL MECÁNICA. *Instalación de tanques hidroneumáticos.*
www.fullmecnica.com/20-t. Consulta: diciembre 2014.

Los componentes de un sistema hidroneumático son: tanque de almacenamiento a presión, bomba de agua, válvula de purga de aire, válvula de retención o cheque, manómetro, control de presión y tablero de potencia o control.

2.3.3.1. Tanque a presión

Es un depósito de agua diseñado para contener fluidos (líquidos y gaseosos) a presiones mucho mayor que la presión ambiental (1,01325 bar). Son fabricados de materiales como chapa de acero, acero inoxidable, zinc y materiales plásticos; en su interior contiene una membrana que separa el aire del agua.

El hospital de accidentes del IGSS tiene 9 tanques de presión, todos con una capacidad de 0,4536 m³ (454,249 litros) de agua y una presión de 100Lb. De ellos, únicamente siete se encuentran en funcionamiento, los otros tres están inundados con agua. Estos se inspeccionan una vez al mes para verificar que aún contengan aire. Lo hacen pulsando la válvula de aire del tanque a presión. En la figura 12 se muestran los tanques de presión que tiene el hospital.

Figura 12. **Mecanismo de amortiguamiento o hidroneumático**



Fuente: dispositivos mecánicos del hospital de accidentes, IGSS.

Todos los tanques se encuentran en mal estado. Tres están inundados con agua, lo que ocasiona fuga de agua por las válvulas de aire. Además, carecen de protección a los cambios climáticos y esto genera daño físico al equipo.

La red actual tiene conectadas dos unidades de ablandamiento de agua a la salida de las bombas. El ablandamiento del agua es una técnica que sirve para eliminar los iones que endurecen el agua. El agua dura contiene una cantidad significativa de calcio y magnesio, taponan las tuberías y complica la

disolución de detergentes en agua⁸, la dureza del agua se puede dividir en cinco niveles que se muestran en la tabla VIII.

Tabla VIII. **Dureza del agua**

Nivel	Agua	Partes por millón (ppm)
1	Blanda	50
2	Moderadamente dura	50-100
3	Dura	100-200
4	Muy dura	200-300
5	Extremadamente dura	> 300

Fuente: RAMÍREZ, Antonio. *Calidad y tratamiento del agua*. www.elaguapotable.com.

Consulta: diciembre 2014.

Sin embargo, estas unidades fueron modificadas y almacenan aire en su interior para cumplir con la función de los tanques de presión. En la figura 13 se muestran dichos equipos.

⁸ RAMÍREZ, Antonio. *Calidad y tratamiento del agua*. www.elaguapotable.com. Consulta: diciembre 2014.

Figura 13. **Ablandadores**



Fuente: dispositivos mecánicos del hospital de accidentes, IGSS.

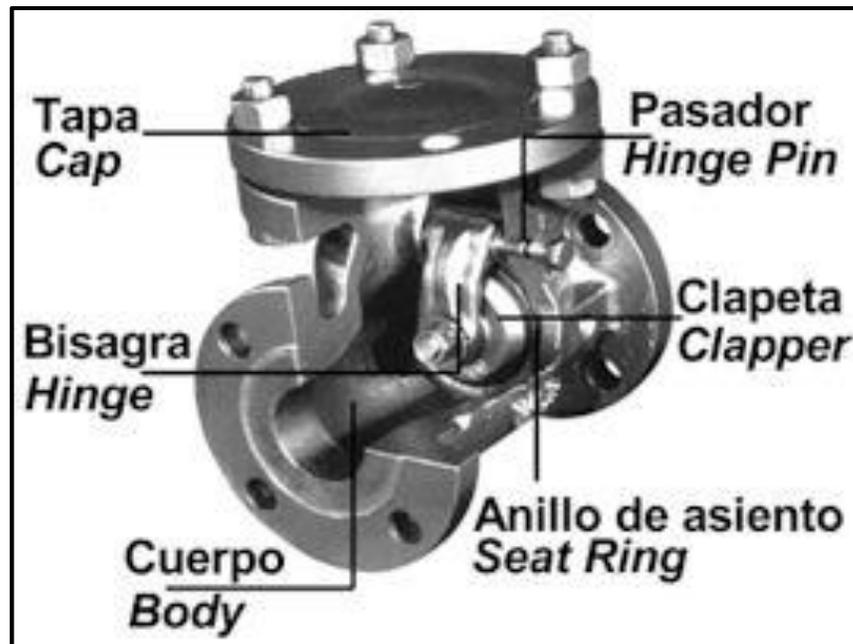
2.3.3.2. Bombas

Las bombas que suministran agua a los tanques de presión son las bombas especificadas las secciones anteriores, donde se hace referencia de las bombas centrífugas con las que cuenta la unidad hospitalaria.

2.3.3.3. Válvulas de retención

Las válvulas de retención son dispositivos auto accionados por el propio fluido que previene del retroceso del mismo a la parte más baja de la instalación. Esto implica que deben existir válvulas de retención a la salida de las bombas de agua porque, cuando están cerradas para darles mantenimiento o están paradas, la gravedad regresa los fluidos hacia abajo. Esta válvula se cierra instantáneamente y deja pasar solo el flujo que corre hacia la dirección correcta. Por eso, también reciben el nombre de válvulas de cheque o anti-retorno.

Figura 14. **Válvula de retención o *check***



Fuente: GONZÁLEZ, Jorge.

www.geocities.ws/MadisonAvenue/6883/trabajos/1valvulas/valvulas98.

Consulta: diciembre 2014.

Las bombas centrífugas del hospital tienen una válvula de retención del tipo pistón a la salida de cada una. Estas producen una mayor pérdida de carga en la instalación y también obligan al cierre más rápido y mayor sellado. Están provistas de un pistón guiado y reforzado por un muelle que lo cierra contra el asiento del cuerpo horizontal. En la figura 15 se muestran estos dispositivos.

Figura 15. **Válvula de retención a la salida de las bombas centrífugas**



Fuente: dispositivos mecánicos del hospital de accidentes, IGSS.

En la actualidad, estas válvulas de retención están ocasionando un fenómeno conocido como golpe de ariete, el cual se define a mayor detalle en los apartados siguientes.

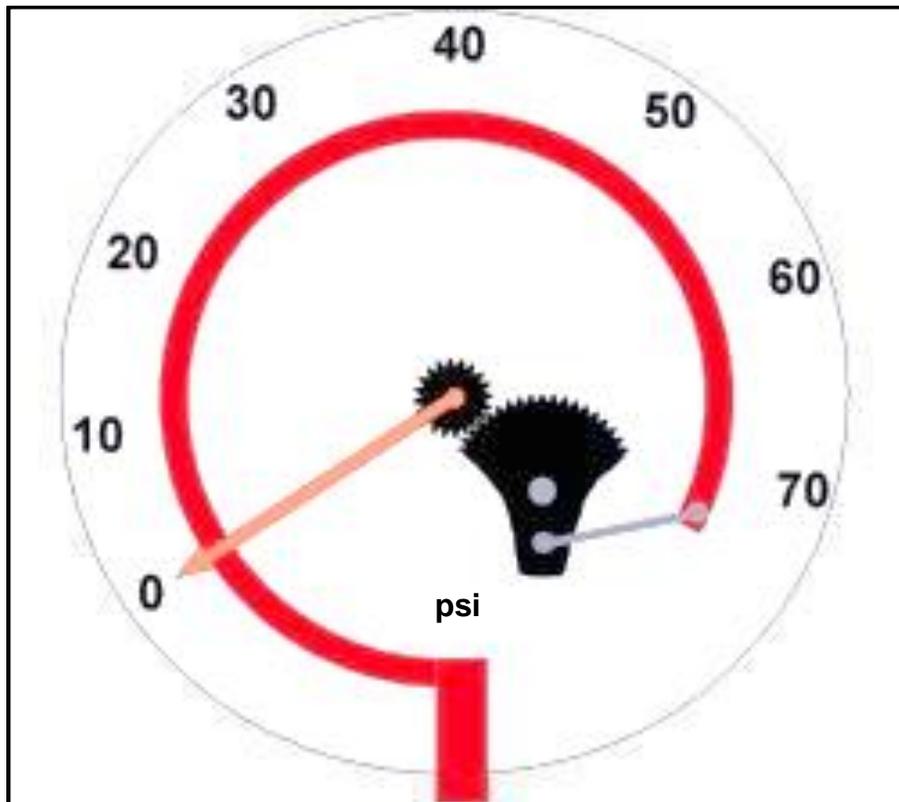
2.3.3.4. Manómetro

Es un instrumento para medir la presión de los fluidos líquidos y gaseosos. Todos los manómetros tienen un elemento que cambia alguna propiedad cuando se someten a la presión. Este cambio se manifiesta en una escala o pantalla calibrada directamente en las unidades de presión correspondiente. Existen tres tipos de mecanismos que utilizan los manómetros: manómetros de tubo U, de tubo de Bourdon y de fuelle⁹.

El más utilizado en instalaciones hidráulicas es el manómetro de tubo de Bourdon, el cual consiste en un tubo metálico elástico, aplanado y curvado de forma especial. Este tubo tiende a enderezarse cuando en su interior actúa una presión, por lo que el extremo libre del tubo se desplaza. Este desplazamiento mueve un juego de palancas y engranajes que lo transforman en el movimiento amplificado de una aguja que indica directamente la presión en la escala. Este dispositivo puede observarse en la figura 16.

⁹ *Manómetros*. www.sabelotodo.org/aparatos/manometros. Consulta: diciembre 2014.

Figura 16. **Manómetro de tubo de Bourdon**



Fuente: *Manómetros*. www.sabelotodo.org/aparatos/manometros.

Consulta: diciembre 2014.

En la actualidad, hay un manómetro en la estación de bombeo principal, dos en la estación de bombeo de contención y uno que se encuentra en la tubería principal de 101 mm (4") de diámetro, para la verificación de la medida.

Son manómetros de 101 mm (4") de carátula con una capacidad de lectura de 0 bar (0 psi) a 11 bar (160 psi), con mecanismo del tipo tubo de Bourdon tal y como se puede observar en la figura 17.

Figura 17. **Manómetro de la estación de bombeo**



Fuente: dispositivos mecánicos del hospital de accidentes, IGSS.

El manómetro de tubo de Bourdon es recomendado para instalaciones que utilizan presiones comprendidas entre 0 bar (0 psi) y 60 bar (871 psi).

2.3.3.5. Control de presión (Presostato)

El presostato también es conocido como interruptor de presión. Es un dispositivo que cierra o abre un circuito eléctrico dependiendo de la lectura de presión del agua.

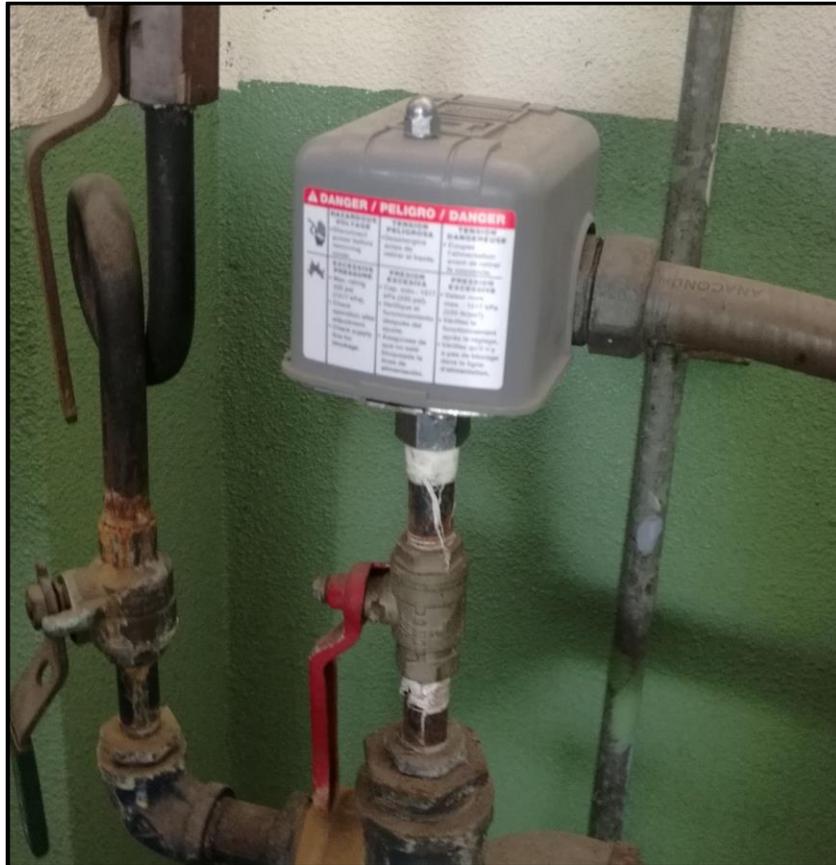
El agua ejerce una presión sobre un pistón interno haciendo que se mueva hasta que se unen dos contactos. Cuando la presión baja, un resorte empuja el pistón en sentido contrario y los contactos se separan para detener el funcionamiento de la bomba o sistema.

Un tornillo ajusta la sensibilidad de disparo del presostato al aplicar más o menos fuerza sobre el pistón a través del resorte. Se gradúa normalmente con la presión del fluido a la salida de la bomba. Los interruptores de presión tienen dos ajustes independientes: la presión de encendido y la presión de apagado.

La estación de bombeo de contención tiene un presostato que controla el motor de cada bomba. Están colocados en la tubería de descarga de las bombas con capacidad de 0 bar (0 psi) a 4,5 bar (66,71 psi).

Cada presostato activa el arranque de las bombas de contención a una presión de 1,37 bar (20 psi) y 2,75 bar (40 psi), siendo la presión de parada para una bomba de 2,75 bar (40 psi) y la otra de 4,14 bar (60 psi) respectivamente. Este dispositivo puede observarse en la figura 18.

Figura 18. **Presostato de la estación de bombeo**



Fuente: dispositivos mecánicos del hospital de accidentes, IGSS.

2.3.3.6. Tablero de potencia y control

Un tablero de potencia es un gabinete de distribución de energía eléctrica en baja tensión, con alto amperaje y voltajes de operación de hasta 600 Voltios en corriente alterna. Están diseñados según conveniencia del usuario, soportadas en un medio aislante y dispuesto de tal manera que facilite la instalación y las conexiones de esta. También consta de un flipón principal, el cual se muestra en la figura 19.

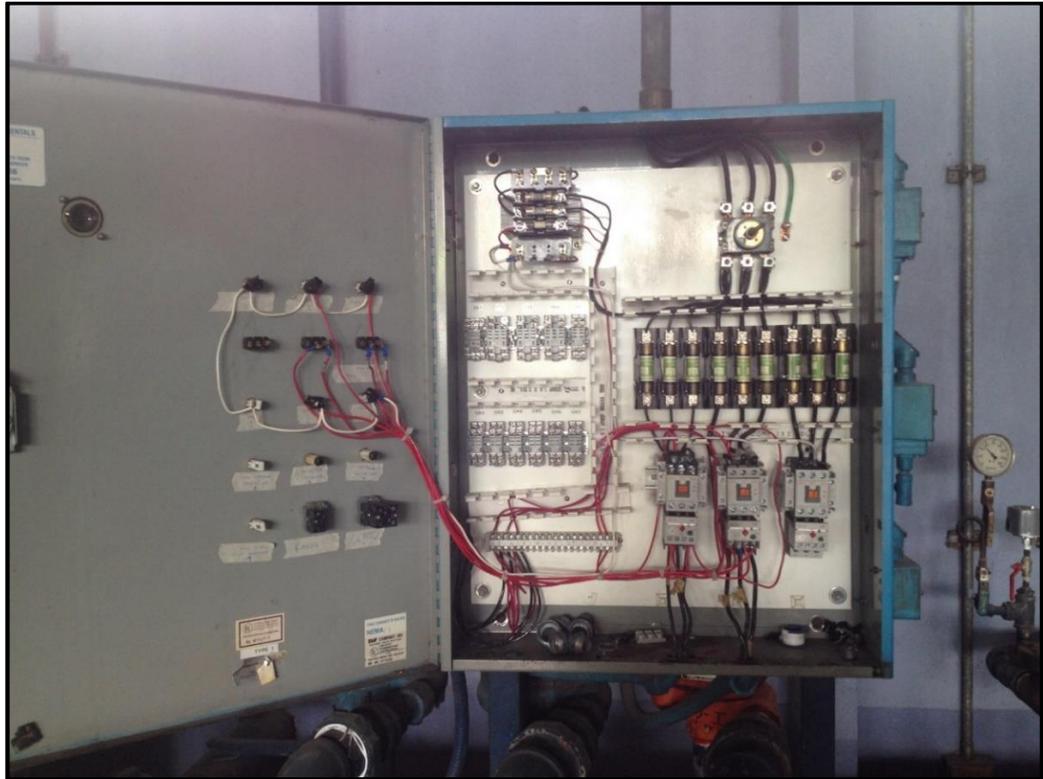
Figura 19. **Flipón principal – casa de máquinas**



Fuente: dispositivos eléctricos del hospital de accidentes, IGSS.

La estación principal de bombeo tiene tablero propio (véase la figura 20), que controla automáticamente el arranque de cada uno de los motores de cada bomba. Sin embargo, este sistema está fuera de servicio por averías. Esto provocó el paro repentino de la distribución de agua.

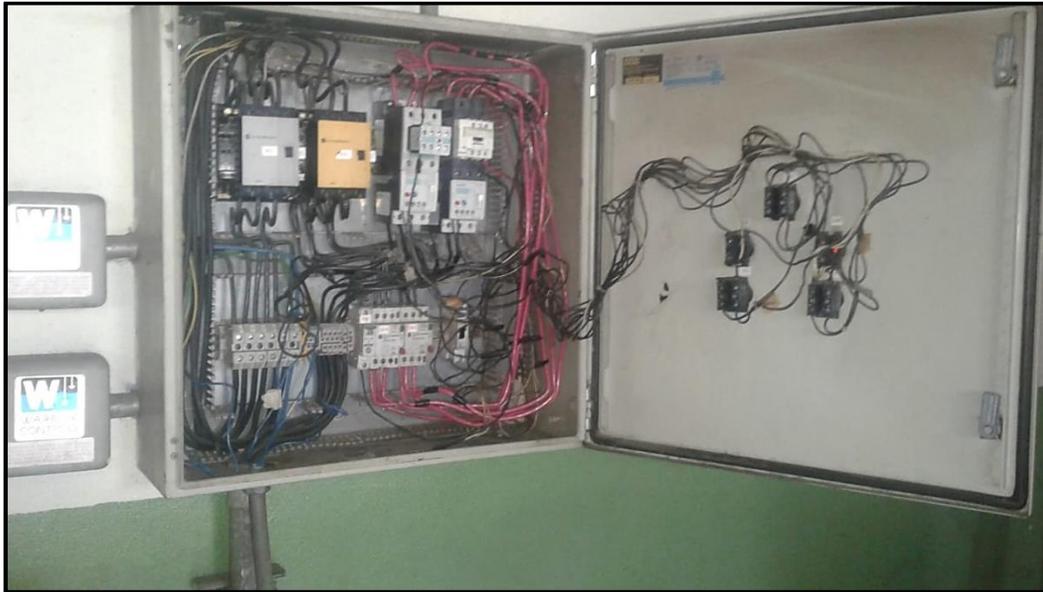
Figura 20. **Tablero de potencia de la estación de bombeo principal**



Fuente: dispositivos eléctricos del hospital de accidentes, IGSS.

La estación de bombeo de contención abastece de agua a todo el hospital. Su tablero de potencia puede observarse en la figura 21. Dado que estas bombas abastecen al hospital, funcionan ininterrumpidamente durante el día y la noche.

Figura 21. **Tablero de potencia de la estación de bombeo de contención**



Fuente: dispositivos eléctricos del hospital de accidentes, IGSS.

2.3.3.7. Cisterna o tanque de almacenamiento de agua

El hospital de accidentes del IGSS tiene una única cisterna o tanque almacenamiento de agua, ubicada detrás de la casa de máquinas. Es un tanque semienterrado, parte de su estructura está bajo el nivel del terreno y parte sobre el nivel de este. Está fabricado de concreto reforzado, sus dimensiones internas son de 21,4 metros de largo por 17,8 metros de ancho por 3 metros de alto con una capacidad de 1 142,76 m³ (1 142 760,76 litros) de agua. En la figura 18 se muestra la cisterna o tanque de almacenamiento de agua.

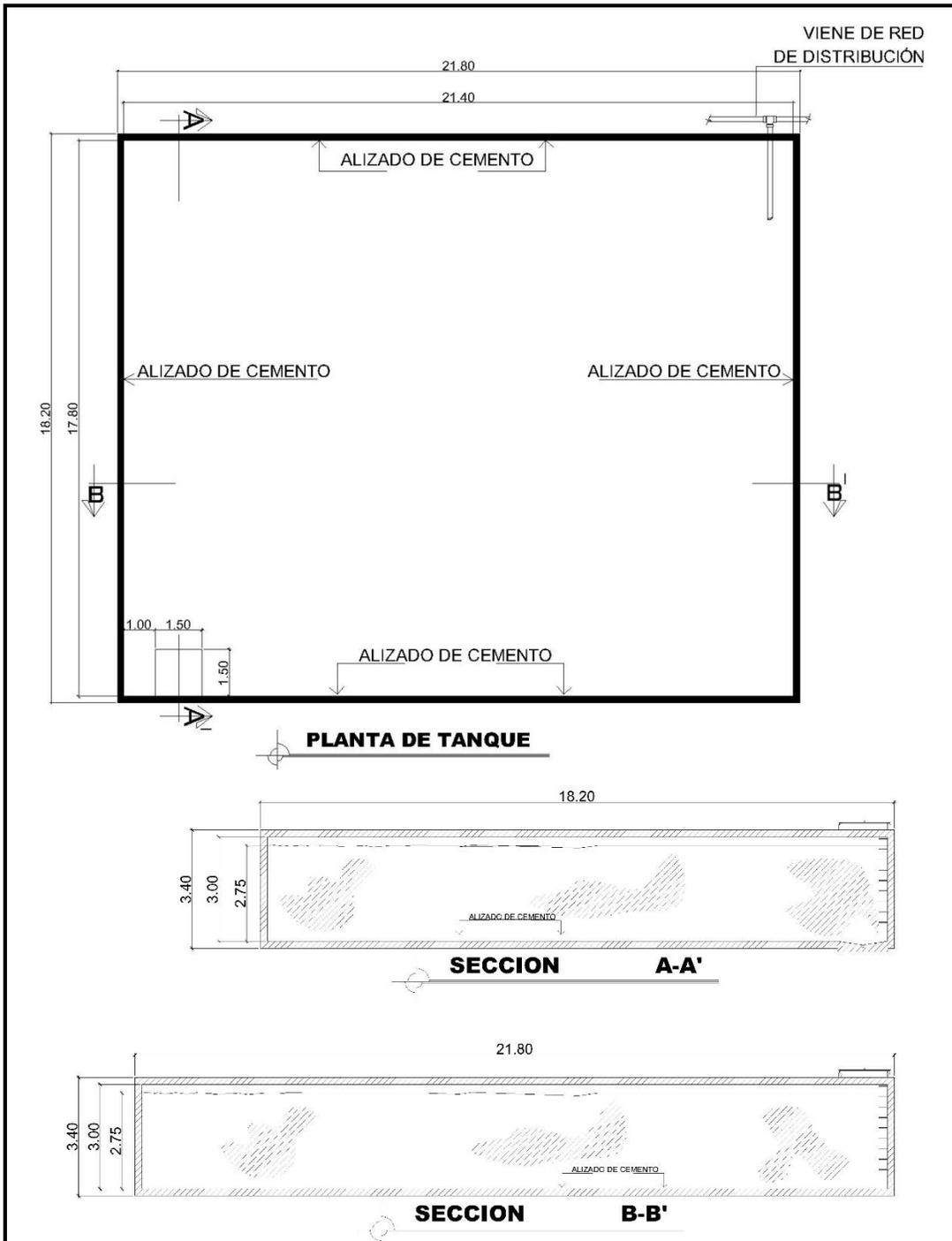
Figura 22. **Cisterna o tanque de almacenamiento de agua**



Fuente: cisterna del hospital de accidentes, IGSS.

En la figura 23 se muestra el diseño del tanque de almacenamiento de agua.

Figura 23. **Planta y secciones de la cisterna o tanque de almacenamiento de agua**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.3.4. Tuberías

El mercado ofrece diversos tipos de tuberías fabricadas de acero, de fundición, acero inoxidable, hierro negro, cobre, plomo, PVC, entre otras.

El hospital de accidentes del IGSS utiliza tuberías de hierro negro y de poli-cloruro de vinilo (PVC) para el abastecimiento de agua. La tubería de hierro negro se usa en el área donde está la estación de bombeo, todos los equipos de la casa de máquinas, como calderas, sistema hidroneumático, bombas y calentadores.

Las tuberías de PVC se usan para distribuir agua para todo el hospital. A continuación se describen los tipos de tuberías utilizados por el hospital y las características que le otorga el material del que están fabricados.

2.3.4.1. Materiales

- Tubería de hierro negro o acero al carbono

Las tuberías de acero al carbono tienen una resistencia superior a la oxidación y a la corrosión, no se encogen y mantienen su forma y fuerza. Este material es impermeable a los insectos, la putrefacción o el fuego.

En el área de la casa de máquinas toda la tubería es de hierro negro sin costura y de alta presión. Esta tubería fue fabricada bajo las normas ASTM según puede observarse en la tabla IX. Estas no presentan más daños externos que rasguños, raspones o cortaduras.

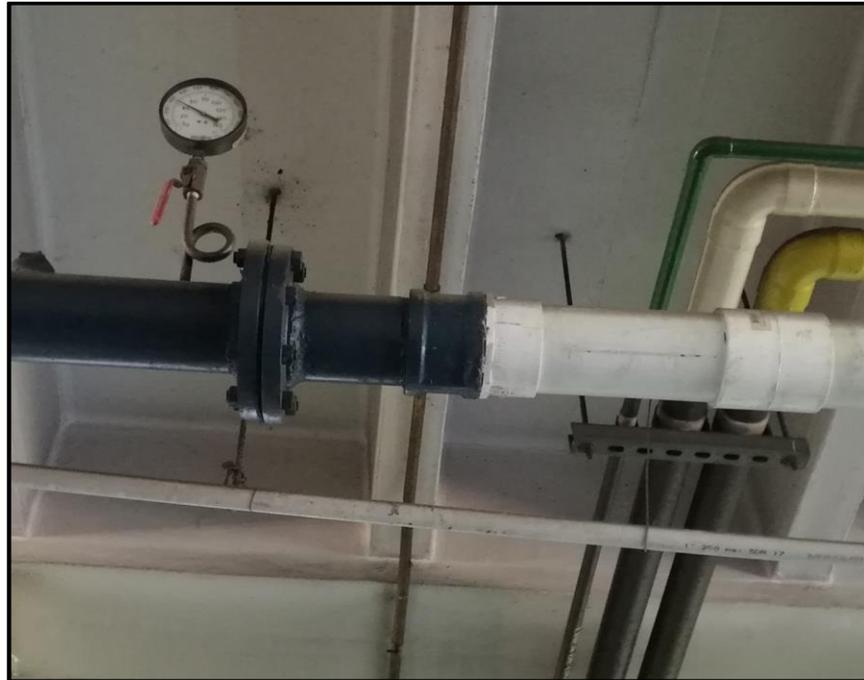
Tabla IX. **Características de tubería de acero al carbono**

Material	Normas de Fabricación	Grado	Resistencia a la tracción en (PSI)	Esfuerzo máximo permisible (PSI)
Acero al Carbono	ASTM A53	A	48 000	12 000
	ASTM A53	B	60 000	15 000
	ASTM A-106	A	48 000	12 000
	ASTM A-106	B	60 000	15 000
	ASTM A-106	C	70 000	17 500

Fuente: Aliados Agroindustriales, S.A. www.alaisa.com. Consulta: julio 2018.

La tubería a la descarga de las bombas centrífugas tiene una medida de 101 mm (4") a la entrada de cada hidroneumático. Esta medida se reduce a 31,75 mm (1 ¼") y a 50,8 mm (2") para los calentadores y caldera. La tubería de 101 mm (4") de diámetro se une a la tubería de plástico por medio de un acople universal, el cual permite la unión de tuberías de diferentes materiales y medidas para la distribución de agua al hospital. Esta unión se encuentra dentro de la casa de máquinas y puede observarse en la figura 24.

Figura 24. **Acople universal**



Fuente: dispositivos mecánicos del hospital de accidentes, IGSS.

- Tubería de PVC

Las tuberías de PVC se clasifican de la siguiente manera: tubería de policloruro de vinilo no plastificado (PVC-U) y policloruro de vinilo orientado (PVC-O). Lo que les diferencia es su proceso de fabricación y el coeficiente de dilatación. El PVC o policloruro de vinilo es un material muy utilizado para materiales de construcción. Lo caracteriza su resistencia, rigidez y dureza mecánicas elevadas, buen aislante eléctrico, elevada resistencia a sustancias químicas, impermeable a gases y líquidos, resistente a la acción de hongos, bacterias, insectos y roedores, fácil de instalación, resistente a la intemperie (sol, lluvia y viento), entre otras.

Toda la red de distribución de agua fría dentro del hospital se compone de este material. Este tipo de tubería se muestra en la figura 25. La tubería de PVC-U es un material ampliamente utilizado en las instalaciones de abastecimiento y saneamiento. Es un material ligero y presenta una flexibilidad que permite deformaciones sin colapso de la tubería. Este tipo de tubería se rige bajo la norma UNE-EN ISO 1452¹⁰, por lo tanto, es capaz de soportar una presión nominal de 17 bar (250 psi).

La tubería principal tiene una medida de 151 mm (6"). Conduce el agua desde la unión con la tubería de hierro negro hasta el hospital. Esta tubería principal reduce su tamaño al llegar al corredor de la planta baja. A partir de ahí, el diámetro de la tubería principal tiene una medida de 38,1 mm (2 ½") y 19 mm (¾") y 12,7 mm (½") para lavamanos y duchas.

En la actualidad, factores funcionales, como la presión interna del agua y fatiga del material, han afectado la tubería. Su antigüedad influye notablemente en la pérdida de resistencia mecánica y deformaciones de la tubería.

¹⁰ AENOR, UNE-EN ISO 1452, www.plastifer.es/Userfiles/Boletin-2.pdf. Consulta: julio 2018.

Figura 25. **Tubería de PVC**



Fuente: Casa de máquinas, hospital de accidentes, IGSS.

2.3.5. Accesorios

Son los dispositivos que se encuentran desde el sistema de impulsión de agua hasta la red de distribución de agua a temperatura normal dentro del hospital. Las válvulas y uniones son las principales.

2.3.5.1. Válvulas

Son dispositivos para abrir y cerrar, conectar y desconectar, regular, modular o aislar una enorme serie de líquidos y gases. Entre la gran gama de válvulas que existen en la red de distribución de agua fría están las de compuerta, de globo, de bola, de retención y reguladoras de presión.

2.3.5.1.1. Válvulas de compuerta

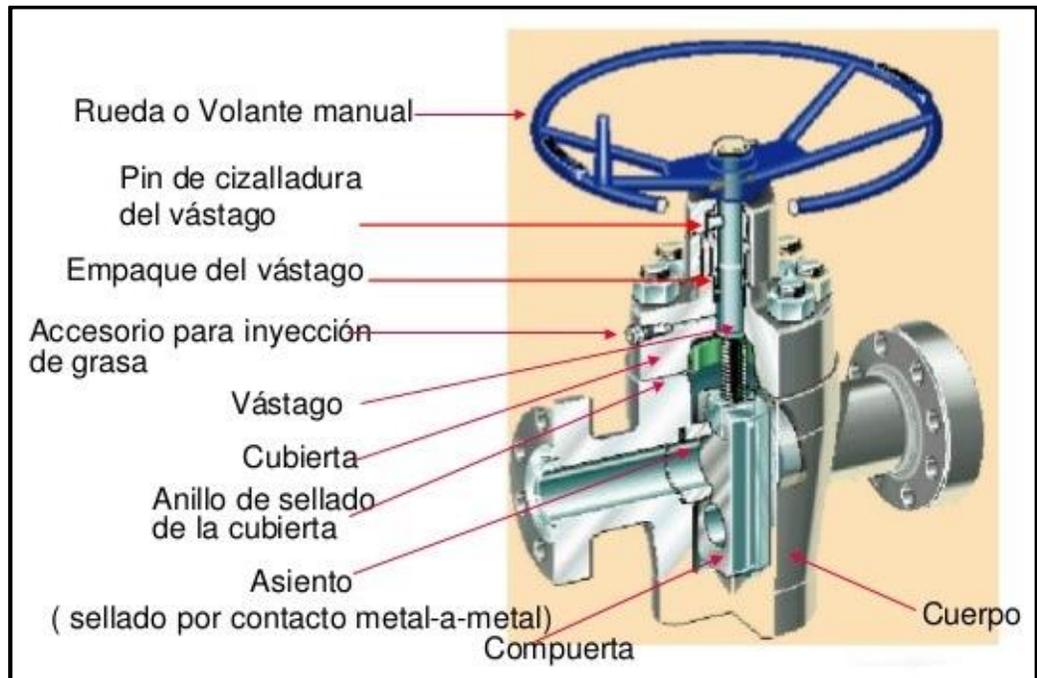
Es una válvula diseñada para cortar el paso del fluido a través de la conducción de agua. Su funcionamiento siempre debe ser totalmente abierta o cerrada¹¹, nunca en regulación para evitar daños a la válvula. Esta puede observarse en la figura 26.

La red de distribución de agua fría tiene varias válvulas de compuerta, entre las principales se pueden mencionar:

- En la tubería principal de descarga de agua del sistema de bombeo (al cerrar esta válvula se corta el suministro de agua a todo el hospital)
- En la tubería principal para aislar el mecanismo de amortiguamiento
- En la salida de la cisterna de agua

¹¹ ROSA. A. Tipos de válvulas más comunes y sus usos. www.grupodelpin.com. Consulta: julio 2018.

Figura 26. Componentes válvula de compuerta



Fuente: Portal Valvias. www.valvias.com. Consulta: diciembre 2014.

Las válvulas de compuerta se encuentran en buen estado, ya que se les ha utilizado correctamente. Sin embargo, la operación de abertura y cierre es lenta debido al desgaste producido por la fricción y la antigüedad. Este tipo de válvulas no se recomienda cuando el uso es frecuente. En la figura 27 puede observarse este dispositivo.

Figura 27. **Válvula de compuerta**



Fuente: dispositivos mecánicos del hospital de accidentes, IGSS.

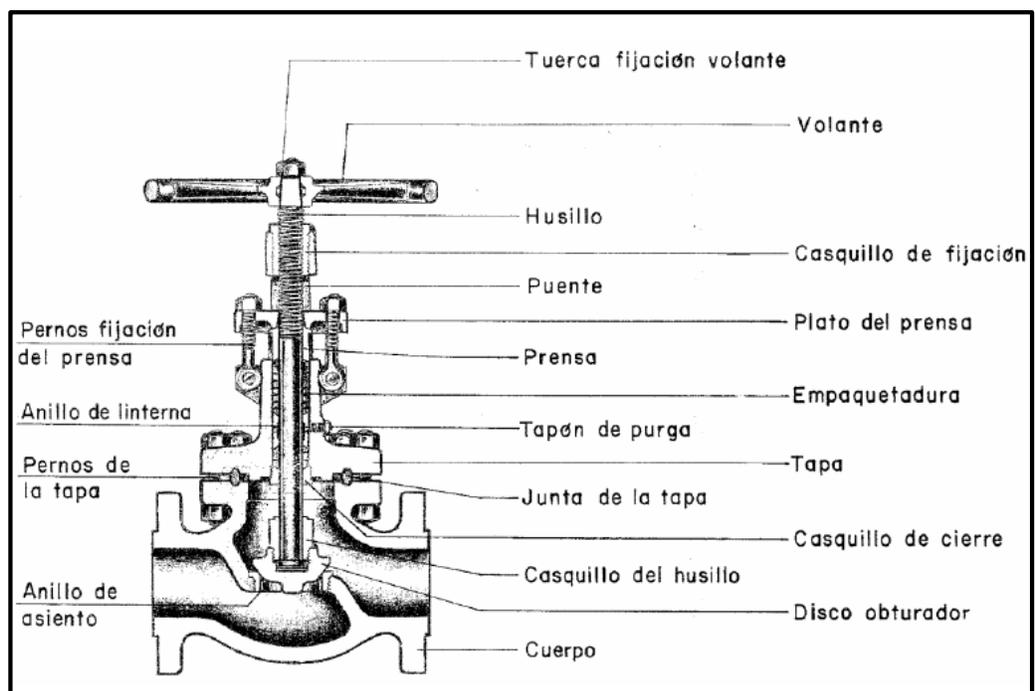
2.3.5.1.2. Válvulas de globo

Esta válvula tiene múltiples aplicaciones, desde el control de caudal hasta el control abierto-cerrado.

Cuando el tapón de la válvula está en contacto firme con el asiento, la válvula está cerrada. Cuando el tapón de la válvula está alejado del asiento, la válvula está abierta. Por lo tanto, el control de caudal está determinado por el

levantamiento del tapón de la válvula. Una característica de este tipo de válvula es que, incluso, si se utiliza en la posición parcialmente abierta, hay pocas posibilidades de daños al asiento o al tapón por el fluido. Los componentes de este dispositivo pueden observarse en la figura 28.

Figura 28. **Componentes válvula de globo**



Fuente: IBAÑEZ. Joaquin. *Válvula de globo*. <http://inevid.blogspot.com/2013/12/valvula-globo.html>. Consulta: julio 2018.

En la red de distribución de agua fría se utilizan estas válvulas en las duchas, mingitorios, lavamanos, lavatrastos, chorros, autoclaves, etc. Todas las válvulas funcionan de manera adecuada y se encuentran en buen estado. En la figura 29 puede observarse este dispositivo.

Figura 29. **Válvula de globo**



Fuente: dispositivos mecánicos del hospital de accidentes, IGSS.

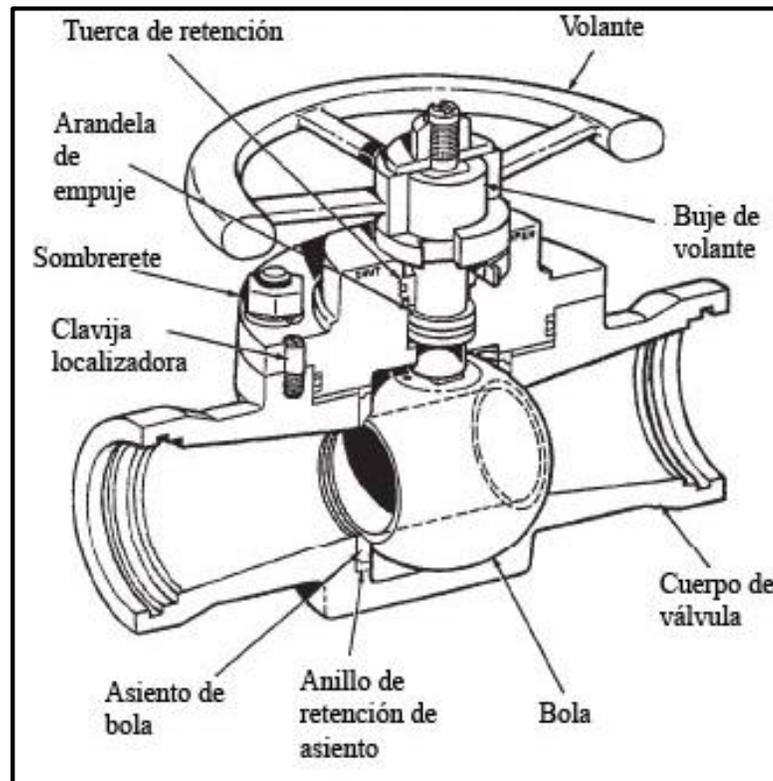
2.3.5.1.3. Válvulas de bola

Estas válvulas son de acción más rápida y de cierre más hermético que las válvulas de globo o de compuerta. Son una combinación de una esfera perfecta apoyada en muñones y con asientos móviles.

La válvula de bola está limitada a las temperaturas y presiones que permite el material del asiento. Se puede emplear para vapor, agua, aceite, gas, aire, fluidos corrosivos, pastas aguadas y materiales pulverizados secos.

Este tipo de válvula se recomienda, especialmente, para servicio de conducción y corte, sin estrangulación, cuando se requiere apertura rápida. Los componentes de este dispositivo se muestran en la figura 30.

Figura 30. **Componentes válvula de bola**

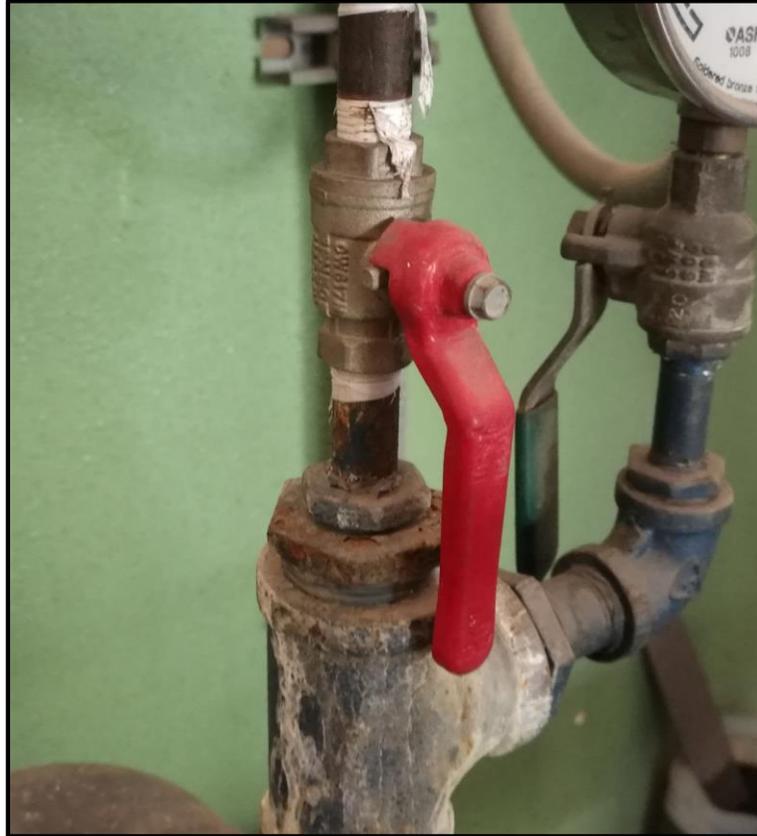


Fuente: *Conceptos Básicos de Neumática e Hidráulica*.

www.sapiensman.com/neumatica/neumatica_hidraulica30. Consulta: julio 2018.

Esta válvula es uno de los accesorios más utilizados a lo largo de la red de distribución de agua fría del hospital. Se utiliza para el corte del suministro de agua en todos los equipos de la casa de máquinas. También, es utilizada dentro de la distribución de agua dentro del hospital de material PVC. Este dispositivo se muestra en la figura 31.

Figura 31. **Válvula de bola**



Fuente: dispositivos mecánicos del hospital de accidentes, IGSS.

2.3.5.1.4. Válvulas de retención

Las válvulas de retención se utilizan para que el flujo se dirija en un solo sentido y su aplicación principal es en la descarga de cada bomba. Su función es prevenir que el flujo bombeado regrese una vez que las bombas se detienen. También evitan que el flujo de retorno provoque un giro inverso de las bombas, lo cual puede, en algunos casos, dañar los equipos de bombeo.

La red de distribución de agua fría tiene una válvula de retención tipo pistón a la descarga de cada bomba centrífuga, esta se observa en la figura 15. También hay una válvula a la descarga de cada bomba sumergible en el pozo. Tiene válvulas de retención adicionales instaladas en intervalos de 200 pies y una en la superficie del pozo. Están diseñadas para controlar el flujo y la presión del sistema. Además, soportan el peso de la bomba sumergible, la tubería y el agua en la tubería de descarga. Este dispositivo puede observarse en la figura 32. Otra característica relevante de su diseño es la absorción del golpe hidráulico asociado con el bombeo de agua desde el pozo.

Figura 32. **Válvula de retención para bombas sumergibles**



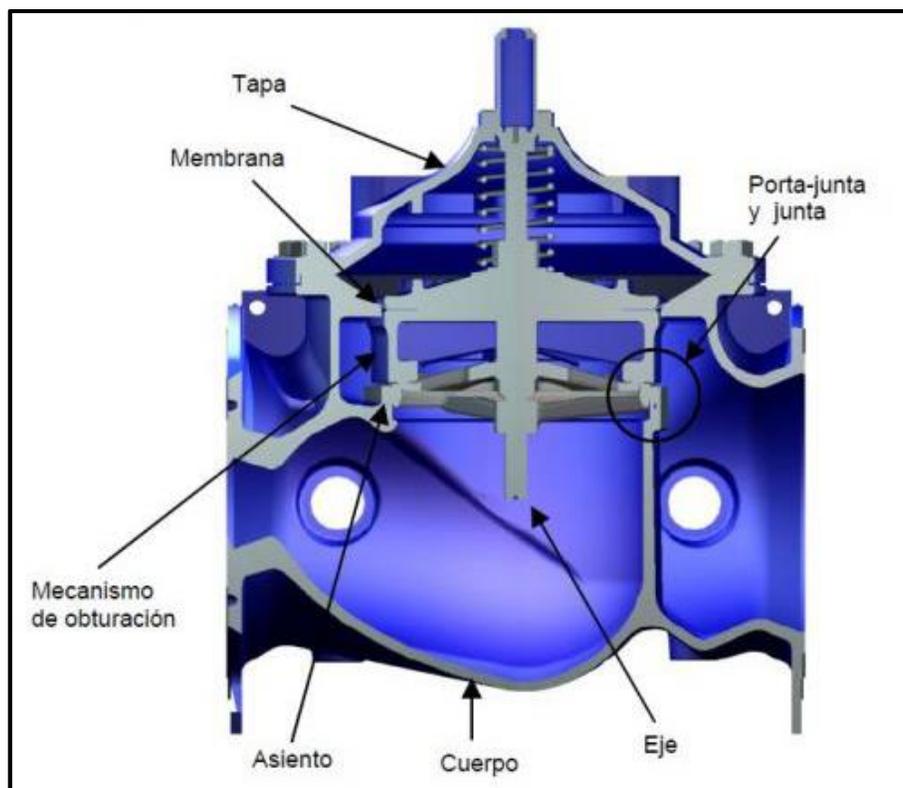
Fuente: Bombas y Mantenimiento Industrial S.A. *Válvulas de retención*. www.bymisa.mx.

Consulta: julio 2018.

2.3.5.1.5. Válvulas reguladoras de presión

La válvula reguladora de presión es una válvula automática que reduce una presión de entrada alta a una presión de salida menor y variable de acuerdo con los requerimientos del sistema distribución, y constante, cualquiera que sea la variación en el caudal y en la presión de entrada, los componentes de este dispositivo pueden observarse en la figura 33. La válvula deberá ser capaz de soportar una presión nominal de trabajo y estar controlada por válvulas auxiliares como válvulas piloto y aguja.

Figura 33. Componentes válvula reguladora de presión



Fuente: Grupo CLA-VAL. www.cla-val.es. Consulta: julio 2018.

En la red de distribución de agua fría existe una válvula reguladora de presión que se encuentra en la tubería principal a la descarga de las bombas centrífugas. Sin embargo, esta válvula reguladora de presión se encuentra fuera de servicio por tener una avería en la válvula auxiliar piloto. Puede observarse en la figura 34.

Figura 34. **Válvula reguladora de presión fuera de servicio**



Fuente: dispositivos mecánicos del hospital de accidentes, IGSS.

2.3.5.2. Uniones

La mayoría de los tubos se fabrican en tramos que van de 4 a 6 m de longitud. Es necesario unir los diferentes tramos para alcanzar las longitudes de tubería que requiere la instalación. Estas uniones pueden ser removibles o permanentes.

Es de vital importancia tomar en cuenta que las uniones removibles comúnmente son uniones que utilizan una rosca para unirse y las permanentes son uniones soldadas.

En la red de distribución de agua fría se utilizan los dos tipos de uniones según conveniencia. En la tubería de acero al carbono se utilizan mayormente las uniones roscadas, por la facilidad para realizar mantenimiento correctivo.

También la red de distribución de agua fría del hospital utiliza varias uniones accesorias dentro de su distribución, entre ellas se pueden mencionar bridas, codos, tee, cruces, taponos y reductores.

- **Bridas:** este tipo de unión proporciona una forma rápida de desarmar la tubería. Las bridas se unen a los extremos de las tuberías por medio de soldadura, rosca o solapándolas. Las caras de las bridas se acoplan por medio de pernos. En la red de tuberías se encuentra una unión con brida o acople universal, el cual permite la unión de la tubería de acero al carbono y la tubería principal de PVC para la distribución de agua dentro del hospital.
- **Codos:** estas uniones de forma curva se utilizan para cambiar la dirección del flujo de las líneas tantos grados como lo especifiquen los

planos de tuberías. El hospital cuenta con muchos de estos accesorios dentro de la distribución. Y son de materiales de PVC para la distribución de agua fría dentro del hospital. Acero al carbono para la tubería de la casa de máquinas y de cobre para la tubería que conduce agua caliente. En toda la distribución se encuentran codos de 45° y 90°.

- Tee: estos accesorios ofrecen un medio alternativo de conexión a un cabezal principal sin necesidad de reforzamiento. Generalmente están preformados a la curvatura de la tubería a la cual se van a unir. La red de distribución de agua tiene estos accesorios con las siguientes medidas: 38,1 mm (1 ½”), 19 mm (¾”), 50,8 mm (2”), 25,4 mm (1”) y 12,7 mm (½”). De materiales de PVC y acero al carbono.
- Cruces: se utilizan estas uniones en el centro de la red de distribución de agua fría para que el agua pase a los servicios ubicados en los cuatro extremos del accesorio. Esto constituye uno de los accesorios de la red inicial cerrada con la que contaba el hospital y son del tipo PVC.
- Tapones: la mayoría de estos accesorios se usan en las tuberías de los servicios del hospital en caso de ya no ser necesaria la toma de agua.
- Reductores: estos accesorios tienen forma cónica, se fabrican de diferentes materiales. En la red de agua fría se utilizan de PVC, acero al carbono y galvanizadas. Disminuyen el volumen del fluido a través de las líneas de las tuberías. En la tabla VIII se encuentran los reductores con los que cuenta la red de agua fría.

Tabla X. **Accesorios reductores para tubería de PVC y hierro al carbono**

Medida (plg)	Reducido a (plg)
2 ½	1 ½
2 ½	1 ¼
2	1 ½
2	1 ¼
1	¾
1 ½	¾
1 ¼	1
1 ¼	¾
1 ¼	½
¾	½

Fuente: elaboración propia.

2.4. Golpe de ariete

Para entender el fenómeno conocido como golpe de ariete antes se debe comprender la clasificación del flujo del fluido que le da origen a este tipo de problema.

Flujo no permanente: estos flujos en tuberías se asocian a plantas hidroeléctricas y sistemas de distribución de líquidos, como el agua y el petróleo, que pasan a través de tuberías a largas distancias¹².

¹² GHERARDELLI. Carlos. *Mecánica de fluidos*. www.u-cursos.cl. Consulta: julio 2018.

Para que se produzca un flujo no permanente es necesario que exista algún fenómeno de excitación en el sistema que cambie las condiciones del flujo permanente. Estas excitaciones se producen a través del cierre o apertura de válvulas, el encendido o apagado de bombas, la ruptura de tubos y la aparición del fenómeno de cavitación.

El golpe de ariete es un fenómeno que aparece en tuberías causado por una obstrucción repentina parcial o total al paso del flujo del líquido. Sucede comúnmente al cerrar una válvula en la descarga del líquido o con la detención de una bomba. En estos casos el líquido no se comporta como incompresible ni la tubería como rígida. La interacción de los cambios de cantidad de movimiento y las fuerzas aplicadas hacen que el fluido se comprima ligeramente y que la tubería se deforme, lo que puede llevar a cambios de presión significativos y a un flujo oscilatorio del fluido.

Luego del cambio de la estación de bombeo principal a la estación de bombeo de contención, se ha presentado este fenómeno en la red de distribución de agua fría del hospital.

A continuación, se describe este fenómeno y algunos métodos que ha utilizado el hospital de accidentes del IGSS para reducir el efecto que tiene en la red.

2.4.1. Descripción del fenómeno

El golpe de ariete es una onda de presión que se produce cuando un fluido en movimiento se ve obligado a detenerse o cambiar de dirección repentinamente.

Con frecuencia se produce cuando una válvula se cierra de repente en un extremo de un sistema de tuberías y una onda de presión se propaga en el tubo. También se conoce como choque hidráulico. Esta onda de presión puede causar grandes problemas, el ruido y las vibraciones a un colapso o rotura de la tubería.

Asimismo, el golpe de ariete es un aumento brusco de presión en tuberías producido por el funcionamiento de válvulas o bombas. En bombeos es frecuente que se produzca golpe de ariete tras la parada de bombas. En muchos casos las presiones máximas medidas son muy superiores a lo que nos indican los cálculos. Estas sobrepresiones pueden causar serios daños en las válvulas, la tubería y la bomba hasta hacerlas colapsar. Las válvulas de retención provocan la parte de golpe de ariete más violenta.

2.4.2. Métodos para reducir el efecto del golpe de ariete

Para el control del golpe de ariete provocado por la parada brusca de las bombas eléctricas se ha utilizado el sistema hidroneumático. Sin embargo, se ha escuchado este fenómeno a lo largo de la distribución de agua fría y ha ocasionado roturas en la tubería del hospital, daños a las válvulas de retención, a la válvula reguladora de presión y a las uniones.

Se instalaron cámaras de aire a lo largo de la red de distribución de agua fría, las cuales pueden observarse en la figura 35. Este se trata de un trozo de caño vertical con tapa, lleno de aire e instalado en diferentes partes de la tubería. El aire amortigua el choque del golpe de ariete. No obstante, no existe nada que separe el agua del aire. Llegado el caso, el agua absorbe el aire y la cámara de aire se anega. Una vez que la cámara de aire se anega, no brinda

protección contra el daño producido por el golpe de ariete. La vida útil de la mayoría de las cámaras es breve.

Figura 35. **Cámara de aire**



Fuente: DÍAZ, Félix. *Notas sobre el ariete hidráulico*. p 2.

Además, por remodelaciones en las instalaciones del hospital, se han removido muchas de las cámaras de aire colocadas en la distribución de tuberías.

2.5. Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo o de averías es el conjunto de acciones para que un sistema se restablezca y garantice su funcionamiento óptimo a un costo mínimo. Para evitar demoras se reparan las averías después del fallo.

La sección de mantenimiento ejecuta el mantenimiento correctivo de los siguientes equipos e instalaciones:

- Calderas pirotubulares
- Compresor de aire industrial
- Bombas de agua
- Red de distribución de agua fría y caliente
- Instalación eléctrica de la casa de máquinas únicamente
- Infraestructura
- Instalaciones mecánicas
- Instalaciones sanitarias
- Instalaciones de abastecimiento de agua.

Estos equipos industriales e instalaciones son inspeccionados permanentemente durante su funcionamiento para tener respuesta rápida en caso de una avería. Esto es debido a la importancia que tienen para el funcionamiento general del hospital.

2.6. Mantenimiento preventivo

El hospital de accidentes del IGSS subcontrata a empresas especializadas para realizar el mantenimiento preventivo de los siguientes equipos:

- Compresor de aire médico
- Planta de energía eléctrica para emergencias
- Equipos de aire acondicionado o refrigeración hospitalaria
- Bombas de agua sumergibles tipo turbina
- Instalación eléctrica de las instalaciones del hospital.

2.7. Situación actual de la distribución de instalaciones de lavandería

En los siguientes apartados se describen los equipos industriales que tiene la lavandería. El objetivo es analizar la disponibilidad de espacio entre dichos elementos de la distribución y la demanda del servicio. El análisis enfoca el proceso utilizado para lavar ropa y la distribución de instalaciones que afecta directamente en la productividad del servicio.

2.7.1. Descripción de equipos

Los equipos industriales con los que cuenta la sección de lavandería son: cuatro lavadoras industriales, seis secadoras industriales y una planchadora/dobladora de sábanas.

- Lavadoras industriales: en el servicio de lavandería se utilizan cuatro lavadoras industriales operadas de manera manual en forma simultánea. Dos lavadoras tienen capacidad para 360 lb de ropa con más de 15 años de antigüedad y uso por lo que se encuentran muy desgastadas. Provocan mucho ruido al agitar la ropa porque los amortiguadores se encuentran en muy mal estado. Existen otras dos lavadoras en buen estado: una con capacidad para 135 lb y otra para 265 lb de ropa. Este equipo industrial no genera problemas, es el único que utiliza agua fría y

no posee un sistema de reciclaje de agua. Este equipo se describe en la tabla XI.

Tabla XI. **Lavadoras Industriales**

Lavadora	1.	2.	3.	4.
Marca	DE FRANCESCHI	DE FRANCESCHI	MILNOR	RENZACCI
Modelo	LCFA NTB165SE	LCFA NTB165SE	42026Q4P	LX 120
Capacidad (KG)	165	165	60	120
Capacidad (Lb)	360	360	135	265
RPM	620	620	440	365
Ancho (m)	2,85	2,85	1,307	1,88
Profundidad (m)	2,01	2,01	1,933	2,06
Altura (m)	2,101	2,101	1,768	2,06
Conexión eléctrica	380V - 50Hz	380V - 50Hz	220V - 50Hz	220V - 60Hz

Fuente: elaboración propia, con datos proporcionados por el IGSS.

En la siguiente figura se observa la fotografía de una lavadora industrial.

Figura 36. Lavadora industrial



Fuente: instalaciones del hospital de accidentes, IGSS.

- Secadoras industriales: tienen seis secadoras industriales cuyo estado es aceptable, aunque, ocasionalmente se deben reparar. Cuatro de ellas están en funcionamiento, las otras dos están disponibles pero no son necesarias. Se usan cuando una de las secadoras se encuentra en mantenimiento o fuera de servicio. Pueden ser operadas de forma simultánea, puesto que se encuentran conectadas en paralelo. La descripción de dichos equipos puede observarse en la tabla XII.

Tabla XII. **Secadoras Industriales**

Lavadora	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Marca	IMESA	IMESA	HUEBSCH	HUEBSCH	ADC AMERICAN DRYER CORP	ADC AMERICAN DRYER CORP
Modelo	ER- PSOVAT	ER- PSOVAT	JT110CSH	JT110CSH	AD-170	AD-170
Capacidad (KG)	45	45	45	45	78	78
Capacidad (Lb)	100	100	100	100	170	170
Ancho (m)	1,21	1,21	1,181	1,181	1,419	1,419
Profundidad (m)	1,60	1,60	1,651	1,651	1,613	1,613
Altura (m)	2,151	2,151	1,997	1,997	2,054	2,054
Conexión eléctrica	380V - 50Hz	380V - 50Hz				

Fuente: elaboración propia, con datos proporcionados por el IGSS.

En la figura 37 se muestra la fotografía de las secadoras industriales.

Figura 37. **Secadoras industriales**



Fuente: instalaciones del hospital de accidentes, IGSS.

- **Planchadora y dobladora**

El servicio de lavandería también tiene a su disposición, una planchadora y dobladora de sábanas marca Piotello Lavital con modelo no. RC 600/3/3300. Utiliza una conexión trifásica a 480V – 60Hz, aire para el sistema hidráulico y vapor para el planchado de las sábanas. Está deteriorada debido a que ha estado en uso por muchos años. Por ello, los botones de operación ya no funcionan adecuadamente. En la figura 38 puede observarse una fotografía de dicho equipo.

Figura 38. **Planchadora y dobladora de sábanas**



Fuente: instalaciones del hospital de accidentes, IGSS.

2.7.2. Disponibilidad de espacio entre los elementos de la distribución

Las dimensiones del espacio físico total de la sección de lavandería son de 20,81 metros de largo por 14,4 metros de ancho. En la tabla XIII se presentan las dimensiones de los equipos industriales que se han instalado en la lavandería.

Tabla XIII. Dimensiones del equipo industrial

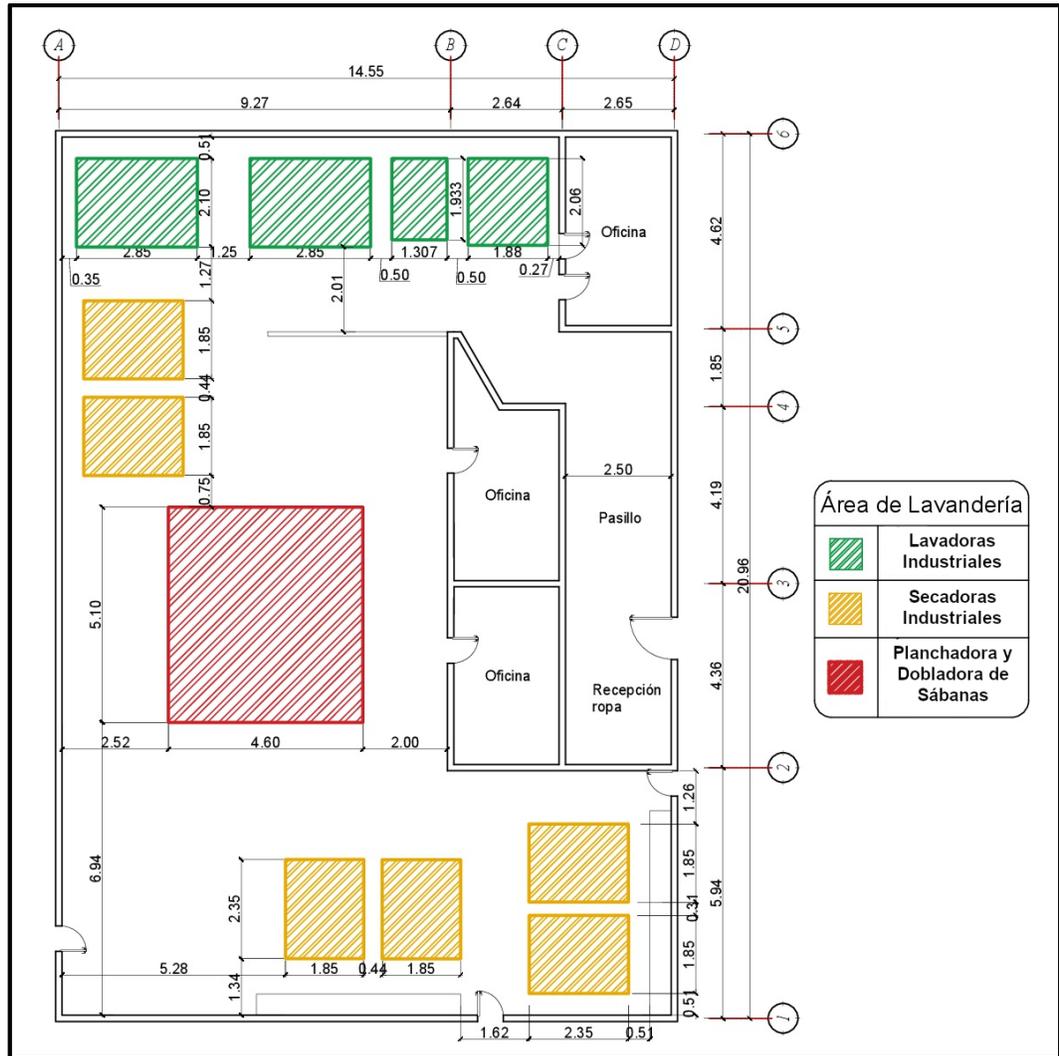
Cantidad	Equipo	Dimensiones		
		Ancho (m)	Profundidad (m)	Altura (m)
1	Planchadora y dobladora de sábanas	4,60	5,10	1,51
2	Secadoras marca IMESA	1,21	1,60	2,151
2	Secadoras marca HUEBSCH	1,181	1,651	1,997
2	Secadoras marca ADC	1,419	1,613	2,054
2	Lavadora marca DeFranceschi	2,85	2,01	2,101
1	Lavadora marca Milnor	1,307	1,933	1,768
1	Lavadora marca Renzacci	1,88	2,06	2,06

Fuente: elaboración propia, con datos proporcionados por el IGSS.

El personal de la lavandería ha manifestado que se presentan diversos problemas para el lavado de ropa, entre ellos, dificultad para el traslado de ropa hacia las secadoras por obstrucción de paso en corredores, distancia excesiva entre las lavadoras y secadoras, carecen de espacio específico para colocar la ropa sucia, por lo que deben apilarla en los corredores antes de ingresarla a las lavadoras. También indican que se acumula gran cantidad de ropa en la recepción por la lentitud del proceso. En la figura 39 se observa la distribución de los equipos en la sección de lavandería, en las instalaciones disponibles. El color verde representa las lavadoras industriales, el color amarillo representa las secadoras industriales y el color rojo representa la planchadora y dobladora de sábanas, donde se puede notar que cuatro de las seis secadoras se encuentran del otro lado de las lavadoras, aumentando la distancia a recorrer para el secado de la ropa.

En la recepción dejan los carros donde transportan la ropa. En la actualidad utilizan como bodega dos de las tres oficinas. En ellas almacenan los insumos para el lavado de ropa. El jefe de lavandería utiliza la tercera oficina. El ingreso para la bodega de ropa limpia se encuentra en la parte inferior entre las secadoras industriales.

Figura 39. **Distribución de instalaciones actual del servicio de lavandería**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.7.3. Demanda del servicio

La demanda de ropa limpia en un hospital es muy alta porque los ambientes deben estar libres de gérmenes, bacterias, contaminación y enfermedades.

La capacidad del servicio de lavandería para lavar ropa depende de la capacidad de cada lavadora, del tiempo del proceso de lavado de ropa sucia y del tiempo disponible o jornada laboral. Esto significa que solo se tendrá la cantidad de ropa limpia según la suma de la cantidad (en libras) de ropa por carga en cada una de las lavadoras. En la tabla XIV se tabula la cantidad de ropa por capacidad de la lavandería y la cantidad de ropa real que se lava por día actualmente.

Tabla XIV. Demanda de ropa del servicio de lavandería

Lavadora	Capacidad (Lb)	Libras de ropa por carga	Cargas por día capacidad	Cargas por día real	Libras de ropa por día según capacidad por día	Libras de ropa reales por día
1	360	324	6	4	2 294	1 296
2	360	324	6	4	2 294	1 296
3	135	100	6	3	860	300
4	265	220	6	3	1 689	660
Total	1 120	968	25	14	7 137	3 552

Fuente: elaboración propia, con datos proporcionados por el IGSS.

Ha de notarse que las lavadoras son cargadas libras por debajo de su capacidad máxima. El jefe de lavandería fijó estos valores para cada una de las lavadoras para evitar que dichos equipos fuesen sobrecargados.

El personal de lavandería labora desde las seis de la mañana hasta las siete de la noche. Estas 13 horas efectivas de trabajo se dividen en dos turnos. En el primero, que va de las seis de la mañana a las dos de la tarde laboran siete personas; El segundo turno comprende de una de la tarde a siete de la noche y también lo atienden siete personas, de lunes a viernes. Los sábados y domingos labora un turno atendido por siete personas desde las seis de la mañana hasta las tres de la tarde.

En la tabla XV se muestra el proceso que se utiliza en el servicio de lavandería para el lavado de ropa (sábanas, uniformes y ropa contaminada).

Tabla XV. Diagrama de flujo de proceso del servicio de lavado de ropa

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO			
Fecha de Elaboración: enero 2018	Diagrama No. 1	Página:	1 de 2
Elaborado Por: José Daniel Fuentes		Aprobado Por: N/A	
Proceso: Lavado de sábanas, uniformes y ropa contaminada (Lote de 324, 100 y 220 libras de ropa respectivamente por lavadora).	Método:	Actual	X
		Propuesto	
Empieza En: Recepción de ropa	Termina en: Almacenamiento de ropa limpia		
Descripción	Tiempo (en minutos)	Distancia (en metros)	Símbolo
Recepción de ropa	5		○ → D □ ▽
En espera de inspección	2		○ → D □ ▽
Inspección de ropa	5		○ → D □ ▽
En espera de la persona que traslada la ropa	3		○ → D □ ▽
Traslado al área de clasificación	0,5	5	○ → D □ ▽
En espera para su preparación	3		○ → D □ ▽
Preparación de ropa urgente	3		○ → D □ ▽
Preparación ropa normal	7		○ → D □ ▽
Clasificación de ropa; ropa contaminada, sábanas y batas u otros.	10		○ → D □ ▽
En espera de pesa disponible	3		○ → D □ ▽
Preparación de cargas (peso)	10		○ → D □ ▽
Inspección de peso de las cargas	1		○ → D □ ▽
En espera de colocar la ropa en los carros	2		○ → D □ ▽
Traslado al área de lavado	1,4	11	○ → D □ ▽
Preparación de utensilios de lavado (detergente)	2		○ → D □ ▽
Inspección lavadora industrial	1		○ → D □ ▽
En espera de programación de lavadora	1		○ → D □ ▽
Lavado de ropa	15		○ → D □ ▽
En espera de colocar la ropa en los carros	2		○ → D □ ▽
Traslado al área de secado	1	13	○ → D □ ▽

Continuación tabla XV.

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO				
Fecha de Elaboración: enero 2018		Diagrama No. 1		Página: 2 de 2
Elaborado Por: José Daniel Fuentes			Aprobado Por: N/A	
Proceso: Lavado de sábanas, uniformes y ropa contaminada (Lote de 324, 100 y 220 libras de ropa respectivamente por lavadora).			Método:	Actual X Propuesto
Empieza En: Recepción de ropa			Termina en: Almacenamiento de ropa limpia	
Descripción	Tiempo (en minutos)	Distancia (en metros)	Símbolo	
Inspección de secadora industrial	1		○ ⇒ D □ ▽	
En espera de programación de secadora	1		○ ⇒ D □ ▽	
Secado de ropa	15		○ ⇒ D □ ▽	
En espera de colocar en carro para el traslado	2		○ ⇒ D □ ▽	
Traslado al área de planchado y doblado	0,5	4	○ ⇒ D □ ▽	
Planchado y Doblado	15		○ ⇒ D □ ▽	
En espera para el traslado al almacenamiento	2		○ ⇒ D □ ▽	
Traslado al almacenamiento	3	10	○ ⇒ D □ ▽	
Almacenamiento de ropa limpia	5		○ ⇒ D □ ▽	
RESUMEN				
Actividad	Descripción	Total	Cantidad	
			Minutos	Metros
○	Operación	9	82	-
⇒	Transporte	5	6,4	43
D	Demora	10	21	-
□	Inspección	4	8	-
▽	Almacenamiento	1	5	-
TOTAL		29	122,4	43

Fuente: elaboración propia, con datos proporcionados por el IGSS.

Por lo tanto, se tienen 122,4 minutos o 2 horas con 2 minutos y 24 segundos para el lavado de 324, 100 y 220 libras de ropa sucia, respectivamente por cada lavadora según capacidad.

Si en la lavadora número 1 el proceso demora 2,04 horas y únicamente lava cuatro cargas de ropa, el equipo funciona 8,16 horas. Es decir que, si la lavadora pasa 4,84 horas sin funcionamiento de las 13 horas disponibles, el equipo está subutilizado.

Con base en lo anterior se podrá calcular la utilización de la capacidad y eficiencia del servicio mediante las siguientes fórmulas:

$$\text{Utilización (\%)} = \frac{\text{Libras de ropa reales por día}}{\text{Libras de ropa por día según capacidad}} * 100 \quad (\text{Ec. 1})$$

$$\text{Eficiencia (\%)} = \frac{\text{Libras de ropa reales por día}}{\text{Libras de ropa efectivas por día}} * 100 \quad (\text{Ec. 2})$$

El personal durante su jornada laboral va al baño, se estira, conversa, toma una pausa, se cansa, entre otras. Es decir que al tiempo total que trabaja la mano de obra se le resta un porcentaje correspondiente a este tipo de actividades y al desgaste que tienen durante la jornada laboral. Estos son los suplementos, tolerancias o concesiones de la medición del trabajo. Por ello se considera un 15 % de suplemento. En otras palabras, se establece que el trabajo real de la mano de obra está por un 85 % (100 – 15) del tiempo de trabajo total (13 horas). Se multiplicará la cantidad de ropa por día según capacidad (Lb) por 85 % que resulta el tiempo efectivo de trabajo de la mano de obra. Con dicho porcentaje se calculan las libras de ropas efectivas por día:

$$7\,137 \text{ libras de ropa} * 0,85 = 6\,067 \text{ Libras de ropa efectivas por día}$$

Aplicando la ecuación 1 y 2, se tiene que:

$$\text{Utilización (\%)} = \frac{3\,552}{7\,137} * 100$$

$$\text{Utilización (\%)} = 50 \%$$

$$\text{Eficiencia (\%)} = \frac{3\,552}{6\,067} * 100$$

$$\text{Eficiencia (\%)} = 59 \%$$

En el caso de la lavandería se ha obtenido un 50 % de utilización de la capacidad total y un 59 % de eficiencia en el servicio. Ha de tomarse en consideración que no es bueno trabajar con una utilización cercana al 100 % por el desgaste que esto genera. Sin embargo, una utilización inferior del 70 % es sinónimo de improductividad, además de la baja eficiencia que se tiene el trabajo. Con ello entonces se tienen suficientes alertas para tomar la decisión de aumentar la cantidad de cargas de ropa por día y mejorar el proceso para disminuir tiempos de parada en las lavadoras.

3. DESARROLLO DE PLAN DE MANTENIMIENTO Y ESTRATEGIAS DE DISTRIBUCIÓN DE INSTALACIONES

En este capítulo destacan las técnicas necesarias para la selección y desarrollo de un plan de mantenimiento para los equipos industriales con los que cuenta la unidad hospitalaria. Además, se añaden estrategias de distribución de instalaciones para la lavandería del hospital.

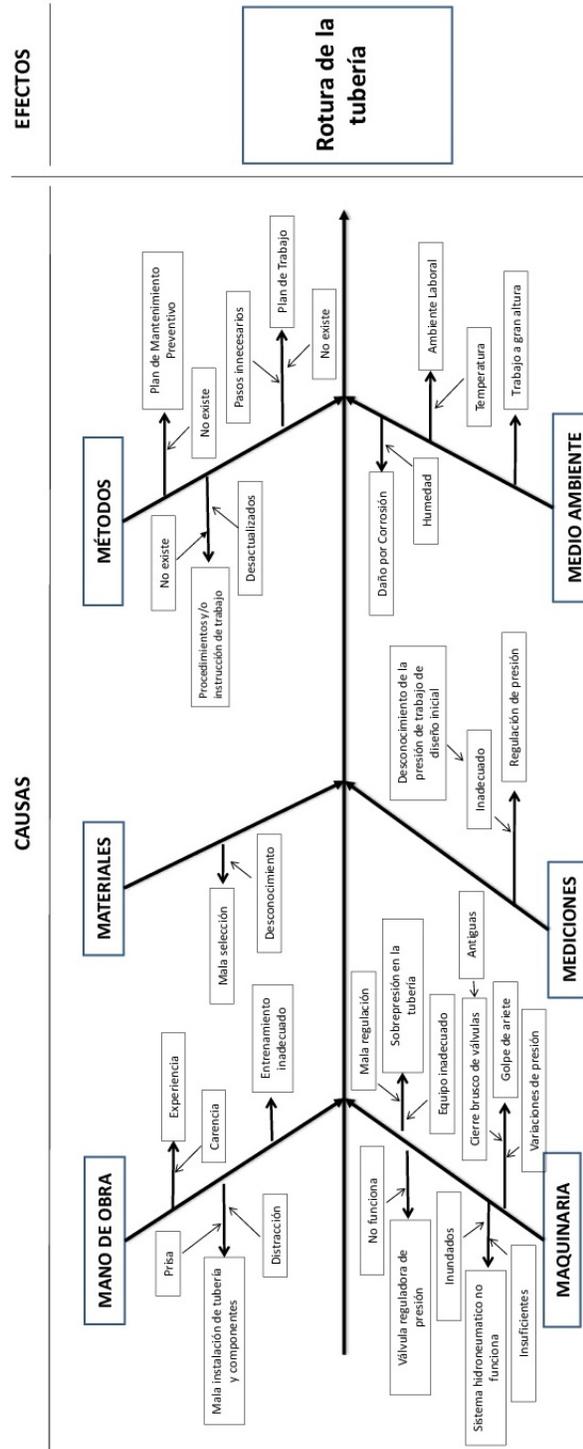
El desarrollo del plan del mantenimiento está diseñado para tomar en cuenta las necesidades del hospital, las condiciones de la red de distribución de agua fría y sus equipos, la capacidad de la sección de mantenimiento y la experiencia de los operarios.

3.1. Planteamiento del problema

Existen pérdidas de presión a lo largo de red de distribución de agua fría del hospital de accidentes del IGSS, las cuales ocasionan el arranque prematuro de las bombas de agua, generando un mayor desgaste en los motores de las bombas y consumo de energía eléctrica. También se observaron cierres bruscos de válvulas, falla en la válvula reguladora de presión de agua fría y desperfectos en el sistema hidroneumático. Esto ha generado variaciones de presiones debido al movimiento oscilatorio del agua en el interior de la tubería, ocasionando roturas en los componentes instalados en la tubería. Este fenómeno se conoce como golpe de ariete, el cual estropea el sistema de abastecimiento de agua en las instalaciones. Este problema puede analizarse a través de la metodología de causa y efecto. En la figura 40 puede observarse el

diagrama de causa y efecto, el cual permite analizar las diferentes causas que ocasionan el problema.

Figura 40. Diagrama de causa y efecto – rotura de la tubería



Fuente: elaboración propia.

Una vez realizado el diagrama causa y efecto se conocen las posibles causas que generan el problema. El siguiente paso consiste en establecer criterios en los cuales se evaluarán cada posible causa y así encontrar la causa directa al problema, estos criterios son:

- ¿Es un factor que lleva al problema? ¿es factor?
- ¿Esto ocasiona directamente el problema? ¿causa directa?
- Si esto es eliminado, ¿se corregiría el problema? ¿solución directa?
- ¿Se puede plantear una solución factible? ¿solución factible?
- ¿Se puede medir si la solución funcionó? ¿es medible?
- ¿La solución es de bajo costo? ¿bajo costo?

El tercer paso consiste en establecer una escala de calificación o peso para cada uno de los criterios. Se define lo siguiente:

- Valores del 1 al 3, donde el 3 equivale a mayor beneficio o que es un factor importante, 1 que existe menos beneficio o que es un factor no muy importante y 2 un valor intermedio. En la tabla XVI se muestra la ponderación de las posibles causas.

Tabla XVI. Ponderación de las posibles causas

Causas	Soluciones	Criterios						Totales		
		Método	Solución	Factor	Causa directa	Solución	Factible		Medible	Bajo costo
No existe plan de mantenimiento preventivo	Formular plan de mantenimiento preventivo			3	1	3	3	2	3	15
No existe plan de trabajo	Formular un plan de trabajo			3	2	3	3	2	3	16
El plan de trabajo tiene pasos innecesarios	Revisión del plan de trabajo			2	1	1	3	1	3	11
No existen procedimientos o instrucciones de trabajo	Elaborar procedimientos o instrucciones de trabajo			3	2	2	3	1	3	14
Los procedimientos o instrucciones de trabajo están desactualizados	Actualizar procedimientos o instrucciones de trabajo			3	1	1	3	1	3	12
Materiales	Solución	Factor	Causa directa	Solución	Factible	Medible	Bajo costo			
Desconocimiento en la selección de materiales o repuestos a utilizar	Cursos o capacitaciones sobre instalaciones mecánicas			2	1	2	2	1	1	9
Mano de obra	Solución	Factor	Causa directa	Solución	Factible	Medible	Bajo costo			
No tienen experiencia	Crear un plan de capacitación técnica			1	1	1	2	1	1	7
Conocimientos inadecuados	Cursos o capacitaciones sobre instalaciones mecánicas			2	1	1	1	1	1	7
Mala instalación de tubería y componentes	Cursos o capacitaciones sobre instalaciones mecánicas			2	1	1	2	1	1	8

Continuación tabla XVI.

Causas	Soluciones	Criterios						Totales
		Factor	Causa directa	Solución	Factible	Medible	Bajo costo	
Maquinaria	Solución							
No funciona la válvula reguladora de presión	Cambiar válvula	3	3	3	1	2	1	13
Los tanques hidroneumáticos están inundados	Darle mantenimiento/ Cambiar equipo	3	3	2	1	2	1	12
Los tanques hidroneumáticos son insuficientes	Comprar nuevo equipo	3	3	2	1	2	1	12
Mala regulación en la presión de trabajo del sistema	Verificación en la regulación de la presión / Realizar estudio	3	2	2	1	1	1	10
Mediciones	Solución							
Cierre brusco en válvulas antiguas	Sustituir válvulas antiguas	3	3	3	1	1	1	12
Alta variabilidad en la presión de trabajo	Instalar más válvulas reguladoras de presión	3	3	3	1	2	1	13
Regulación inadecuada de la presión de trabajo	Verificación en la regulación de la presión / Realizar estudio	3	2	2	1	1	1	10
Desconocimiento de la presión de trabajo adecuada	Realizar estudio	3	2	2	1	1	1	10

Continuación tabla XVI.

Causas	Soluciones	Criterios						Totales
		Factor	Causa directa	Solución	Factible	Medible	Bajo costo	
Medio ambiente	Solución							
Daño físico por corrosión	Realizar mantenimiento	3	1	2	2	1	2	11
Altas temperaturas en algunos lugares por donde pasa la tubería	Utilizar equipo de protección personal / Establecer tiempos máximos de trabajo por persona	1	1	1	2	1	1	7
Tubería ubicada en grandes alturas	-	1	1	1	1	1	1	6

Fuente: elaboración propia.

Dicha ponderación permitió identificar las posibles causas que generan el problema identificado. De ellas se seleccionaron 5 causas que según el análisis obtuvieron el mayor puntaje. Cabe aclarar que, posiblemente, la causa raíz que obtuvo el mayor puntaje no se puede solucionar por problemas de tiempo, presupuesto o cualquier otra razón.

Por ello, se deben elegir aquellas que sean más óptimas, con cualesquiera de las causas priorizadas siendo o no, la causa raíz se puede disminuir el impacto y la incidencia del problema identificado.

Al ponderarlas se determinó que las posibles soluciones a la problemática sean:

- Formular plan de mantenimiento preventivo
- Formular un plan de trabajo

- Elaborar procedimientos o instrucciones de trabajo
- Cambiar válvula reguladora de presión
- Instalar más válvulas reguladoras de presión

Así también se identificaron otras soluciones que podrían implementarse posteriormente:

- Actualizar procedimientos o instrucciones de trabajo
- Darles mantenimiento a los tanques hidroneumáticos
- Comprar nuevos tanques hidroneumáticos
- Sustituir válvulas antiguas por nuevas

3.2. Especificaciones generales de mantenimiento

El hospital de accidentes del IGSS cuenta con su propia sección de mantenimiento, pero solo realiza mantenimiento correctivo. Para lograr prolongar o ampliar la vida útil de los equipos de la red de distribución de agua fría, las actividades de la sección de mantenimiento se deben orientar al mantenimiento preventivo, predictivo y selectivo, dándole seguimiento a la ejecución apropiada en el tiempo adecuado de las rutinas de mantenimiento que se programarán.

En la actualidad se entiende por mantenimiento a la función que se encomienda el control del estado de funcionamiento y operación de las instalaciones de todo tipo, tanto productivas como las auxiliares, de servicios, equipos y maquinaria. Conforme a lo anterior se deducen las siguientes actividades:

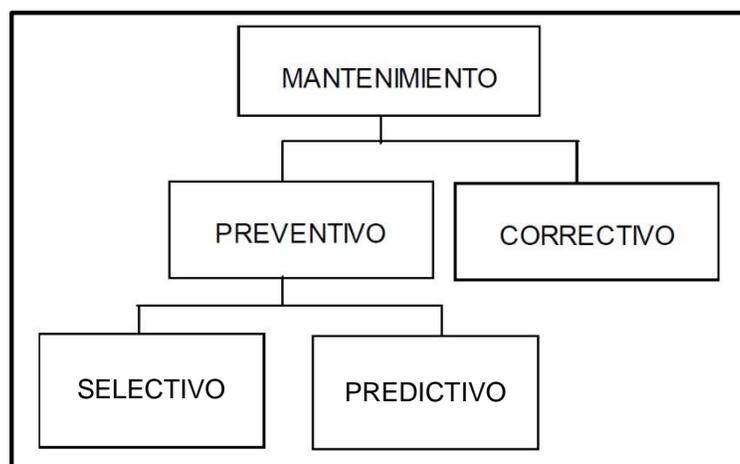
- Prevenir o predecir fallas y averías
- Cuantificar y evaluar el estado de funcionamiento de todas las instalaciones
- Aspecto económico
- Tiempo de realización de trabajos de mantenimiento

Son misiones de mantenimiento:

- La vigilancia permanente y periódica
- Las acciones preventivas y predictivas de fallas
- Las acciones correctivas (reparaciones)
- El reemplazamiento de maquinaria
- Reemplazo de repuestos

Los tipos de servicios de mantenimiento se observan en la figura 41.

Figura 41. **Tipos de Servicio de mantenimiento**



Fuente: DÍAZ, Juan. *Técnicas de Mantenimiento Industrial*. p 7.

En los siguientes apartados se describen cada uno de los tipos de mantenimiento, añadiendo las ventajas y desventajas que estos poseen.

3.2.1. Mantenimiento correctivo

Es aquel que se efectúa después del fallo para reparar averías y poner a funcionar ya sea la maquinaria o el equipo. En la tabla XVII se presentan las ventajas y desventajas del mantenimiento correctivo.

Tabla XVII. **Ventajas y desventajas mantenimiento correctivo**

Ventajas	Desventajas
No se requiere una gran infraestructura técnica ni una elevada capacidad de análisis.	Las averías se presentan de forma imprevista, lo que origina trastornos en los procesos.
Máximo aprovechamiento de la vida útil de los equipos.	Riesgo de fallos de elementos difíciles de adquirir, lo que implica la necesidad de un <i>stock</i> de repuestos importante.
Se puede dar un servicio total de mantenimiento y efectuar una revisión general.	Baja calidad del mantenimiento como consecuencia del poco tiempo disponible para reparar.

Fuente: elaboración propia.

3.2.2. Mantenimiento preventivo

Este se efectúa con intención de reducir la probabilidad de fallo y predecir las fallas, del que existen dos modalidades: sistemático/selectivo y predictivo. En la tabla XVIII se presentan las ventajas y desventajas del mantenimiento preventivo.

Tabla XVIII. **Ventajas y desventajas mantenimiento preventivo**

Ventajas	Desventajas
Importante reducción de paradas imprevistas en equipos.	No se aprovecha la vida útil completa del equipo.
Solo es adecuado cuando, por la naturaleza del equipo, existe una cierta relación entre probabilidad de fallos y duración de vida.	Aumenta el gasto y disminuye la disponibilidad si no se elige convenientemente la frecuencia de las acciones preventivas.
Se puede programar de acuerdo con la operación o demanda planificada.	Dificulta determinar de forma precisa el nivel de desgaste de las piezas que conforman los equipos o maquinaria.
Permite llevar un mejor control y planeación sobre el servicio de mantenimiento a ser aplicado en los equipos.	
Bajo costo en comparación con el mantenimiento correctivo.	

Fuente: elaboración propia.

3.2.3. Mantenimiento selectivo o sistemático

Se efectúa a intervalos regulares de tiempo, según un programa establecido y considerando la criticidad de cada máquina, indicado en el manual de especificaciones de los equipos y maquinaria y por el periodo de funcionamiento.

En este tipo de mantenimiento se realizan pruebas para planificar tareas de mayor importancia. Se aplica este modelo a equipos que deben tener tareas constantes de mantenimiento que pueden ser planificadas en el tiempo; sin importar el tiempo que lleve funcionando el equipo, en este tipo de mantenimiento muchas de las veces el fabricante ha diseñado un programa de servicio de mantenimiento para cubrir la garantía.

3.2.4. Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo o según condición, subordinado a un acontecimiento predeterminado, es parte del mantenimiento predictivo, que más que un tipo de mantenimiento se refiere a las técnicas de detección precoz de síntomas para ordenar la intervención antes de la aparición del fallo. Las ventajas y desventajas del mantenimiento predictivo se presentan en la tabla XIX.

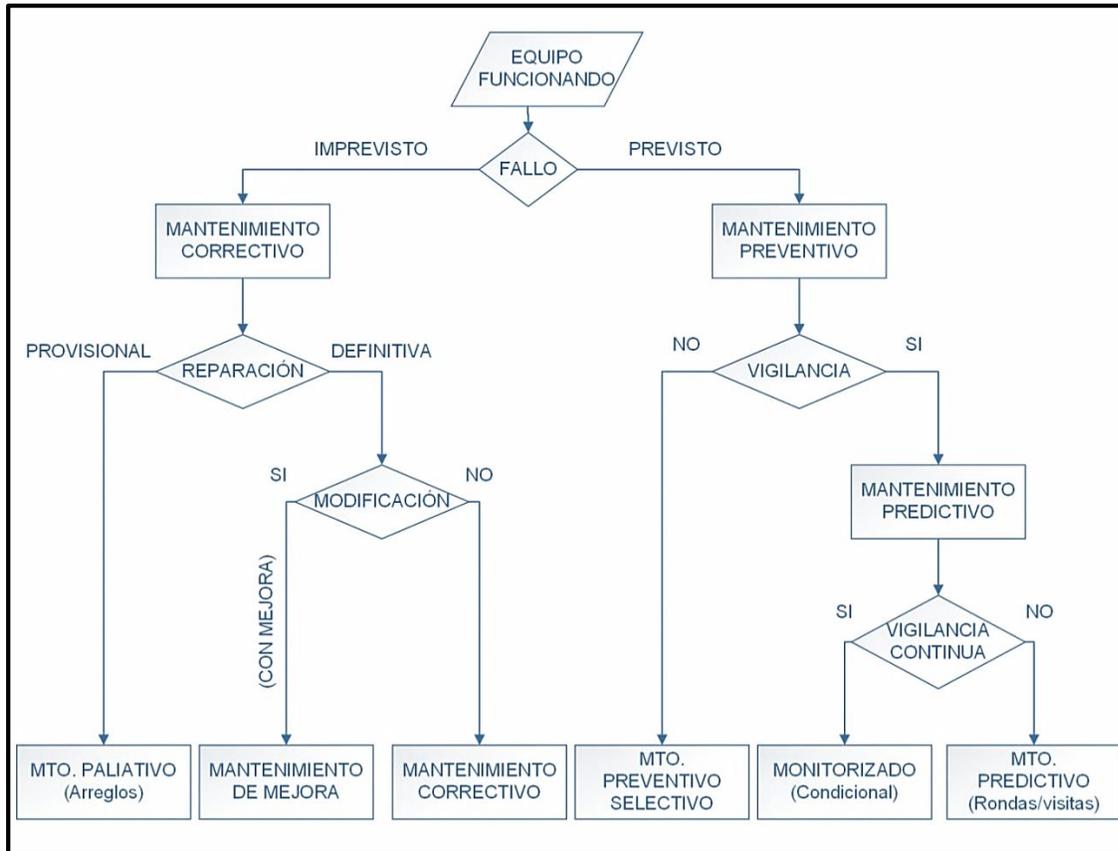
Tabla XIX. **Ventajas y Desventajas Mantenimiento Predictivo**

Ventajas	Desventajas
Determinación óptima del tiempo para realizar el mantenimiento preventivo.	Requiere personal mejor formado y capacitado e instrumentación de análisis costosa.
Ejecución sin interrumpir el funcionamiento normal de equipos e instalaciones. Mejora el conocimiento y el control del estado de los equipos.	No es viable una monitorización de todos los parámetros funcionales significativos, por lo que pueden presentarse averías no detectas por el programa de vigilancia
Predice fallas para dictaminar el reemplazo.	Se pueden presentar averías en el intervalo de tiempo comprendido entre dos medidas consecutivas.

Fuente: elaboración propia.

En la figura 42 se observa el diagrama de decisión sobre el tipo de mantenimiento que se debe aplicar, según el caso.

Figura 42. Diagrama de decisión



Fuente: DÍAZ, Juan. *Técnicas de Mantenimiento Industrial*. p 8.

3.3. Control de la gestión de mantenimiento

El control de la gestión de mantenimiento se refiere al análisis que se realizará con base en las herramientas administrativas necesarias para el control, desarrollo y complemento del plan de mantenimiento.

La gestión de mantenimiento involucra al personal técnico y a la alta gerencia para programarlo, con el consenso de ambas partes para que el

mismo se ejecute según lo acordado sin afectar a ningún sector de la organización.

3.3.1. Análisis de modos de fallos y efectos (AMFE)

Este método de análisis utiliza todas las experiencias y competencias disponibles de los estudios, métodos, mantenimiento, fabricación y calidad. Utiliza el principio básico de las herramientas básicas de la administración de la calidad, tales como análisis de causa y efecto o Ishikawa, análisis de estratificación, cartas de control, entre otros.

Su misión es identificar las causas de los fallos aún no producidos, evaluando su criticidad, permitiendo definir los fallos potenciales. El resultado es una búsqueda sistemática de tipos de fallos, sus causas y sus efectos, permitiendo la previsión de fallos en los equipos.

Para entender de mejor manera el AMFE, es necesario definir los siguientes apartados: tipos de fallos reales o potenciales, causas posibles, consecuencias.

3.3.1.1. Tipos de fallos reales o potenciales

El tipo de fallo de un equipo es relativo a cada función de cada elemento máquina. Es posible expresarlo en términos físicos:

- Rotura
- Fuga
- Cortocircuito
- Atascamiento, entre otros

Los fallos funcionales se refieren a la incapacidad de un ítem para satisfacer un parámetro de desempeño deseado.

3.3.1.2. Causas posibles

Son las anomalías iniciales que pueden conducir a un fallo. Un mismo fallo puede conducir a varias causas:

- Falta de lubricante
- Lubricante en mal estado
- Suciedad, entre otros

3.3.1.3. Consecuencias

Es el efecto ocasionado por el fallo sobre la máquina, el producto o sobre el entorno inmediato.

3.3.1.4. Hoja de trabajo AMFE

La hoja de trabajo de análisis de modo de fallos y efectos, por sus siglas AMFE, se realiza mediante una hoja estructurada que guía el análisis y facilita la determinación de las causas y efectos, evitando utilizar los métodos convencionales. Esta puede observarse en el anexo 1. Cada uno de sus ítems se describen a continuación:

- **Función:** se describen las especificaciones o características de desempeño que se le exigen a las máquinas o equipos bajo análisis.

- Fallo funcional: se refiere al incumplimiento de la función o a la falla en sí, es la incapacidad de un equipo o máquina para satisfacer el grado de desempeño deseado.
- Modo de fallo: la forma en que la maquinaria o equipo deja de funcionar o funciona de manera incorrecta, se debe expresar en términos físicos.
- Causa raíz: se refiere a el fallo o anomalía inicial, un mismo tipo de fallo puede tener varias causas.
- Consecuencia: efecto generado por el fallo de la maquinaria.

Además, la valoración proporciona una estimación numérica y cuantificable de los respectivos parámetros que se describen en la siguiente página.

F: Frecuencia: estimación subjetiva de la ocurrencia del modo de fallo.

G: Gravedad: estimación subjetiva de las consecuencias.

D: Detección: estimación subjetiva de la probabilidad de ser detectado el fallo potencial.

NPR: Número de Prioridad de Riesgos, producto de F, G y D.

La escala de valoración sería:

- F: Frecuencia (1 – 10)
Imposible (1 – 2)
Remoto (3 – 4)
Ocasional (5 – 6)
Frecuente (7 – 8)
Muy Frecuente (9 – 10)
- G: Gravedad (1 – 10)
Insignificante (1 – 2)
Moderado (3 – 4)
Importante (5 – 6)
Crítico (7 – 8)
Catastrófico (9 – 10)
- D: Detección (1 – 10)
Probabilidad de detección muy alta (1 – 2)
Probabilidad de detección alta (3 – 4)
Probabilidad de detección media (5 – 6)
Probabilidad de detección escasa (7 – 8)
Probabilidad de detección muy escasa (9 – 10)

El número de prioridad de riesgos (NPR) permite entonces priorizar las acciones preventivas a tomar para evitar llegar al mantenimiento correctivo.

3.3.2. Órdenes de trabajo de mantenimiento

Estas son parte importante de la administración del mantenimiento. Son herramientas esenciales para el mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo porque en ellas se anotarán las personas que realizarán el mantenimiento, la descripción de las rutinas de mantenimiento, las herramientas que utilizarán, el equipo necesario, los insumos y se definirá el tiempo en el cual se deben realizar las rutinas de mantenimiento preventivo, siguiendo la programación establecida y bajo la coordinación de la sección de mantenimiento del hospital de accidentes del IGSS. En el apéndice 7 se muestra un modelo de esta orden de trabajo.

3.3.2.1. Órdenes de reparaciones no programadas

Son órdenes que se deben generar cuando no se pueda evitar el fallo de un equipo o accesorio. Entonces se reparará y anotarán las observaciones para garantizar el servicio que prestan dichos equipos y accesorios. Esta información da la pauta para programar nuevas rutinas de mantenimiento preventivo, determinar el estado del equipo y las fallas más comunes. En el apéndice 8 se muestra un modelo de esta orden de trabajo, este se le llama comúnmente órdenes de mantenimiento correctivo.

3.3.2.2. Fichas de especificaciones técnicas

Se utilizan para realizar el inventario técnico de los equipos de la distribución de agua fría de las instalaciones del hospital de accidentes del IGSS. En cada una de estas fichas se incluyeron datos como tipo de máquina, equipo, marca, modelo, potencia, fases, frecuencia, RPM, tipo, voltaje,

estructura, entre otros, que permitieron diseñar las rutinas de mantenimiento. Estas fichas se muestran en el apéndice 1 - 6.

3.3.2.3. Fichas de repuestos más utilizados

Se diseñó para llevar el control, cadena de insumos y repuestos que se utilizaron después de realizarse una reparación, lo que permitirá planificar un *stock* mínimo de repuestos y reducir al mínimo el tiempo de parada del equipo y maquinaria. Dicha ficha se muestra en el apéndice 9.

3.3.2.4. Fichas de registros históricos de reparaciones

Es el registro de las reparaciones programadas de mantenimiento y las reparaciones no programadas que se realizan en cada equipo. Se anota la información del estado en que se encuentra el equipo al iniciar la reparación, las causas que ocasionaron la falla en el equipo, las consecuencias producidas por el efecto de la falla y las reparaciones que deben realizarse más adelante. Esta ficha se muestra en el apéndice 10.

3.4. Planificación de los trabajos

Para el proceso de planificación de los trabajos a llevarse a cabo en el hospital de accidentes del IGSS es necesario definir primero los siguientes componentes:

- Definir el trabajo que se va a realizar.
- Definir las normas de seguridad y los posibles procedimientos aplicables.
- Estimar los recursos o medios necesarios para llevar a cabo el trabajo, esto incluye mano de obra, repuestos y materiales.

- Fecha por realizar.
- El periodo de tiempo estimado para efectuarlo.

Estos componentes son importantes para la planificación de los trabajos puesto que se realiza toda la preparación, tanto de la mano de obra como de los materiales.

- Preparación de materiales

Esto conlleva la verificación de disponibilidad de los siguientes artículos:

- Disponibilidad de repuestos necesarios.
- Transportes, grúas, carretillas, entre otros.
- Andamios u otras actividades auxiliares.
- Disponibilidad de la cadena de insumos como grasas, aceites, lubricantes, sellos, entre otros.

- Preparación de la mano de obra

Es evidente que no todos los técnicos son iguales, por tal motivo es necesario asignar a las personas idóneas. Esto conlleva a realizar las siguientes actividades:

- Formación, capacitación o adiestramiento de los operarios o personal técnico de mantenimiento.
- Horas de trabajo requeridas.
- Guías o instrucciones de trabajo aplicables (procedimientos).
- Dotar al personal técnico de equipo de protección personal.

3.4.1. Procedimientos de trabajo

Los procedimientos de trabajo realmente no son manuales para técnicos, sino son guías para los operarios y estos deben contener:

- Las actividades necesarias y en orden de ejecución
- Las herramientas e instrumentos necesarios
- Cantidad de personas necesarias para realizar los trabajos
- Las indicaciones de seguridad

Estos ítems deben quedar claros dentro de las fichas u órdenes de trabajo.

3.4.2. Clasificación de trabajos

Los trabajos de servicio de mantenimiento se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Pequeños trabajos no rutinarios: son trabajos cuya duración es menor de 4 horas.
- Trabajos rutinarios: son trabajos que se repiten con cierta frecuencia y periodicidad.
- Trabajos diversos de servicio de mantenimiento: en esta clasificación se incluye la mayor parte de trabajos, puesto que tienen una gran variabilidad y versatilidad.
- Trabajos de ayuda: se crean para apoyar a las distintas unidades. Estos trabajos se limitan a ajustes, revisiones o pequeñas reparaciones.
- Trabajos de mantenimiento extraordinario: se realizan cuando la reparación se lleva a cabo fuera del horario normal de labores, puesto

que requieren mucho tiempo, dedicación y su finalización lo antes posible.

3.4.3. Tiempos de trabajo

Cuando se definen los tiempos de trabajo en ellos se debe considerar:

- El tiempo de preparación
- Tiempo de ejecución
- Tiempo de espera e imprevistos

3.5. Capacitación y adiestramiento de personal

Las rutinas de mantenimiento preventivo fueron diseñadas de modo que puedan ser comprensibles para cualquiera que las lea. Por esta razón no es necesaria la capacitación respecto a su uso. Sin embargo, sí es necesario capacitar al personal que utilizará las fichas y órdenes de mantenimiento que servirán para la correcta administración del mantenimiento preventivo. Las capacitaciones pueden realizarse de la siguiente manera:

- Seleccionar al personal que debe recibir dichas capacitaciones. El criterio de selección se basa en las actividades propias de las áreas de la sección de mantenimiento. Si sus actividades incluyen el uso de algunas herramientas de la administración de mantenimiento preventivo, entonces, todo el personal del área debe recibir la capacitación. A continuación se enlistan las áreas que deben recibir las capacitaciones:

- Casa de máquinas
- Obra civil
- Personal administrativo dependiente de la jefatura de mantenimiento
- Las capacitaciones se deben recibir en horario laboral normal, para ello, el personal seleccionado debe dividirse en dos grupos para no afectar las actividades laborales diarias o programadas.
- A cada operario o personal técnico se le debe hacer entrega de una copia física del juego de órdenes y fichas de mantenimiento que se utilizan para la administración de esta actividad.
- El jefe de mantenimiento debe explicar la forma correcta de llenar las fichas y órdenes de trabajo. Enfatizará en el uso que se le dará a la información recolectada en dichas fichas u órdenes.
- Se recomienda que dicha actividad se base en casos prácticos para que aprendan a llenar las fichas u órdenes en ese mismo instante.
- Por último, se debe realizar una evaluación para retroalimentar los temas tratados en la o las reuniones, además de la detección de errores u omisión de datos en las fichas u órdenes de trabajo de mantenimiento.

Por otro lado, el adiestramiento permitirá desarrollar en la persona los conocimientos, habilidades y destrezas requeridas para desempeñar eficientemente el puesto de trabajo. Ofrece la oportunidad de actualizar y renovar conocimientos con el fin de lograr el éxito en la organización. Por ello, el adiestramiento no representa un gasto sino una inversión.

Para determinar las acciones de adiestramiento del personal que labora en la sección de mantenimiento, es necesario determinar cuáles son las necesidades de adiestramiento del personal. Esto permitirá localizar e identificar en una situación de trabajo, los obstáculos que se presentan para el logro de

los objetivos. Para su detección se puede emplear en la sección de mantenimiento las siguientes técnicas:

- Análisis del puesto de trabajo: esto permitirá visualizar con claridad los aspectos básicos del puesto, como su objetivo, funciones, relaciones internas y externas y perfil del puesto, para detectar cada uno de los requisitos exigidos en el puesto.
- Escala de actitud: se debe medir la predisposición favorable, desfavorable o indiferente que existe en los trabajadores hacia personas, objetos o situaciones.
- Entrevista: tiene el propósito de obtener información específica.
- La programación del adiestramiento del personal de la sección de mantenimiento dependerá de las siguientes condiciones: desempeño actual de cada uno de sus trabajadores, nuevos estudios que aporten nuevos conocimientos sobre algún tema específico y la evaluación o detección de necesidades de adiestramiento descrita previamente.

3.6. Programación de los trabajos

Para la programación de los trabajos o servicio de mantenimiento preventivo se debe analizar el historial de las últimas reparaciones y/o mantenimiento correctivo de todos los equipos y componentes del sistema de distribución de agua fría del hospital de accidentes del IGSS. Las programaciones de las actividades se pueden realizar en periodos de tiempo:

- Diarias
- Semanales
- Mensuales
- Trimestrales

- Semestral

Cuando se trate de trabajos rutinarios es indispensable tener copias físicas y digitales del manual del fabricante de cada uno de los equipos que forman parte de la red de distribución de agua fría, así como también de sus componentes. El fabricante define con exactitud el tipo de insumos y repuestos que utilizan sus equipos. Sin embargo, se debe tomar en consideración que muchos de los equipos, por su antigüedad, han sido descontinuados y no se brinda soporte documental ni técnico. En la actualidad únicamente se realiza mantenimiento correctivo cuando uno o más componentes de la red falla, por tal motivo es indispensable la implementación del mantenimiento preventivo para alargar la vida útil del equipo y componentes y evitar paros de operación y de distribución de agua fría en el hospital.

El servicio de mantenimiento predictivo se debe programar de acuerdo con el cumplimiento constante de los manuales del fabricante y el monitoreo y detección de falla. Se trata de un conjunto de técnicas que, debidamente seleccionadas, permiten el seguimiento y examen de ciertos parámetros característicos del equipo en estudio que manifiestan algún tipo de modificación al aparecer una anomalía en el mismo¹³.

Para llevar a cabo este tipo de mantenimiento se deben realizar mediciones mediante ensayos no destructivos. Las técnicas utilizadas para realizar este tipo de mantenimiento son de alto costo, sin embargo, la mayoría de las inspecciones se realizan con el equipo en funcionamiento por lo que no genera paros en las actividades.

¹³ DÍAZ, Juan. *Técnicas de Mantenimiento Industrial*. p 176.

Dentro de las técnicas de mayor prioridad se enlistan:

- De desgaste: ultrasonidos, corrientes inducidas, flujo magnético, espectrofotómetro de absorción atómica, este último se puede aplicar sobre los aceites y proporcionan información de un excesivo desgaste de material.
- De espesor: con ultrasonido.
- De fracturas: líquidos penetrantes, partículas magnéticas, rayos X, ultrasonidos, corrientes parásitas.
- De ruido: con decibelímetros, análisis del espectro.
- De vibraciones: análisis espectral, medidores de amplitud, velocidad y aceleración.
- De temperatura: termografía, avisos sonoros.
- De fugas: ultrasonidos, ruidos, control atmósfera por medida de gases.

Debido a su alto costo se presenta dificultad para su inmediata implementación, sin embargo, existe una técnica que depende más de las habilidades, conocimientos y experiencia de los técnicos para llevarla a cabo, esta es:

- Inspecciones visuales: abarca desde la simple inspección visual directa de la máquina hasta la utilización de complicados sistemas de observación, como pueden ser microscopios, endoscopios y lámparas estroboscópicas.

El mantenimiento predictivo se utiliza como información para un adecuado programa de mantenimiento preventivo.

3.7. Golpe de ariete

En los siguientes apartados se describen los métodos comúnmente utilizados para la reducción del efecto del golpe de ariete.

3.7.1. Métodos para reducir el efecto del golpe de ariete

Los métodos para reducir el efecto del golpe de ariete son: volante de inercia, chimeneas de equilibrio, calderín de agua fría, válvulas de alivio rápido, válvulas anticipadoras de onda, ventosas y válvulas de retención, los cuales se describen en los siguientes subcapítulos.

3.7.1.1. Volante de inercia

Este método consiste en incorporar a la parte rotatoria de la bomba un volante cuya inercia retarde la pérdida de revoluciones del motor y como resultado aumente el tiempo de parada de la bomba. Sin embargo, este sistema crea una serie de problemas mecánicos de mayor magnitud cuanto mayor sea el peso del volante.

3.7.1.2. Chimeneas de equilibrio

Consiste en colocar una tubería de diámetro superior al de la tubería, de forma vertical y abierta en su extremo superior a la atmósfera, tal que su altura sea siempre superior a la presión de la tubería.

Este dispositivo facilita la oscilación de la masa de agua, eliminando la sobrepresión de parada, por lo que sería el mejor sistema de protección si no

fuera por los aspectos constructivos y económicos. Es un método aplicable únicamente para instalaciones que permitan poca altura de elevación.

3.7.1.3. Calderín de agua fría

El calderín de agua fría es un recipiente metálico que se encuentra parcialmente lleno de aire comprimido. El calderín amortigua las variaciones de presión debido a la expansión del aire al producirse una depresión en la tubería, y, posteriormente, a la compresión, cuando se produce una sobrepresión en el ciclo de parada y puesta en marcha de las bombas. Es también conocido como tanque hidroneumático cuya función básica es mantener la tubería presurizada cuando las bombas se encuentran apagadas. Dentro del tanque existe un espacio con aire y otro con agua, de aquí el término “hidroneumático” (agua – aire).

Este dispositivo debe colocarse después de la válvula de retención de la bomba, se instala en derivación y con una válvula de cierre para permitir su aislamiento.

3.7.1.4. Válvulas de alivio rápido

Permiten de forma automática y casi instantánea la salida de la cantidad necesaria de agua para que la presión máxima en el interior de la tubería no exceda un valor límite.

3.7.1.5. Válvulas anticipadoras de onda

Cuando se produce una depresión inicial estas válvulas están diseñadas para que se produzca su apertura, de tal forma que cuando vuelva a la válvula

la onda de sobrepresión, esta se encuentre totalmente abierta, minimizando así las sobrepresiones dentro de la tubería.

3.7.1.6. Ventosas

Dispositivos mecánicos imprescindibles en todo tipo de redes de distribución de agua, cuyo objetivo es asegurar el correcto funcionamiento de las tuberías, regulando la cantidad de aire que existe en el interior de esta.

3.7.1.7. Válvulas de retención

Este método consiste en colocar dispositivos mecánicos que solo permitan el flujo de agua en un sentido, por lo que también se conocen como válvulas antirretorno.

Estas se utilizan comúnmente en impulsiones a la salida de la bomba para impedir que el agua vuelva a la bomba y esta gire en sentido contrario, además de proteger la bomba contra sobrepresiones y evitar que la tubería de impulsión se vacíe. También, se utilizan en tramos intermedios de redes de distribución de agua para seccionar el golpe de ariete en tramos y reducir la sobrepresión máxima.

Los métodos que se proponen para minimizar el golpe de ariete en la red de distribución de agua fría son:

- Calderín de agua fría o sistema hidroneumático
- Instalación de válvulas de alivio rápido de presión
- Instalación de válvulas de retención o antirretorno

Estos métodos fueron elegidos considerando lo siguiente:

- Por la interrupción del flujo de agua, debido a que es por causas incontrolables como las paradas bruscas de las bombas al llegar a la presión definida, se necesitan tanques hidroneumáticos con cámaras de aire comprimido para amortiguar dicho golpe y, además, por la alta necesidad de agua dentro del hospital, este sistema debe mantener una presión de agua constante.
- Las válvulas de alivio de presión alivian las presiones en el sistema cuando estas se elevan por encima del máximo definido.
- Las válvulas de retención se deben instalar en las tuberías verticales que tienen circulación ascendente y así evitar que el agua se desplace hacia abajo por efectos de la gravedad.

Sin embargo, la implementación de uno o varios de los métodos en mención requieren de una inversión monetaria significativa, por tal motivo dicho análisis de costo – beneficio se realiza en los apartados posteriores.

3.8. Normativa de seguridad en sistemas de distribución de agua fría

En Guatemala no existe normativa de seguridad específica para los sistemas de distribución de agua fría. Sin embargo, sí se tienen los siguientes reglamentos y guías:

- Acuerdo Gubernativo Número 229-2014, Reglamento de Salud y Seguridad ocupacional, MINTRAB.
- Guía de Señalización de Ambientes y Equipos de Seguridad, SE-CONRED.
- Reglamento General sobre Higiene y Seguridad en el Trabajo del IGSS.

3.8.1. Guías de seguridad y nomenclatura

- Acuerdo Gubernativo Número 229-2014, Reglamento de Salud y Seguridad ocupacional, MINTRAB

En el capítulo I del título VII se encuentran reglamentados los requerimientos de protección contra contactos en las instalaciones y equipos. En él se menciona el equipo de protección necesario para soldadura eléctrica, motores eléctricos, interruptores, entre otros. También en los artículos 457, 458 y 459 indican las precauciones que se debe tener al realizar mantenimiento en máquinas y equipos y, finalmente, en el artículo 513 se contemplan los requisitos mínimos de seguridad que se debe tener en la instalación de tuberías¹⁴.

- Guía de Señalización de Ambientes y Equipos de Seguridad, SE-CONRED

En esta guía se dan los lineamientos básicos respecto a la forma, tamaño y diseño que debe tener la señalización de ambientes y equipos de seguridad.

En la figura 43 se muestra la señalización de prohibición que se debe de colocar especialmente en la casa de máquinas del hospital de accidentes del IGSS.

¹⁴ Ministerio de Trabajo y Previsión Social. Artículo 513, Acuerdo Gubernativo Número 229-2014. *Reglamento de Salud y Seguridad ocupacional*. p 75.

Figura 43. **Señales de prohibición**

SEÑAL	SIGNIFICADO
	Uso obligatorio de casco de seguridad
	Uso obligatorio de protección auditiva
	Uso obligatorio de botas de seguridad
	Uso obligatorio de botas aislantes
	Uso obligatorio de mascara para soldar
	Uso obligatorio de guantes de seguridad
	Uso obligatorio de guantes aislantes

Fuente: SE-CONRED, Guía de Señalización de Ambientes y Equipos de Seguridad. p 23.

- Reglamento General sobre Higiene y Seguridad en el Trabajo del IGSS

El IGSS tiene su propio reglamento interno basado en el Acuerdo Gubernativo 229-2014, en donde establece en el Capítulo II, Motores, transmisiones y máquinas calderas los lineamientos básicos de seguridad que se debe de tener a la hora de operar alguno de los equipos en mención.

3.9. Análisis financiero

El Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS), según el Decreto Número 295, Ley Orgánica del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, establece que es un órgano Autónomo, cuya finalidad es aplicar en beneficio del pueblo de Guatemala un Régimen Nacional, Unitario y Obligatorio de Seguridad Social. Por tal motivo el IGSS es parte del Sector Público de Guatemala y está sujeto a las mismas obligaciones establecidas dentro de la administración pública¹⁵.

En este sentido, la organización político-administrativa del Sector Público de Guatemala da origen a varias instituciones con relativa independencia entre sí, con funciones precisas otorgadas por la Constitución Política de la República de Guatemala y otras Leyes, como lo sucedido con el IGSS. Esto obliga a que cada una tenga su propio presupuesto anual de ingresos y egresos, y el conjunto de todos estos conforman el Presupuesto del Sector Público.

¹⁵ Ministerio de Finanzas Públicas. *Manual de Clasificaciones Presupuestarias para el Sector Público de Guatemala*. 2013. p 20.

El presupuesto de ingreso y egreso del Estado se aprueba al finalizar cada año, para el siguiente periodo fiscal, con el fin de tener un techo presupuestario y no desfinanciar a las entidades gubernamentales. El periodo fiscal analizado va del uno de enero al treinta y uno de diciembre de 2017.

El Acuerdo Número 1359 Del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS), en su Artículo 2, aprueba el Presupuesto general de Egresos para el período comprendido del uno de enero al treinta y uno de diciembre del año dos mil diecisiete, por la cantidad de Dieciséis mil trescientos veinte millones ciento quince mil seiscientos setenta y cuatro quetzales exactos (Q 16 320 115 674,00). En la tabla XX se presentan los egresos por grupo y por renglón presupuestario.

Tabla XX. **Egresos por grupo y renglón**

Grupo	Renglón	Denominación	Monto (Q)
1	Servicios no personales		
	171	Mantenimiento y reparación de edificios	15 240 910,00
	174	Mantenimiento y reparación de instalaciones	8 310 400,00
	176	Mantenimiento y reparación de otras obras e instalaciones	3 572,00
2	Materiales y suministros		
	268	Productos plásticos, nailon vinil y PVC	1 942 147,00
	282	Productos metalúrgicos no férricos	442 500,00
	298	Accesorios y repuestos en general	4 932 109,00
3	Propiedad, Planta, Equipo e Intangibles		
	329	Otras máquinas y equipos	1 000 787,00

Fuente: IGSS. Acuerdo Número 1359. p 1.

Ahora bien, el presupuesto asignado o vigente para el ejercicio fiscal 2017 del IGSS de Accidentes “Ceibal” fue de doscientos noventa y siete millones cuatrocientos cincuenta y cinco mil setecientos cincuenta y cuatro quetzales exactos (Q 297 455 754,00)¹⁶, que representa un 1,823 % del presupuesto general del IGSS. A continuación se muestra la distribución del presupuesto en los renglones presupuestarios 171, 174, 176, 298 y 329.

Tabla XXI. **Egresos por grupo y renglón del HGAC**

Grupo	Renglón	Denominación	Monto (Q)
1	Servicios no personales		
	171	Mantenimiento y reparación de edificios	631 408,83
	174	Mantenimiento y reparación de instalaciones	246 304,46
	176	Mantenimiento y reparación de otras obras e instalaciones	0,00
2	Materiales y suministros		
	268	Productos plásticos, nailon vinil y PVC	485 701,75
	282	Productos metalúrgicos no férricos	164 783,03
	298	Accesorios y repuestos en general	1 380 539,94
3	Propiedad, Planta, Equipo e Intangibles		
	329	Otras máquinas y equipos	150 922,66

Fuente: MINFIN. Sistema Informático de Gestión (SIGES). <https://siges.minfin.gob.gt/>.

Consulta: enero 2018.

- En el renglón 171 se incluyen servicios de mantenimiento en general, remodelación de áreas, reparación de techos, sanitarios, piso, entre otros.

¹⁶ Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS). *Ejecución presupuestaria*. https://www.igssgt.org/ley_acceso_info/ley_ocho.html. Consulta: enero 2018

- En el renglón 174 se adjudican servicios de reparación y mantenimiento del sistema de instalaciones eléctricas.
- En el renglón 268 se incluyen todos los productos plásticos, vinil y PVC.
- En el renglón 282 se incluyen todos los productos metalúrgicos no férricos.
- En el renglón 298 se incluyen todos aquellos equipos industriales, aire acondicionado, accesorios o repuestos hospitalarios necesarios.
- En el renglón 329 se pueden adquirir máquinas de servicios generales como podadoras de césped, equipo industrial y máquinas necesarias para los diferentes servicios de la unidad hospitalaria.

3.9.1. Análisis costo – beneficio

Teniendo claro el techo presupuestario establecido para el Hospital General de Accidentes “Ceibal”, se pueden estimar los costos de la adquisición e instalación de los equipos necesarios para disminuir el fenómeno del golpe de ariete descrito en los apartados anteriores.

Las variables que se analizarán son: costo de equipos, mano de obra y tiempo de instalación. En la tabla XXII se muestra la comparación de los costos de los equipos.

Tabla XXII. Comparación - costo de equipos

No.	Métodos para reducir el efecto del golpe de ariete	Descripción del equipo	Cantidad	Costo Unitario(Q)	Costo Total (Q)
1	Volante de inercia	Volante rígido	1	18 485,50	18 485,50
2	Chimeneas de equilibrio	Tubería de 750 mm (29 pul) de diámetro en la parte baja y 1 000 mm (39 pul) en la parte alta, con una altura de 5 000 mm	1	9 585,42	9 585,42
3	Calderín o tanques hidroneumáticos	Tanque de 90 galones	6	3 926,11	23 556,66
		Tanque de 120 galones	2	4 536,95	9 073,90
4	Válvulas de alivio rápido	Válvulas de alivio rápido de presión de 4 pulgadas de diámetro	2	5 840,00	11 680,00
5	Válvulas anticipadoras de onda	Válvula de control anticipadora de onda de 4 pulgadas de diámetro	1	10 207,20	10 207,20
6	Ventosas	Ventosas con diámetro de 2 pulgadas	8	1 472,78	11 782,00
7	Válvulas de retención	Válvulas de retención de diferentes medidas (½", ¾", 1", 1 ½", 2", 4")	19	320,0	6 080,00

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XXIII se muestra la comparación de los costos de la mano de obra.

Tabla XXIII. **Comparación - costo de mano de obra**

No.	Métodos para reducir el efecto del golpe de ariete	Descripción	Cantidad	Costo Unitario(Q)	Costo Total (Q)
1	Volante de inercia	Instalación del sistema de volante rígido de inercia	1	7 394,20	7 394,20
2	Chimeneas de equilibrio	Instalación de tuberías en la parte alta de las instalaciones del hospital.	1	3 834,17	3 834,17
3	Calderín o tanques hidroneumáticos.	Mano de obra del hospital	6	0,00	0,00
		Mano de obra del hospital	2	0,00	0,00
4	Válvulas de alivio rápido	Instalación de válvulas de alivio de presión en el sistema de bombeo	2	1 168,00	2 336,00
5	Válvulas anticipadoras de onda	Instalación de válvula anticipadora de onda en el sistema de bombeo	1	4 082,88	4 082,88
6	Ventosas	Instalación de ventosas en puntos críticos de la red de distribución de agua fría	8	294,55	2 356,4
7	Válvulas de retención	Instalación de válvulas de retención en puntos críticos de la red de distribución de agua fría	19	112,00	2 128,00

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XXIV se muestra la comparación del tiempo de instalación de los equipos.

Tabla XXIV. Comparación - tiempo de instalación

No.	Métodos para reducir el efecto del golpe de ariete.	Jornada (Diurno, Nocturno)	Tiempo de Instalación (Días)	Tiempo de detención del suministro de agua (Días)
1	Volante de inercia	Diurno	6	6
2	Chimeneas de equilibrio	Diurno	3	3
3	Calderín o tanques hidroneumáticos.	Nocturno	1	1
4	Válvulas de alivio rápido	Diurno	3	3
5	Válvulas anticipadoras de onda	Diurno	2	2
6	Ventosas	Diurno	3	3
7	Válvulas de retención	Diurno	4	4

Fuente: elaboración propia.

En el sector público todos los gastos en las instalaciones físicas representan una inversión, por lo que no se pueden cuantificar ingresos o beneficios a través del tiempo. Sin embargo, sí se pueden comparar las variables establecidas de la siguiente manera:

- Criterio de ponderación

Costo de equipos: Menor inversión es mejor. (7 mayor - 1 menor)

Costo de mano de obra: Menor costo es mejor. (7 mayor - 1 menor)

Tiempo de instalación: Menor tiempo es mejor. (7 mayor - 1 menor)

En la tabla XXV se muestra la comparación de las variables establecidas indicando la ponderación que se le da a cada una de ellas.

Tabla XXV. **Comparación de variables**

No	Descripción	Variables			Ponderación Variables		
		Costo de equipo Ce (Q)	Costo de mano de obra Cm (Q)	Tiempo de instalación Ti (Días)	Ponderación Ce	Ponderación Cm	Ponderación Ti
1	Volante de inercia	18 485,50	7 394,20	6	2	1	1
2	Chimeneas de equilibrio	9 585,42	3 834,17	3	6	3	3
3	Calderín o tanques hidroneumáticos	32 630,56	0,00	1	1	7	7
4	Válvulas de alivio rápido	11 680,00	2 336,00	3	4	5	3
5	Válvulas anticipadoras de onda	10 207,20	4 082,88	2	5	2	6
6	Ventosas	11 782,24	2 356,40	3	3	4	3
7	Válvulas de retención	6 080,00	2 128,00	4	7	6	2

Fuente: elaboración propia.

Para calcular el total de beneficio representado por las variables en mención se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Total beneficio} = (C_e + C_m + T_i) * \text{Factor} \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde:

C_e = representa la ponderación del costo de equipo,

C_m = representa la ponderación del costo de mano de obra y

T_i = representa la ponderación del tiempo de instalación.

Factor = 1 000 (este factor permitirá convertir el resultado en millares).

Ejemplo: para la opción número uno, volantes de inercia se tiene lo siguiente:

$$\text{Total beneficio} = (2 + 1 + 1) * 1\,000$$

$$\text{Total beneficio} = (4) * 1\,000$$

$$\text{Total beneficio} = 4\,000,00$$

En la tabla XXVI se presenta el resumen del cálculo realizado:

Tabla XXVI. Resumen cálculo del beneficio total

No	Descripción	Variables			Total	Total Beneficio (Q)
		Ce	Cm	Ti		
1	Volante de inercia	2	1	1	4	4 000,00
2	Chimeneas de equilibrio	6	3	3	12	12 000,00
3	Calderín o tanques hidroneumáticos	1	7	7	15	15 000,00
4	Válvulas de alivio rápido	4	5	3	12	12 000,00
5	Válvulas anticipadoras de onda	5	2	6	13	13 000,00
6	Ventosas	3	4	3	10	10 000,00
7	Válvulas de retención	7	6	2	15	15 000,00

Fuente: elaboración propia.

La opción 3, calderín o tanques hidroneumáticos, obtuvo el beneficio mayor. Para el cálculo del costo – beneficio se utilizará la siguiente fórmula:

$$B/C = \frac{\text{Total beneficio}}{\text{Costo total propuesta}} \quad (\text{Ec. 4})$$

Donde:

Total beneficio = representa el beneficio total de adquirir cada equipo,

Costo total propuesta = representa el costo total para la instalación del equipo.

Ejemplo: para la opción número uno, volantes de inercia se tiene lo siguiente:

$$B/C = \frac{4\,000,00}{28\,467,67}$$

$$B/C = 0,14$$

En la tabla XXVII se presenta el resumen del cálculo realizado.

Tabla XXVII. Resumen cálculo del costo – beneficio

No	Descripción	Total Beneficio (Q)	Costo Total (Q)	B/C
1	Volante de inercia	4 000,00	28 467,67	0,14
2	Chimeneas de equilibrio	12 000,00	14 761,55	0,81
3	Calderín o tanques hidroneumáticos	15 000,00	35 893,62	0,42
4	Válvulas de alivio rápido	12 000,00	15 417,60	0,78
5	Válvulas anticipadoras de onda	13 000,00	15 719,09	0,83
6	Ventosas	10 000,00	15 552,50	0,64
7	Válvulas de retención	15 000,00	9 028,80	1,66

Fuente: elaboración propia.

De lo anterior se deduce:

- B/C > 1.0 Los beneficios son mayores que los costes.
- B/C = 1.0 Indiferente, los beneficios y costes son iguales.
- B/C < 1.0 Los beneficios son menores que los costes.¹⁷

¹⁷ BLANCO. Andrés. *Evaluación de proyectos por medio del análisis costo beneficio*. Universidad Nacional Experimental Politécnica. Marzo 2011. En línea: www.monografias.com. Consulta: enero 2018.

Tomando en consideración dicho análisis, el método para reducir el golpe de ariete que representa mayor beneficio por su bajo costo de implementación es la instalación de válvulas de retención o antirretorno en la red de distribución de agua fría. Sin embargo, dicha medida no mitigará por completo el efecto del golpe de ariete, únicamente disminuirá su efecto en los tres niveles del hospital, por lo que se deja a criterio de la jefatura de la sección de mantenimiento si dicha medida se combina con otra de las propuestas presentadas para mitigar o disminuir en la mayor cantidad posible el daño ocasionado por el golpe de ariete.

3.10. Distribución de instalaciones del servicio de lavandería

La distribución de instalaciones es la organización del espacio físico que implica la determinación de ubicación de cada una de las unidades administrativas, los grupos de trabajo, maquinaria, bodegas y pasillos dentro de las instalaciones, como se puede observar en la figura 39.

El fin primordial de una nueva distribución de instalaciones es la de desarrollar una distribución efectiva, eficiente y eficaz que cumpla con los requerimientos del servicio y, además, se debe considerar:

- Mejor uso del espacio, equipo y personal
- Mejor flujo de información, materiales y personal
- Excepcional interacción con el personal de servicios
- Promover mejores relaciones interpersonales entre los trabajadores y condiciones de trabajo más seguras
- Flexibilidad

3.10.1. Estrategias de distribución de instalaciones

Para desarrollar las estrategias de la distribución de instalaciones de la lavandería del hospital de accidentes del IGSS, es necesaria la implementación de una herramienta de planificación estratégica. La herramienta seleccionada fue la matriz FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas). Esta herramienta permitirá realizar un análisis interno y externo de la lavandería y así tomar decisiones estratégicas para mejorar la situación actual en el futuro. En la tabla XXVIII puede observarse la matriz FODA de la lavandería.

Tabla XXVIII. **Matriz FODA lavandería**

	Fortalezas		Debilidades
	F1 Calidad de la ropa limpia	D1	Dificultad para mover los carros con ropa en las instalaciones
	F2 Ofrece servicio de lavado y secado	D2	La distribución no es la adecuada para la lavandería
	F3 Personal proactivo al cambio	D3	Falta de capacitación constante del personal que labora en el servicio
	F4 Personal capaz de actuar frente a la alta demanda de ropa hospitalaria	D4	Demora en entregar la ropa a los servicios
	F5 Conocimientos en el manejo adecuado de ropa sucia hospitalaria	D5	Falta de atención personalizada
	F6 Experiencia	D6	Proceso de lavado ineficiente

Continuación tabla XXVIII.

Oportunidades	Estrategias FO	Estrategias DO
O1 Optimizar el proceso de lavado	FO1 Explotar la oportunidad de mejorar el proceso de lavado de ropa sucia hospitalaria con la misma calidad del servicio	DO1 Buscar y analizar una nueva distribución de instalaciones que contribuya a la optimización del tiempo
O2 Espacio físico óptimo para satisfacer la demanda	FO2 Uso adecuado el espacio físico disponible para mejorar los tiempos dentro del proceso de lavado de ropa sucia hospitalaria	DO2 Impulsar la creación de un programa de capacitación constante del personal
O3 Mejora de tiempos en el proceso de lavado		
O4 Adquisición de equipo industrial nuevo	FO3 Proponer la adquisición de nuevo equipo industrial con mayor capacidad	
Amenazas	Estrategias FA	Estrategias DA
A1 Insuficiente oferta para la gran cantidad de demanda	FA1 Fortalecimiento de capacidades técnicas y operativas	DA1 Subcontratar a una empresa privada para el lavado de ropa hospitalaria
A2 Deficiente diseño de distribución de instalaciones		
A3 Quejas por no disponibilidad de ropa limpia	FA3 Impulsar una cultura de orden y limpieza en la lavandería para aprovechar todos los espacios disponibles	DA2 Solicitar a la sección de mantenimiento revise el equipo industrial en caso de algún paro imprevisto
A4 Dificultad para subcontratar empresas que realicen mantenimiento al equipo industrial por su antigüedad		

Fuente: elaboración propia, con información proporcionada por el IGSS.

Las estrategias FO se basan en el enfoque de éxito y responden la siguiente pregunta: “¿De qué forma podremos utilizar nuestras fortalezas para aprovechar las oportunidades?”, de esta interrogante se definieron las siguientes estrategias:

- Explotar la oportunidad de mejorar el proceso de lavado de ropa sucia hospitalaria con la misma calidad del servicio.
- Uso adecuado el espacio físico disponible para mejorar los tiempos dentro del proceso de lavado de ropa sucia hospitalaria.
- Proponer la adquisición de nuevo equipo industrial con mayor capacidad.

Las estrategias FA se basan en el enfoque de reacción y responden a la siguiente pregunta: “¿Cómo se pueden usar nuestras fortalezas para mitigar las amenazas?”, de esta interrogante se definieron las siguientes estrategias:

- Fortalecimiento de capacidades técnicas y operativas.
- Impulsar una cultura de orden y limpieza en la lavandería para aprovechar todos los espacios disponibles.

Las estrategias DO se basan en el enfoque de adaptación y responden a la siguiente pregunta: “¿Cómo se pueden aprovechar las oportunidades para corregir las debilidades?”, de esta interrogante se definieron las siguientes estrategias:

- Buscar una nueva distribución de instalaciones que contribuya a la optimización del tiempo.
- Impulsar la creación de un programa de capacitación constante del personal.

Las estrategias DA se basan en el enfoque de supervivencia y responden a la siguiente pregunta: “¿Cómo se puede mantener en pie aun con las amenazas vistas?”, de esta interrogante se definieron las siguientes estrategias:

- Subcontratar a una empresa privada para el lavado de ropa hospitalaria.
- Solicitar a la sección de mantenimiento revise el equipo industrial en caso de algún paro imprevisto.

Entre las estrategias planteadas para efecto de este análisis se priorizan las siguientes:

- Buscar una nueva distribución de instalaciones que contribuya a la optimización del tiempo.
- Explotar la oportunidad de mejorar el proceso de lavado de ropa sucia hospitalaria con la misma calidad del servicio.

Donde la distribución de las instalaciones es una de las decisiones clave que determinan la eficiencia de las operaciones a corto, mediano y largo plazo. La distribución de instalaciones tiene numerosas implicaciones estratégicas debido a que establece prioridades competitivas de la organización en relación con la capacidad, procesos, costos y flexibilidad, de igual manera con la calidad de vida o condiciones de trabajo dentro de las instalaciones.

Entre las decisiones de distribución incluyen la mejor colocación de máquinas, oficinas y escritorios o centros de servicio. Una distribución efectiva facilita el flujo de materiales, personas e información en y entre las áreas. Para ello se pueden mencionar a continuación algunos métodos:

- Distribución de oficina: posiciona a los trabajadores, su equipo y sus espacios y oficinas para proporcionar el movimiento de información.
- Distribución de tienda: asigna espacio de anaquel y responde al comportamiento del cliente.
- Distribución de almacén: aborda los intercambios que se dan entre espacio y manejo de materiales.
- Distribución de posición fija: estudia los requerimientos de distribución de proyectos grandes y voluminosos, como barcos y edificios.
- Distribución orientada al proceso: trata la producción de bajo volumen y alta variedad.
- Distribución de célula de trabajo: acomoda maquinaria y equipo para enfocarse en la producción de un solo producto o de un grupo de productos relacionados.
- Distribución orientada al producto: busca la mejor utilización de personal y maquinaria en la producción repetitiva o continua.

En el caso de la lavandería del hospital de accidentes del IGSS, para obtener un máximo aprovechamiento de los recursos, utilización, eficiencia y por consiguiente de la productividad del servicio actual, se debe orientar el diseño de la distribución a un diseño enfocado en el proceso, debido a la alta variedad de prendas que se tienen en el hospital.

4. IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE INSTALACIONES

4.1. Información general de seguridad

La seguridad industrial es un campo necesario y obligatorio en todas las entidades que trabajen con equipo industrial. Todo el personal de la sección de mantenimiento debe cumplir con las condiciones para garantizar su seguridad y protección, sobre todo cuando se ingrese a la casa de máquinas. Aquí se encuentran calderas, sistema hidroneumático, bombas, calentadores y el almacenamiento de oxígeno portátil para el servicio de emergencias. A continuación se describe el equipo personal de protección obligatorio que se debe utilizar dentro de la casa de máquinas del Hospital de accidentes del IGSS.

- Equipo de protección personal:
 - Casco industrial
 - Lentes protectores
 - Tapón para oído u orejeras
 - Botas con punta de acero
 - Ropa
 - Guantes

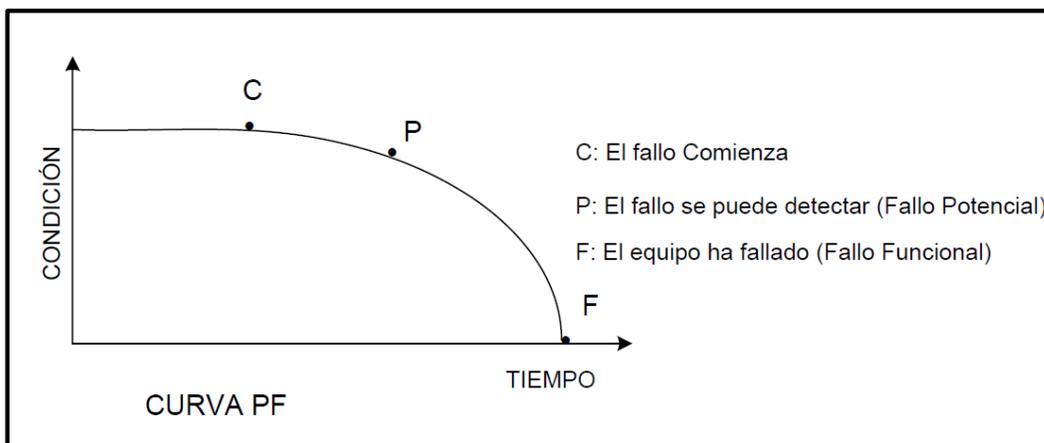
También se debe considerar lo estipulado en el Artículo 37 del Reglamento General de Higiene y Seguridad del IGSS, el cual establece las

condiciones y requerimientos mínimos de seguridad para los trabajadores a la hora de realizar inspecciones y mantenimiento de máquinas.

4.2. Mantenimiento predictivo

La mayoría de los fallos en máquinas son progresivos, por tal motivo es posible su detección antes de que se conviertan en un hecho y con repercusiones irreversibles. El servicio de mantenimiento predictivo establece un seguimiento de los parámetros que evidencien el inicio de un deterioro y establecer qué nivel se admitirá como normal y cual inadmisible. De esta forma se actuará según el caso. En la figura 44 se muestra el comportamiento de este proceso.

Figura 44. **Curva P-F**



Fuente: DÍAZ, Juan. *Técnicas de Mantenimiento Industrial*. p 176.

La curva P-F muestra cómo un fallo inicia y continúa el deterioro hasta un punto en el que puede ser detectado, el punto P del fallo potencial, a partir de

allí, si no se detectan o se toman las medidas pertinentes, el deterioro continúa hasta alcanzar el punto F, que representa el fallo funcional del equipo¹⁸.

Los equipos del hospital de accidentes del IGSS a los que se les puede aplicar las técnicas de control de estado son:

- Motores eléctricos de las bombas de agua.
- Tuberías, ductos y válvulas.

Existen varias técnicas de control de estado aplicadas al mantenimiento predictivo, pero las que se aplican para los equipos en mención son las siguientes:

- Análisis de vibraciones: la mayoría de las máquinas presentan un grado o nivel de vibraciones, esto se debe a pequeñas holguras, rozamientos, desequilibrios, desalineación, entre otros. A raíz de ello, el nivel de la vibración puede ser utilizado como un parámetro de control funcional para el mantenimiento predictivo de máquinas, estableciendo un nivel crítico de alerta y otro inadmisibles a partir del cual el problema generado por los esfuerzos en mención provoca el fallo del equipo.

Para implementar esta técnica en los motores eléctricos de las bombas de agua del hospital de accidentes del IGSS se debe realizar lo siguiente:

- Contratar el servicio: en Guatemala hay empresas que prestan este servicio y garantizan la implementación de la técnica y del

¹⁸ DÍAZ, Juan. *Técnicas de Mantenimiento Industrial*. p 120.

equipo idóneo para detectar las fallas producidas por vibraciones. Entre estas empresas están: Termogram, Servicios Petroleros de Guatemala, S.A., MOAI S.A., entre otros.

- Termografía: es una técnica que utiliza la fotografía de rayos infrarrojos para detectar zonas calientes en dispositivos electromecánicos. Mediante la termografía se crean imágenes térmicas cartográficas que pueden ayudar a localizar fuentes de calor anómalas.

Para implementar esta técnica en los motores eléctricos de las bombas de agua del hospital de accidentes del IGSS se debe realizar lo siguiente:

- Contratar el servicio: en Guatemala hay varias empresas que prestan este servicio y garantizan la implementación de la técnica y del equipo idóneo para detectar las fallas producidas por vibraciones. Entre estas empresas se pueden mencionar a ASCALON MPd Soluciones predictivas, S.A. y Termogram.
- Ultrasonido: son ondas a frecuencia más alta que el umbral superior de audibilidad humana, en torno a los 20 kHz. Es el método más común para detectar grietas y otras discontinuidades (fisuras por fatiga, corrosión o defectos de fabricación del material) en materiales gruesos, donde la inspección por rayos X se muestra insuficiente al ser absorbidos, en parte, por el material.

Para implementar esta técnica en los motores eléctricos, bombas de agua, tuberías o válvulas del hospital de accidentes del IGSS se debe realizar lo siguiente:

- Contratar el servicio: en Guatemala hay varias empresas que prestan este servicio y garantizan la implementación de la técnica y del equipo idóneo para detectar las fallas producidas por vibraciones. Entre estas empresas se pueden mencionar a: ASCALON MPd Soluciones predictivas, S.A., Termogram, Servicios Petroleros de Guatemala, S.A., entre otros.

Estos servicios de mantenimiento predictivo deben realizarse con periodicidad en un intervalo de tres a seis meses, para llevar un control de los parámetros que permiten detectar del comienzo de un deterioro en las instalaciones mecánicas.

4.3. Mantenimiento preventivo

El objeto del mantenimiento preventivo es prever que un equipo o componente falle o deje de funcionar, evitando las paradas abruptas e interrupción del servicio que se brinda. Pretende también mantener en buenas condiciones los equipos, alargando la vida útil de cada uno de los componentes.

En los siguientes apartados se muestra el análisis que se realizó para la implementación del plan de mantenimiento preventivo en el hospital de accidentes del IGSS.

Para describir las rutinas de mantenimiento que se aplicarán a los equipos y accesorios se presentan a continuación los apartados que se abordarán:

Red de tuberías de agua fría	Fallas más comunes Repuestos más utilizados Mantenimiento por realizar Programación del mantenimiento
Componentes de la red de tuberías	Fallas más comunes Repuestos más utilizados Mantenimiento por realizar Programación del mantenimiento
Bombas de agua	Fallas más comunes Repuestos más utilizados Mantenimiento por realizar Programación del mantenimiento
Sistema de amortiguamiento o hidroneumático	Fallas más comunes Repuestos más utilizados Mantenimiento por realizar Programación del mantenimiento

4.3.1. Red de tuberías de agua fría

La línea de distribución comienza desde el bombeo inicial a través de la bomba sumergible de pozo profundo que lleva el agua hasta el tanque de almacenamiento, consta de:

- Estación de bombeo
- Tuberías principales y secundarias
- Válvulas que permitan operar la red, y sectorizar el suministro en casos excepcionales, como lo es: rupturas de tuberías

En este apartado se analizarán las tuberías principales y secundarias:

- Tuberías principales: esta es de hierro negro, es utilizada en el área donde se encuentra la estación de bombeo, todos los equipos de la casa de máquinas tales como calderas, sistema hidroneumático, bombas y calentadores. Tienen conexión a la tubería principal.
- Tuberías secundarias: es de material PVC. Utilizada para la distribución de agua en el interior de todo el hospital.

4.3.1.1. Fallas más comunes en tuberías de agua fría

- Las fallas que se presentan en las tuberías se deben a causa del flujo de agua a presión que conducen en su interior. El sistema de bombeo, inicialmente, trabajaba a una presión máxima de 45 psi y en la actualidad se aumentó esa presión a 60 psi, generando una sobrepresión dentro de la tubería.
- En la tubería principal de hierro negro se presentan fallas por contacto con el agua o exposición directa del aire, debido a que estas ocasionan corrosión. Estos daños por corrosión se presentan en las uniones de los tubos o en donde se localizan los accesorios de la tubería. Si este es el caso se retirará el tubo dañado, se limpiará la parte con corrosión e instalará nuevamente los accesorios. Si el daño es en todo el tubo se recomienda reemplazar el tubo completo.
- Las principales causas de falla en las tuberías de PVC son: diseño inadecuado a causa de las remodelaciones, tuberías de mala calidad, empleo de mano de obra no calificada, falta de supervisión en la instalación y la falta de mantenimiento. Para solucionar estos problemas es indispensable realizar una inspección general de toda la tubería de PVC y sus ramificaciones, además de programar el mantenimiento preventivo del mismo.

- Estallido de tuberías por exceso de presión; cambios bruscos y golpe de ariete.

4.3.1.2. Repuestos más utilizados en tuberías de agua fría

- Tubo de 1 ¼" HN cedula 40 sin costura
- Tubo de 2" HN cedula 40 sin costura
- Tubo de 4" HN cedula 40 sin costura
- Tubo de 6" PVC
- Tubo de 2 ½" PVC
- Tubo de ¾" PVC
- Tubo de ½" PVC
- Tubo de 1" PVC

4.3.1.3. Mantenimiento por realizar en tuberías de agua fría

Las tuberías comúnmente están libres de mantenimiento preventivo. Sin embargo, se programarán rutinas de revisión para determinar el estado físico en el que se encuentran los tubos y su aislante, y así evitar el deterioro excesivo de las tuberías, sus accesorios o las instalaciones del edificio y garantizar el servicio de agua dentro de todo el hospital. Las rutinas de mantenimiento preventivo que se aplicarán a las tuberías son las siguientes:

- Inspección visual de las tuberías
 - Recorrer las instalaciones del hospital en busca de fugas de agua, revisando la humedad del cielo falso del hospital o bien los charcos de agua en los pisos.
 - En el recorrido debe observarse el estado del revestimiento (si tuviera) en la tubería.
 - También se debe observar el estado físico de la tubería debido a que por transportar agua es susceptible a la oxidación y por la presión que las bombas agregan al agua las tuberías tienden a aflojarse de sus cargadores, por lo que se debe revisar la estabilidad de estas cuando el agua está fluyendo a través de ellas.
 - Otra rutina que debe realizarse al hacer las revisiones de la tubería es la inspección y legibilidad del código de colores de las tuberías, debido a que es importante para la seguridad de los trabajadores y facilita la identificación del tipo de fluido que circula por la tubería. En la tabla XXIX se muestra el código de colores para tuberías.

Tabla XXIX. **Código de colores para tuberías**

Colores	Tipo de fluido
Azul	Agua potable
Azul con amarillo	Agua caliente
Azul con naranja	Retorno de agua caliente
Amarillo	Vapor
Amarillo con naranja	Retorno de condensado
Negro	Agua residual

Fuente: elaboración propia.

4.3.1.4. Programación del mantenimiento preventivo en tuberías de agua fría

- **Semanal**
 - Inspeccionar tuberías de todo el hospital, sobre todo en los puntos de unión entre tuberías o con accesorios para observar si existe alguna fuga y comprobar la estabilidad de las tuberías para determinar si se necesitan cambios en las tuberías, limpieza, revestimiento, entre otros.

- **Mensual**
 - Inspeccionar tuberías de todo el hospital, sobre todo en los puntos de unión entre tuberías o con accesorios para observar si existe alguna fuga y comprobar la estabilidad de las tuberías para

determinar si se necesitan cambios, limpieza, revestimiento, entre otros.

- Realizar una limpieza general de las tuberías.
- Verificar que la tubería esté con los colores adecuados, si no es así colocar identificación nueva.

- Trimestral

- Inspeccionar tuberías de todo el hospital, sobre todo en los puntos de unión con accesorios para observar si existe alguna fuga y comprobar su estabilidad, para determinar si se necesitan cambios, limpieza, revestimiento, entre otros.
- Realizar una limpieza general de las tuberías y verificar que no tenga depósitos sólidos.
- Verificar que esté con los colores adecuados, si no es así, colocar identificación nueva.

4.3.2. Componentes de la red de tuberías

Los componentes de la red de tuberías se dividen de la siguiente forma:

- Accesorios que forman parte de la tubería:
 - Llaves de paso
 - Llaves de regulación
 - Uniones soldadas
 - Reductores
 - Uniones universales
 - Tee

- Codos 90°
- Sujetadores

4.3.2.1. Fallas más comunes en los componentes de la red de tuberías

Las fallas más comunes que ocurren en los componentes de la red de tuberías son las siguientes:

- Fuga de agua en los componentes: ocurre por la acumulación de suciedad que ocasiona corrosión, dañando los accesorios, por lo que, si se detecta la fuga de agua se debe retirar el componente para su limpieza y cambio de sellos. Si no, el componente debe sustituirse.
- Deterioro en los componentes por la antigüedad de las instalaciones: presentan fugas de agua y obstruye el flujo del agua. Se recomienda cambiar los componentes para impedir el deterioro de la tubería.
- Componentes obstruidos por la acumulación de suciedad en las tuberías: se debe retirar el componente, limpiarlo físicamente y con solventes para limpiar la corrosión que haya formado.

4.3.2.2. Repuestos más utilizados en los componentes de la red de tuberías

Los repuestos más utilizados en los componentes de la red de distribución de agua fría se describen a continuación:

- Componentes de tuberías
 - Adaptador macho y hembra de ½" - 2" PVC
 - Codos 90° ½", ¾", 2", 2 ½", 4" PVC
 - Codos 90° ½" - 2" de cobre
 - Codos 90° 1 ½", 2", 3", PVC y CPVC lisos
 - Coplas de ½", ¾", 2", 2 ½", 4" PVC
 - Coplas de ½", CPVC
 - Coplas de ½" - 2", de cobre
 - Codos 90° de ½" - 3", PVC liso
 - Válvulas de regulación (válvula de globo) de ½" – 3" (150 Psi.)
 - Válvulas de paso (válvula de compuerta y de bola) ½" a 3"
 - Reductores todas las medidas PVC y HN
 - Reductores todas las medidas HN
 - Tapón macho y hembra todas las medidas PVC y HN
 - Tee todas las medidas PVC, PVC lisas y HN
 - Uniones universales todas las medidas PVC y HN

4.3.2.3. Mantenimiento por realizar en los componentes de la red de tuberías

Las rutinas de mantenimiento preventivo para los componentes que forman parte de la tubería se describen a continuación:

- Válvulas de compuerta y válvulas de globo:
 - No cerrar llaves con fuerza o con palanca.
 - Se recomienda el cierre o apertura total sobre todo en fluidos con presión.

- Si la válvula presenta fuga se recomienda cambiar el vástago, cambiar o ajustar la prensa estopa y cambiar los asientos que estén rayados.
- Se recomienda lubricar cada 6 meses.
- Corregir de inmediato fugas en vástago.

Las inspecciones de los componentes de la red de distribución de agua fría deben realizarse cada 6 meses, durante el recorrido se deben realizar las siguientes actividades:

- Comprobar en el caso de válvulas que estas cierren y abran completamente el paso de agua, así como la suavidad o dureza del giro y el estado de los empaques para detectar fugas o daños.
- Revisar todas las uniones de la tubería para detectar fugas de agua, daños o presencias de corrosión.
- En los lavamanos y fregaderos es indispensable que se inspeccione la presencia de fugas de agua en los sellos y en las bases de las llaves.
- En las duchas revisar que no existan fugas de agua en las llaves y en la cabeza de la ducha cuando esta no esté en uso.

4.3.2.4. Programación del mantenimiento preventivo en los componentes de la red de tuberías

- Diario
 - La inspección diaria está a cargo del personal de los servicios que utilizan los accesorios a los cuales llega el agua fría y el personal de limpieza. Esta consiste en observar las conexiones de la tubería con el componente, los desagües y las llaves para detectar

fugas. Si estas existieran se debe notificar inmediatamente a la Sección de mantenimiento, especificando el tipo de componente que presenta la falla para su pronta reparación.

- Semestral
 - Se deben realizar recorridos semestralmente para verificar el estado de los componentes de la red de distribución de agua fría, en especial en donde se encuentren válvulas, para comprobar su estado realizando pruebas de cierre y apertura completa y observando el estado de las uniones a los tubos o en las uniones de las llaves para verificar que no existan fugas o presencia de corrosión que ameriten la reparación o cambio del componente. También deben revisarse duchas, lavamanos, sanitarios y lava trastos, así como las instalaciones en general, siguiendo las especificaciones descritas anteriormente.

4.3.3. Bombas de agua

En el hospital de accidentes del IGSS existen tres bombas cuyos motores tienen capacidad de 7,5, 15 y 15 HP. Son del tipo centrífugas, las cuales consisten en un rodete que produce una carga de presión por la rotación de este dentro de una cubierta. Estas bombas tienen, aproximadamente, 17 años de antigüedad, con 10 años fuera de servicio y sin ningún programa de mantenimiento. También cuenta con un sistema de contención de agua que se encarga de la distribución de agua del hospital. Este sistema está compuesto por dos bombas centrífugas iguales con una potencia de 7 456,9 Watts (10 HP).

4.3.3.1. Fallas más comunes en bombas de agua

Para localizar las averías o las fallas más comunes presentadas en las bombas de agua fría es necesario reconocer el comportamiento de las bombas, puesto que cada falla presenta ciertas características. Estas características han sido detectadas en práctica por el personal del área de máquinas de la sección de mantenimiento, detectando en cada equipo los mismos problemas en diferentes situaciones, para lo cual, en la tabla XXX, se muestran los problemas que comúnmente se presentan en las bombas de agua tipo centrífugas.

Tabla XXX. **Fallas más comunes bombas de agua**

PROBLEMA	CAUSA	SOLUCIÓN
La bomba no arranca	Paro térmico debido al calentamiento excesivo de la bomba porque se queda sin agua.	Verificar que el agua esté llegando a la bomba y que el tubo de aspiración nunca se quede vacío.
La bomba no para	El presostato está averiado o desajustado.	Apretar bien el presostato teniendo en cuenta que tienen dos tornillos, uno para regular la presión de arrancada de la bomba y otro para detenerla.
No hay entrega de agua	La bomba no está cebada, la velocidad es demasiado lenta, el impulsor está totalmente obstruido.	Verificar que haya agua en la tubería de aspiración y succión; verificar que el motor de la bomba esté recibiendo la corriente de operación correcta; verificar que el impulsor esté debidamente ajustado al eje y que esté apretado para que gire solidario con el eje.
Cantidad de agua entregada es baja	Escape de aire en el tubo de aspiración, obstrucción en la tubería de succión.	Verificar que la tubería tenga escape de aire en el tubo de aspiración; separar tubería de la bomba y quitar obstrucción dentro de tubería.

Continuación tabla XXX.

PROBLEMA	CAUSA	SOLUCIÓN
Presión de agua no es suficiente (máximo 60 psi)	Bajo voltaje eléctrico, defectos mecánicos como anillos de la carcasa desgastados, impulsor dañado o sello defectuoso.	Verificar el voltaje que necesita la bomba para su correcta operación; utilizar garantía o realizar mantenimiento general de la bomba y motor.
La bomba vibra	Alineación incorrecta, obstrucción parcial del impulso, defectos mecánicos.	Verificar la alineación correcta del motor y la bomba; verificar que el impulsor no se encuentre obstruido; realizar mantenimiento a la bomba y motor.

Fuente: elaboración propia.

4.3.3.2. Repuestos más utilizados en bombas de agua

- Limpiador de contactos eléctricos
- Regulador de presión 50 – 150 PSI
- Aceite (Según el manual de operación de la bomba)
- Empaque G 160
- Cojinetes
- Fusibles 100 A. 600V
- Capacitor
- Contactor

4.3.3.3. Mantenimiento por realizar en bombas de agua

A continuación se describirán las rutinas de mantenimiento sin realizar especificaciones:

- Revisión de condiciones de la instalación: la bomba de agua es un conjunto de un motor eléctrico y una turbina; el motor genera el movimiento giratorio y lo transmite a la turbina por medio de una unión flexible. Esta unión, cuando la bomba se encuentra funcionando, gira a altas velocidades, por lo que debe asegurarse que en las instalaciones en las que se encuentren las bombas no existan objetos que interrumpan el giro de la unión flexible. En las instalaciones también debe cuidarse que no exista agua o algún otro material que pueda dañar los cables eléctricos que alimentan los motores de las bombas. También debe hacerse notar que son las mismas condiciones para las cinco bombas centrífugas que tienen en el hospital, puesto que todas están en la misma estación de bombeo, tres principales fuera de servicio y dos de contención que actualmente se encargan de la distribución de agua fría por todo el hospital.
- Verificación de goteo, anclajes, tensión y estado de juntas: las bombas trabajan para impulsar el agua a través de tubería a cierta presión para que esta llegue al lugar más lejano de la tubería. Al transcurrir el tiempo es posible que aparezcan pequeñas fugas que deben ser corregidas inmediatamente, debido a que ocasionan el deterioro de los componentes de la bomba.

También, para las bombas del sistema de contención, debe verificarse el estado de los pernos de anclaje y las juntas flexibles, debido a que si

estos están dañados o flojos ocasionarán vibración que daña las partes mecánicas internas y componentes eléctricos de la bomba.

- Lubricación y engrase de cojinetes o rodamientos: para realizar la lubricación y el engrase de cojinetes y rodamientos es necesario desmontar el motor y luego desarmarlo siguiendo las siguientes indicaciones:
 - Desconectar los componentes de la fuente de alimentación eléctrica.
 - Desmontar la bomba de su base retirando los tornillos de anclaje (para el sistema de bombeo de contención únicamente) y, separando la unión flexible de la bomba y el motor, retirar tapas del motor; separar motor y el estator para revisar su estado físico.
 - Al descubrir los cojinetes se deben revisar que no existan señales de desgaste, grietas o un juego excesivo en los rodamientos. En caso de presentarse alguna de estas, se recomienda el cambio de los cojinetes.
 - Si se encuentran en buenas condiciones solo deben limpiarse y aplicar la cantidad y tipo de grasa recomendada en los manuales de operación creados por el fabricante, teniendo en cuenta que las superficies a las cuales se aplicará grasa deben estar completamente limpias de polvo, humedad o residuos de grasa anterior.
 - Hecho esto, se procede a rearmar nuevamente el motor y la bomba, colocándolo en su posición de funcionamiento anclado correctamente a su base.

- Revisar empaques, sellos y anillos: para realizar la siguiente rutina de mantenimiento es necesario desarmar la bomba y el motor, por lo tanto,

se recomienda este mantenimiento se realice al mismo tiempo que la lubricación de cojinetes o rodamientos.

- Al abrir el motor y realizar el engrase a los cojinetes o el mantenimiento programado, se deben cambiar también los sellos y empaques de la bomba y del motor para asegurar que no ingrese agua o suciedad al motor o bomba.
- También se debe revisar el estado de las tejas del impulsor para determinar si necesitan cambio o solo limpieza.
- Alineación de la bomba: esta rutina debe realizarse, por lo menos, una vez al año, puesto que si el motor se encuentra desalineado con la bomba ocasionará que se dañen los demás componentes mecánicos de las bombas. Para la revisión de la alineación se deben seguir lo descrito a continuación:
 - Cuando el motor y la bomba están desalineados se presenta vibración al arrancar el sistema o en el funcionamiento, asimismo se puede medir el juego entre los acoples de la bomba y el motor, el cual debe indicar la misma abertura para todos los acoples, de lo contrario indicará que el motor se encuentra desalineado.
 - Cuando se ha confirmado la desalineación de la bomba se debe corregir moviendo los pernos de anclaje hasta que el motor quede alineado. Si no se pudiera se debe desarmar la bomba y mandar a alinear el eje de la bomba y el rotor del motor.

4.3.3.4. Programación del mantenimiento preventivo en bombas de agua

- **Semanal**
 - Revisar las instalaciones del equipo de bombeo y los alrededores donde se encuentran las bombas de agua e identificar riesgos de accidentes.
 - Realizar limpieza superficial del motor, la bomba y sus componentes.
 - Revisar todos los elementos de la instalación eléctrica de los motores para determinar su estado.
 - Inspección visual de uniones de las tuberías para detectar fugas, corrosión o daños físicos que requieran cambios.
 - Inspeccionar el manómetro verificando su funcionamiento correcto para evitar sobrepresiones en la red de distribución de agua fría.

- **Mensual**
 - Limpiar el filtro de agua que se encuentra ubicado al ingreso del tanque de almacenamiento de agua proveniente de la bomba sumergible.
 - Revisar y comprobar el estado del interruptor de presión o presostato.
 - Revisar el estado de uniones flexibles y ajustar pernos de anclaje.

- **Semestral**
 - Revisar si hay fugas, revisar sellos, juntas flexibles y cojinetes.

- Soplar con aire comprimido el ventilador del motor.
- Revisar y comprobar la alineación de la bomba.
- Anual
 - Desarmar la bomba y limpiar partes interiores.
 - Revisar cámara de lubricación de cojinetes y engrasar, revisar estado físico de sellos y empaques, y revisar los niveles de aceite de las bombas.

4.3.4. Sistema de amortiguamiento o hidroneumático

La función principal de un sistema hidroneumático es mantener la presión de agua constante en la red de distribución de agua, mantiene la tubería presurizada cuando las bombas están apagadas, contrario a la idea de que los tanques sirven para almacenar el agua. Para que el sistema cumpla su función principal, todos sus componentes deben encontrarse en buenas condiciones y esto se logra a través de la programación del mantenimiento preventivo del mismo, puesto que permitirá que sus componentes funcionen de manera óptima.

4.3.4.1. Componentes del sistema de amortiguamiento

Los sistemas de amortiguamiento o sistemas hidroneumáticos están compuestos por los siguientes equipos y componentes:

- Tanque precargado
- Bombas de agua
- Interruptor de presión

- Manómetro
- Accesorios (válvulas)

4.3.4.2. Fallas más comunes del sistema de amortiguamiento

Los tanques hidroneumáticos con los que cuenta el hospital de accidentes del IGSS son también conocidos como tanques de presión de membrana. Este tipo de tanques contienen aire y agua a presión separados por una membrana que dura un promedio de 5 a 7 años, dependiendo del mantenimiento y la protección que tengan los mismos.

Entre las principales fallas de estos equipos se pueden mencionar:

- Altos niveles de cloro que pueden dañar, desintegrar o causar pequeños orificios en la membrana de los tanques, haciendo que se vuelva frágil y menos flexible.
- Sedimentos, como hierro y manganeso, pueden cubrir la superficie de la membrana de los tanques endureciéndose, volviéndose menos flexible y fatigándose fácilmente.
- Los tanques, si se encuentran sobre el suelo, se oxidan y pierden integridad estructural y si están expuestas a las inclemencias del tiempo.
- Baja presión de salida de agua puede no deberse a los tanques sino a las bombas de agua.
- Encendido constante de las bombas de agua, debido a que los tanques están inundados con agua o bien a causa de la mala calibración del presostato o por la alta demanda de este líquido en los distintos servicios del hospital.

4.3.4.3. Repuestos más utilizados en el sistema de amortiguamiento

- Membrana para tanque de 454,25 litros (120 galones).

4.3.4.4. Mantenimiento por realizar en el sistema de amortiguamiento

Entre las rutinas de mantenimiento aplicables al sistema hidroneumático del hospital de accidentes del IGSS se pueden mencionar:

- Bombas y tuberías
 - Se deben inspeccionar las tuberías de las bombas a la descarga, verificando las uniones y codos.
 - Revisar las válvulas de drenaje, antirretorno, de compuerta, entre otras, y cambiar las que no funcionen.
 - Verificar el funcionamiento de los manómetros antes y después de apagarse las bombas.
 - Revisar los motores de las bombas, amperaje, voltaje, frecuencia y su temperatura externa.
- Tanques precargados

Esta rutina de mantenimiento debe realizarse cuando la demanda de agua potable sea la más baja de la semana, preferentemente fin de semana y en jornada nocturna.

- Verificar la membrana de los tanques
 - Se puede identificar si un tanque está inundado golpeando suavemente con los nudillos el lado del tanque. Esto lo debe hacer el encargado de la casa de máquinas de la sección de mantenimiento.
 - Al inclinar suavemente el tanque se puede identificar si el tanque se encuentra inundado por su peso.
 - Presionar la válvula donde se precarga el aire para verificar que sea aire y no agua.
 - Verificar la presión de salida del agua a través del manómetro.

En caso los tanques se encuentren inundados se debe proceder con el servicio de mantenimiento correctivo, cambiando las membranas rotas.

- Servicio de mantenimiento a tanques con membranas en buen estado
 - Cortar el suministro de energía eléctrica de las bombas de agua.
 - Se deben cerrar las válvulas de compuerta para aislar los tanques precargados.
 - Vaciar los tanques precargados.
 - Ajustar la precarga de aire a 100 Lb.
 - Abrir las válvulas de compuerta para permitir que los tanques nuevamente se llenen de agua.
 - Conectar nuevamente la energía eléctrica de las bombas.

4.3.4.5. Programación del mantenimiento preventivo en el sistema de amortiguamiento

- **Semanal**
 - Inspeccionar las instalaciones del equipo de bombeo y donde se encuentran los tanques hidroneumáticos para identificar riesgos de accidentes.
 - Revisar el correcto funcionamiento de todos los componentes del sistema hidroneumático.

- **Mensual**
 - Verificar la presión de los tanques hidroneumáticos utilizando un manómetro.
 - Realizar las rutinas de mantenimiento anteriormente descritas para las bombas de agua fría y en la red de distribución de agua y sus componentes.

4.4. Mantenimiento correctivo

Este tipo de mantenimiento es el que actualmente se utiliza en el hospital de accidentes del IGSS. Es comúnmente efectuado después del fallo para reparar las averías.

4.4.1. Programable

Este tipo de mantenimiento se efectúa cuando la falla no es urgente. La ejecución se lleva a cabo en el momento más oportuno y con la reparación más

adecuada. En el hospital de accidentes del IGSS no se puede aplicar este tipo de mantenimiento, puesto que si un componente de la red de distribución de agua fría o un componente del sistema hidroneumático falla, se detiene la distribución de agua fría, caliente y por consiguiente la distribución del vapor de agua, deteniendo por completo los procesos de lavado en la lavandería, en la cocina a causa del uso de las marmitas de vapor, en central de equipos (esterilización de instrumentos), autoclaves (esterilización de instrumentos quirúrgicos) de la sala de operaciones, tanque de bunker (precalentamiento con vapor) y uso de servicios sanitarios en todo el hospital. Esto significa que la distribución de agua es un factor crítico que influye directamente en las actividades diarias del hospital. Por consiguiente, si un componente falla, debe repararse inmediatamente.

4.4.2. No programable o contingente

Este tipo de mantenimiento se refiere a las actividades que se realizan de forma inmediata, debido a que algún equipo que proporciona servicio vital deja de funcionar por cualquier causa y debe efectuarse de manera emergente. El hospital de accidentes del IGSS utiliza este tipo de mantenimiento para corregir las fallas de todos los equipos, red de distribución de agua fría y sus componentes, puesto que no se aplican rutinas de mantenimiento preventivo.

4.4.3. Histórico de reparaciones

La sección de mantenimiento del hospital de accidentes del IGSS no cuenta con registros sobre las reparaciones hechas a la maquinaria y equipo. Esto dificulta enormemente la identificación de la posible falla del equipo, retardando la respuesta ante una parada o falla del equipo.

4.5. Supervisión del programa de mantenimiento

Es indispensable que se supervise el programa de mantenimiento con el fin de que se cumplan los objetivos de estos, esto a través de un programa de supervisión constante de las actividades de mantenimiento preventivo realizadas por los operarios que dependen de la sección de mantenimiento del hospital.

4.5.1. Personal a cargo del programa de mantenimiento

La supervisión del mantenimiento está a cargo del jefe de la sección de mantenimiento del hospital, quien, con apoyo del supervisor y los encargados de la casa de máquinas, realizará las actividades de mantenimiento para la dirección y supervisión, los cuales son:

- Programar las rutinas de mantenimiento.
- Entregar a los operarios las órdenes de trabajo de mantenimiento.
- Verificar el cumplimiento de las órdenes de mantenimiento.
- Llevar el control de las fichas para la administración del mantenimiento preventivo.
- Gestionar la compra de herramienta, insumos, repuestos y la contratación de servicios de mantenimiento externos.
- Elaborar listado de repuestos e insumos necesarios a mantener en el almacén para garantizar el cumplimiento de las rutinas de mantenimiento preventivo y reparaciones de emergencia.

4.6. Distribución de instalaciones del servicio de lavandería

El diseño de la distribución de instalaciones considera lograr lo siguiente:

- Mayor utilización del espacio, equipo y personal
- Mejor ánimo de los empleados y condiciones de trabajo más seguras
- Mejor interacción en la recepción de ropa
- En la medida de lo posible flexibles
- Optimización del proceso

4.6.1. Inventario de equipo

En la tabla XXXI se describen los equipos que se encuentran en la lavandería del hospital de accidentes del IGSS.

Tabla XXXI. Inventario de equipo

No	Equipo	Marca	Modelo	Capacidad (Lb)	Capacidad (KG)
1	Lavadora	DEFRANCESCHI	LCFA NTB165SE	360	165
2	Lavadora	DEFRANCESCHI	LCFA NTB165SE	360	165
3	Lavadora	MILNOR	42026Q4P	135	60
4	Lavadora	RENZACCI	LX 120	265	120
5	Secadora	IMESA	ER-PSOVAT	100	45
6	Secadora	IMESA	ER-PSOVAT	100	45
7	Secadora	HUEBSCH	JT110CSH	100	45
8	Secadora	HUEBSCH	JT110CSH	100	45
9	Secadora	ABC AMERICAN DRYER CORP	AD-170	170	78
10	Secadora	ABC AMERICAN DRYER CORP	AD-170	170	78
11	Planchadora de sábanas	PIOTELLO LAVITAL	RC 600/3/3300	N/A	N/A

Fuente: elaboración propia, con información proporcionada por el IGSS.

4.6.2. Requerimientos de capacidad y espacio

En la tabla XXXII se muestra los requerimientos mínimos de espacio que debe de haber dentro del área de lavandería, sin incluir los equipos industriales.

Tabla XXXII. **Requerimiento de espacio**

Utilidad	Dimensiones (m)	Área (m²)
Oficina 1 para uso del jefe de lavandería	2,60 x 3,96	10,30
Oficina 2 para uso del jefe de lavandería	2,60 x 3,94	10,24
Bodega para insumos que se utilizan en lavandería	2,60 x 3,82	9,93
Esclusa	2,60 x 2,83	7,36
Recepción de ropa	2,10 x 2,50	5,25
Área de selección de ropa y preparación de cargas	2,10 x 10,60	22,26
Total		65,34

Fuente: elaboración propia, con información proporcionada por el IGSS.

Es importante planificar desde el inicio los espacios. Para ello, la distribución de las instalaciones debe seguir una ruta alineada al proceso. Este ciclo contempla una zona de recepción, área de clasificación y preparación de cargas, zona de máquinas (lavadoras y secadoras), planchado, doblado y finalmente estantería en bodega.

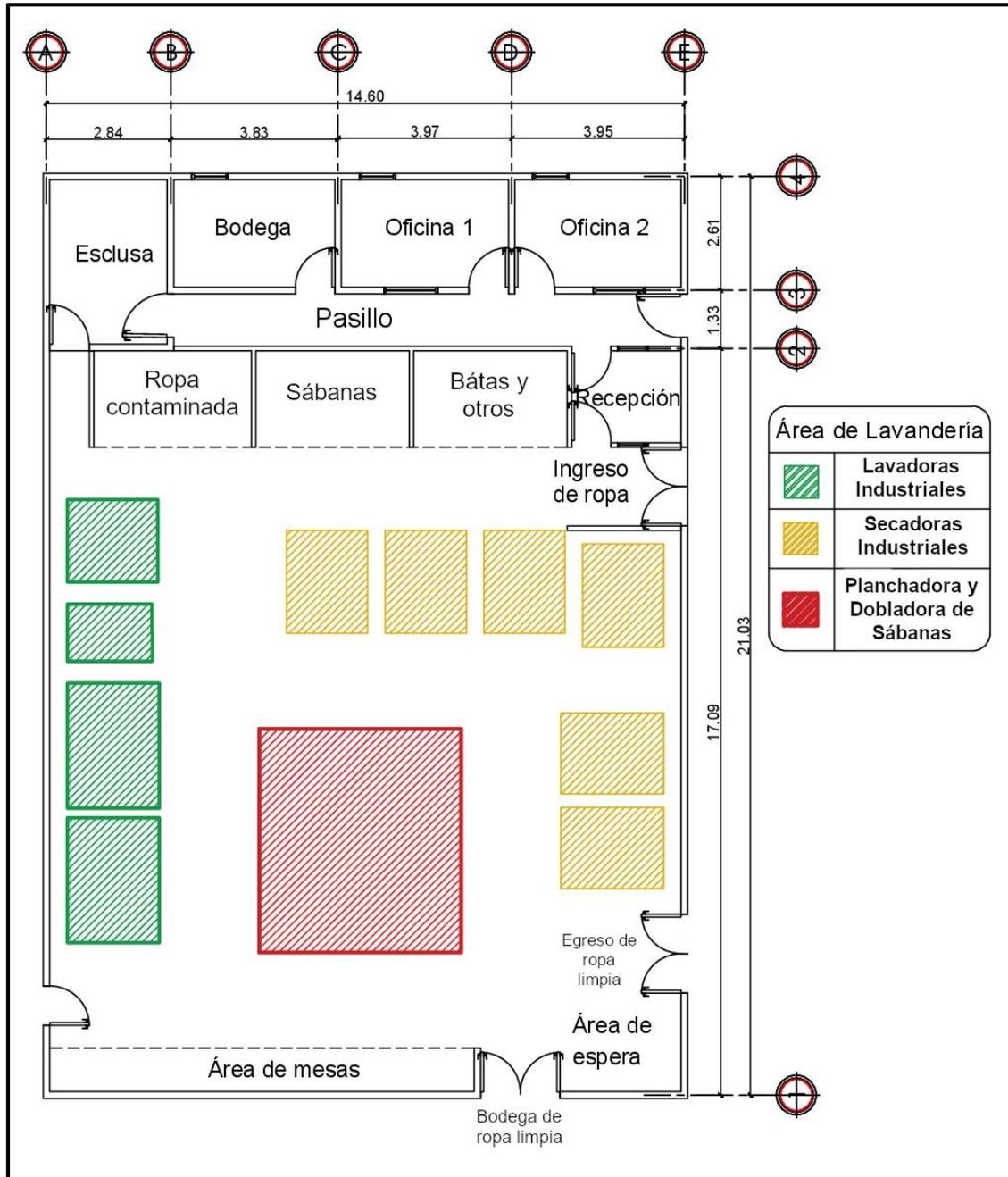
4.6.3. Entorno y estética

La distribución de instalaciones del servicio de lavandería del HGAC necesita remodelar parte de la estructura para agregar ventanas y facilitar el ingreso del flujo de aire.

4.6.4. Distribución de instalaciones sugerida

A efecto de cumplir con las condiciones esenciales descritas anteriormente, se sugiere que el área de lavandería tenga la siguiente distribución:

Figura 45. **Distribución propuesta de instalaciones orientadas al proceso del servicio de lavandería**



Fuente: elaboración propia, empleando AUTOCAD.

En la tabla XXXIII se muestra la optimización del proceso con base en la nueva distribución de instalaciones orientada al proceso, disminuyendo recorrido y aumentando la eficiencia del servicio.

Tabla XXXIII. **Proceso optimizado del servicio de lavandería**

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO			
Fecha de Elaboración: enero 2018	Diagrama No. 2	Página:	1 de 2
Elaborado Por: José Daniel Fuentes		Aprobado Por: N/A	
Proceso: Lavado de sábanas, uniformes y ropa contaminada (Lote de 324, 100 y 220 libras de ropa respectivamente por lavadora).		Método:	Actual
		Propuesto	X
Empieza En: Recepción de ropa		Termina en: Almacenamiento de ropa limpia	
Descripción	Tiempo (en minutos)	Distancia (en metros)	Símbolo
Recepción e inspección de ropa	3		
Traslado al área de clasificación	0,5	9	
En espera para su preparación	2		
Preparación de ropa urgente	3		
Preparación ropa normal	7		
Clasificación de ropa; ropa contaminada, sábanas y batas u otros.	10		
En espera de pesa disponible	3		
Preparación e inspección de cargas (peso)	5		
Traslado al área de lavado	0,5	7	
Preparación de utensilios de lavado (detergente)	2		
Inspección lavadora industrial	1		
En espera de programación de lavadora	1		
Lavado de ropa	15		
Traslado al área de secado	0,5	9	
Inspección de secadora industrial	1		

Continuación tabla XXXIII.

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO				
Fecha de Elaboración: enero 2018		Diagrama No. 2		Página: 2 de 2
Elaborado Por: José Daniel Fuentes			Aprobado Por: N/A	
Proceso: Lavado de sábanas, uniformes y ropa contaminada (Lote de 324, 100 y 220 libras de ropa respectivamente por lavadora).			Método:	Actual
			Propuesto	X
Empieza En: Recepción de ropa			Termina en: Almacenamiento de ropa limpia	
Descripción		Tiempo (en minutos)	Distancia (en metros)	Símbolo
En espera de programación de secadora		1		○⇒D□▽
Secado de ropa		15		○⇒D□▽
Traslado al área de planchado y doblado		0,15	4	○⇒D□▽
Planchado y Doblado		15		○⇒D□▽
Traslado al almacenamiento		1	9	○⇒D□▽
Almacenamiento de ropa limpia		4		○⇒D□▽
RESUMEN				
Actividad	Descripción	Total	Cantidad	
			Minutos	Metros
○	Operación e inspección	2	8	-
○	Operación	7	67	-
⇒	Transporte	5	2,65	38
D	Demora	4	7	-
□	Inspección	2	2	-
▽	Almacenamiento	1	4	-
TOTAL		21	90,65	38

Fuente: elaboración propia, servicio de lavandería, HGAC.

Por lo tanto, se tienen 90,65 minutos o 1 hora con 30 minutos y 36 segundos para el lavado de 324, 100 y 220 libras de ropa sucia, respectivamente, por cada lavadora según capacidad. Es notorio que no se redujo el tiempo de lavado ni se omitió ningún paso. Únicamente se disminuyó

el tiempo de ocio y las distancias recorridas, obteniendo una disminución del tiempo del 26 % respecto al proceso inicial, manteniendo así la calidad del servicio.

En la tabla XXXIV se muestra la cantidad de ropa que puede lavarse con el nuevo diseño de distribución de instalaciones por día, agregando un estimado de la cantidad de ropa que realmente se lavaría por día en la lavandería.

Tabla XXXIV. **Cantidad de ropa diaria en el servicio de lavandería**

Lavadora	Capacidad (Lb)	Libras de ropa por carga	Cargas por día capacidad	Cargas por día real	Libras de ropa por día según capacidad por día	Libras de ropa reales por día
1	360	324	8	7	2 880	2 268
2	360	324	8	7	2 880	2 268
3	135	100	8	6	1 080	600
4	265	220	8	5	2 120	1 100
Total	1 120	968	32	25	8 960	6 236

Fuente: elaboración propia.

Considerando que se tiene un 15 % de suplemento, se tiene que:

8 960 libras de ropa * 0,85 = 7 616 Libras de ropa efectivas por día.

Aplicando la ecuación 1 y 2 se obtiene:

$$\text{Utilización (\%)} = \frac{6\,236}{8\,960} * 100$$

$$\text{Utilización (\%)} = 70 \%$$

$$\text{Eficiencia (\%)} = \frac{6\,236}{7\,616} * 100$$

$$\text{Eficiencia (\%)} = 82 \%$$

Los resultados de dicho análisis han demostrado que al mejorar el proceso y cambiar la distribución de instalaciones se ha logrado aumentar la utilización del equipo en un 20 %, además de incrementar su eficiencia en un 23 % respecto al valor actual.

5. MEJORA CONTINUA

5.1. Evaluación de la gestión de mantenimiento

La evaluación de la gestión de mantenimiento puede dividirse en dos grupos:

- Medición de resultados a partir del cálculo y análisis de indicadores de mantenimiento.
- Valoración del desarrollo mediante control directo, principalmente a través de auditorías que permitan realizar una evaluación para identificar los puntos débiles y fuertes.

La medición de resultados a partir de cálculos y análisis de indicadores de mantenimiento darán la pauta de lo que aún se puede mejorar para aumentar la eficiencia y productividad de los servicios que presta la sección de mantenimiento y de la correcta aplicación y ejecución del mantenimiento preventivo en las instalaciones. En los siguientes apartados se muestran los indicadores que servirán para evaluar los distintos factores que influyen en la correcta ejecución del mantenimiento de los equipos e instalaciones del hospital de accidentes del IGSS. Entre ellos se pueden mencionar:

- Indicadores para la mejora continua
 - Índices de disponibilidad de equipo
 - Indicadores de gestión de órdenes de trabajo

- Índices de coste
- Índices de proporción de tipo de mantenimiento

5.1.1. Índices de disponibilidad de equipo

- Índice de disponibilidad

Este indicador permitirá determinar la disponibilidad del equipo respecto a las horas que ha estado en detención por mantenimiento. Este se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas de parada por mantenimiento}}{\text{Horas totales}} \quad (\text{Ec. 5})$$

Ejemplo: para realizar mantenimiento de las bombas de agua y cambiar los cojinetes, los operarios demoran medio día laboral para realizar el mantenimiento, en donde el funcionamiento de la bomba de agua es permanente durante todo el día, de ello se tiene que:

Horas totales = 24 horas

Horas de parada por mantenimiento = de 06:00 – 12:00 horas son 7 horas

Por lo tanto, utilizando la ecuación 5:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{(24 \text{ horas} - 7 \text{ horas})}{24 \text{ horas}} = 0,71 * 100 = 71 \%$$

De esto se deduce que únicamente se tendrá una disponibilidad del 71 % del tiempo para el funcionamiento de la bomba de agua.

El índice de disponibilidad total se calcula de la de la siguiente manera:

$$\text{Disponibilidad Total} = \frac{\sum \text{Disponibilidad de equipos significativos}}{\text{Número de equipos significativos}} \quad (\text{Ec. 6})$$

Se debe calcular la disponibilidad de cada equipo que su funcionamiento sea indispensable o significativo y posteriormente obtener la media aritmética para obtener la disponibilidad total del equipo.

Ejemplo: considerando que la bomba de agua tiene una disponibilidad del 70 %, la cisterna tiene una disponibilidad del 100 %, los tanques hidroneumáticos tienen una disponibilidad del 95 %, se tiene entonces que:

$$\text{Disponibilidad Total} = \frac{(70 + 100 + 95)}{3} = 88,33 \%$$

De ello se deduce que se tiene un 88,33 % de disponibilidad total del equipo.

- Índice de tiempo medio entre fallos (TMEF)

Este índice permite conocer la frecuencia con la que suceden las averías o fallos:

$$\text{TMEF} = \frac{\text{Número de horas totales del periodo de tiempo analizado}}{\text{Número de fallas o averías}} \quad (\text{Ec. 7})$$

Ejemplo: las bombas de agua fallan tres veces cada dos años, con esta información entonces se calcula el TMEF de la siguiente manera:

$$\text{TMEF} = \frac{2 \text{ años}}{3 \text{ fallas}} = 0,67 \text{ años/avería}$$

De ello entonces se deduce que el tiempo medio entre fallas es de 8 meses. Cada 8 meses ocurre una falla en las bombas de agua.

- Índice de tiempo medio de reparación (TMR)

Permite conocer la gravedad de un fallo o avería que se produce a través de la medición del tiempo medio hasta su solución:

$$\text{TMR} = \frac{\text{Número de horas de paro por fallo o avería}}{\text{Número de fallas o averías}} \quad (\text{Ec.8})$$

Ejemplo: las bombas de agua fallaron 3 veces este año y demoraron 2 horas en reparar cada falla. De esto se tiene entonces:

$$\text{TMR} = \frac{2 \text{ horas}}{3 \text{ fallas}} = 0,667 \text{ horas/palla}$$

Que representa la cantidad de horas que la bomba de agua se encuentra detenida por cada falla o desperfecto que se detecta.

5.1.2. Indicadores de gestión de órdenes de trabajo

- Número de órdenes de trabajo generadas en un periodo determinado.

Este indicador suele ser muy utilizado por la facilidad que tiene para calcularlo. La información que facilita este indicador es más representativa cuando mayor sea la cantidad de órdenes de trabajo en la institución.

Ejemplo: en la casa de máquinas de la sección de lavandería se tuvieron 35 órdenes de trabajo de todo tipo.

- Número de órdenes de trabajo acabadas

De igual forma que en el anterior, la sencillez de su utilización permite calcular fácilmente la cantidad de órdenes de trabajo que han sido acabadas.

Ejemplo: de las 35 órdenes de trabajo en la casa de máquinas se completaron las 35.

- Número de órdenes de trabajo pendientes

Con este indicador se determina la eficacia en la resolución de los problemas presentados en los equipos. En este indicador se deben separar de la siguiente manera:

- Pendientes de repuesto
- Pendientes de parada del equipo
- Pendiente por otras causas

Ejemplo: en el mes de junio la casa de máquinas tuvo 47 órdenes de trabajo, de las cuales dejó pendiente 1 orden por falta de repuestos.

- Índice de cumplimiento de la planificación

Por medio de este índice se mide la proporción del cumplimiento de las órdenes de trabajo en el tiempo establecido. Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Índice de Cumplimiento} = \frac{\text{Número de órdenes acabadas en la fecha planificada}}{\text{Número de órdenes totales}} \quad (\text{Ec. 9})$$

También mide el grado de acierto en la planificación. Ejemplo: en la casa de máquinas en el mes de junio se completaron 46 de las 47 órdenes de trabajo en el tiempo indicado. De esto entonces:

$$\text{Índice de cumplimiento de la planificación} = \frac{46}{47} = 98 \%$$

Esto indica que se alcanzaron los resultados deseados en el tiempo estipulado.

5.1.3. Índices de coste

Los índices de coste junto con los índices de disponibilidad son los parámetros que el jefe de mantenimiento del Hospital de accidentes del IGSS debe manejar constantemente, puesto que la información que aportan es determinante para su gestión, un índice que se puede utilizar en el hospital de accidentes del IGSS, se describe a continuación:

- Proporción de coste de la mano de obra de mantenimiento

Este índice se describe por sí solo y se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Coste de hora medio de mano de obra} = \frac{\text{Coste total de la mano de obra de mantenimiento}}{\text{Número de horas de mantenimiento}} \quad (\text{Ec. 10})$$

Ejemplo: el tiempo total en realizar mantenimiento a las bombas de agua es de dos horas y tiene un costo de Q 200,00 de mano de obra. De ello se tiene que:

$$\text{Coste de hora medio de mano de obra} = \frac{\text{Q 200,00}}{2 \text{ horas}} = 100,00 \text{ Q/hora}$$

Este valor representa el costo de mano de obra medio por el tiempo de trabajo de mantenimiento, Q 100,00 de mano de obra por hora de mantenimiento.

5.1.4. Índices de proporción de tipo de mantenimiento

- Índice de mantenimiento programado (IMP)

Representa el porcentaje de horas invertidas en la realización del mantenimiento programado sobre las horas totales.

$$\text{IMP} = \frac{\text{Horas dedicadas al mantenimiento programado}}{\text{Horas totales dedicadas al mantenimiento}} \quad (\text{Ec. 11})$$

Ejemplo: Las horas dedicadas en la casa de máquinas para el mantenimiento programada fue de 1 hora. Las horas dedicadas al

mantenimiento fue de medio día laboral, de 06:00 a 12:00 horas, sumando un total de 7 horas. De esto se tiene que:

$$\text{IMP} = \frac{(1 \text{ hora})}{7 \text{ horas}} = 0.14 * 100 = 14 \%$$

Indica que únicamente se dedicó el 14 % del tiempo en la programación del mantenimiento y el resto del tiempo en la ejecución de este.

- Índice de mantenimiento correctivo (IMC)

Representa el porcentaje de horas invertidas en llevar a cabo el mantenimiento correctivo sobre las horas totales.

$$\text{IMC} = \frac{\text{Horas dedicadas al mantenimiento correctivo}}{\text{Horas totales dedicadas al mantenimiento}} \quad (\text{Ec. 12})$$

Este indicador brinda información útil para la programación del mantenimiento preventivo. Ejemplo: el área de máquinas de la sección de mantenimiento ha demorado en el mantenimiento correctivo un tiempo de 6 horas. Las horas restantes del día se dedicó a cambiar el aceite y el filtro del compresor según lo programado. Por lo tanto:

$$\text{IMC} = \frac{(6 \text{ horas})}{(8 \text{ horas})} = 0,75 * 100 = 75 \%$$

Este índice indica que del tiempo total dedicado al mantenimiento el 75 % del tiempo es para el mantenimiento correctivo de la maquinaria.

5.2. Red de distribución de agua caliente

La red de distribución de agua caliente se encuentra ubicada en paralelo con la red de distribución de agua fría y de vapor. Esta red inicia desde los calentadores, que utilizan como fuente de calor el vapor de agua generado por las calderas pirotubulares para calentar el agua. Esto lo convierte en un sistema central con circulación ascendente, que consiste en almacenar el agua caliente para luego ser impulsada constantemente a las tuberías por medio de una bomba centrífuga. Las tuberías de agua caliente forman una red cerrada donde el agua circula por el edificio por medio de la tubería principal del cual salen los ramales de tuberías secundarias y de estas salen las tuberías que llegan a las duchas y lavamanos. El agua que no se utiliza retorna a los calentadores para aprovechar la temperatura del agua caliente.

La evaluación de la red de distribución de agua fría evidenció que el revestimiento de la mayoría de las tuberías de agua caliente se encuentran en mal estado, lo que ocasiona pérdida de energía, puesto que su función principal es impedir que la energía calorífica del agua se transfiera al ambiente y el agua caliente llegue a las unidades o servicios con la temperatura adecuada para su uso.

También se observaron fugas de agua caliente en algunos componentes de la red que pasa por el área subterránea. Por esta razón la pintura y su revestimiento se han afectado, además presentan corrosión. En la actualidad, el personal de la casa de máquinas desconoce el consumo de agua caliente del hospital.

5.3. Red de distribución de aire comprimido industrial

La red de distribución de aire comprimido industrial lo distribuye. Va desde el compresor industrial hasta las calderas pirotubulares. Este aire se utiliza para alimentar la llama de las calderas y mantener una llama estable para que las calderas cumplan su función principal, que es generar vapor de agua. También el aire comprimido industrial lo utiliza la planchadora y dobladora de sábanas de la lavandería.

5.4. Red de distribución de vapor

La red de distribución de vapor es parte de la sección generadora de vapor que la componen dos calderas piro tubulares, cuyo combustible principal es el *fuel oil* número 3 o búnker, tanques de almacenamiento de agua para las calderas y tanque de captación de condensado.

Las calderas se encuentran ubicadas en la casa de máquinas del hospital de accidentes del IGSS, junto con dos calentadores de agua. El vapor de agua generado por las calderas se utiliza como fuente de energía en los calentadores, en lavandería en las marmitas de cocina y en los autoclaves en sala de operaciones. Por el tipo de calderas pirotubulares, el vapor se genera de la siguiente manera: el combustible búnker es precalentado. Luego, atomizado para luego ser quemado formando llamas que transportan en los tubos que forman un serpentín en el interior de la caldera. Estos tubos se encuentran sumergidos en agua que previamente ha sido tratada y, en el intercambio de energía calorífica entre las llamas del combustible búnker y el agua, se produce el vapor que luego es recolectado en el interior de la caldera y enviado por las tuberías a los equipos que lo utilizan como fuente de energía.

La red de distribución de vapor sale de la casa de máquinas y, por medio de túneles, llega hasta el área de lavandería y a la cocina, porque en ambos sitios utilizan el vapor para la prestación de sus servicios. El análisis demostró que la red de distribución de vapor se encuentra abandonada. Es decir, el aislante térmico de las tuberías de vapor (cañuela para tubería) se encuentra dañado. Hay basura a través del túnel que conduce la tubería de vapor y se pudo determinar fácilmente la existencia de condensado de vapor debido al fallo de componentes de la red de tuberías.

CONCLUSIONES

1. Al examinar el estado actual de los equipos y componentes de la red de distribución de agua fría del Hospital General de Accidentes Ceibal, se estableció la necesidad de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo, puesto que la red de distribución de agua fría, sus componentes y el equipo se ha deteriorado debido a la antigüedad y el uso de los mismos. Es evidente entonces que el factor tiempo influye notablemente en la resistencia de las características físicas y deformaciones de la tubería.
2. El aumento de presión y la depresión en la red de distribución de agua fría del Hospital General de Accidentes Ceibal es un factor determinante que influye directamente en el comportamiento de cada uno de los elementos mecánicos de la tubería, puesto que su variabilidad ha ocasionado daño permanente o roturas en tuberías y en consecuencia el paro del suministro agua fría en todo el hospital, lo que repercute directamente en la prestación del servicio y en el alto costo para realizar las reparaciones no programadas.
3. El golpe de ariete causa en tuberías una obstrucción repentina parcial o total al paso del flujo del líquido, afectando los componentes de la red de distribución de agua fría y deformando la tubería hasta el punto de fallo lo que incurre en altos costos de reparación y detención del suministro de agua fría.

4. Como resultado de mantener el mecanismo de amortiguamiento o hidroneumático fuera de servicio, se ha observado el arranque prematuro de las bombas de agua debido a la pérdida de presión en las tuberías. Ha aumentado el consumo de energía eléctrica, generando desgaste en los motores de las bombas.
5. Las tuberías que conducen agua fría en la red del Hospital General de Accidentes Ceibal se han visto afectadas por la exposición al medio ambiente que genera corrosión en las mismas. También, como resultado del aumento en la presión de trabajo de la distribución de 3,1 bar (45 psi) a 4,1 bar (60 psi), las tuberías pierden resistencia mecánica hasta ceder y colapsar, provocando altos costos de reparación y detención del suministro de agua fría en el hospital.
6. Se analizó la estrategia a utilizar para la distribución de instalaciones del servicio de lavandería del Hospital General de Accidentes Ceibal y se ha definido una distribución con enfoque basado en el proceso que permitirá disminuir los tiempos de operación, aumentar la utilización del equipo en un 20 %, además de incrementar su eficiencia en un 23 % respecto a la distribución de instalaciones actual.

RECOMENDACIONES

1. Realizar un estudio mecánico completo de la red de distribución de agua fría con el fin de determinar la presión máxima de trabajo que puede soportar la tubería, además de diagnosticar el estado actual de aquellos componentes, tuberías y redes de distribución que no fueron considerados.
2. Considerar implementar más de un método para reducir el golpe de ariete dentro de la red de distribución de agua fría del hospital, de los cuales se pueden mencionar: válvulas de alivio de presión, válvula reguladora de presión principal, tanques hidroneumáticos.
3. Sustituir todas las válvulas de retención que se encuentran en la red de distribución de agua fría del Hospital General de Accidentes Ceibal por dispositivos nuevos. Esto se debe a que ellas generan el golpe de ariete más violento en las instalaciones.
4. Instalar dentro de la tubería de agua fría un medidor de consumo de agua compuesto por un transmisor digital, sensor de agua y un contador, puesto que en la actualidad se desconoce la cantidad de agua que consume el hospital para su funcionamiento. El contador debe estar ubicado en el tubo de entrada general de agua en la instalación.

5. Verificar constantemente el sistema hidroneumático de la red de distribución de agua fría del hospital, con la finalidad prever la rotura de las membranas de estos, debido a que dicho sistema es el que se encarga no solo de mantener la presión estable en la red de agua fría, sino de amortiguar la mayor parte del golpe de ariete en las instalaciones.

6. Implementar la distribución de instalaciones basadas en el proceso de la lavandería del Hospital General de Accidentes Ceibal, para obtener un máximo aprovechamiento de los recursos, la utilización del equipo y la eficiencia.

BIBLIOGRAFÍA

1. HEIZER, Jay; RENDER, Barry. *Principios de administración de operaciones*. 7ª Ed. México: Pearson Educación, 2009. 752 p. ISBN: 978-607-442-099-9.
2. BAUMEISTER III, Theodore; AVALONE, Eugene A. *Manual del ingeniero mecánico*. 9ª Ed. Bogotá, Colombia: McGraw-Hill, 1997. 670 p. ISBN: 978-970-100-692-4.
3. KARASSIK, Igor J. *Bombas Centrífugas, Selección, Operación y Mantenimiento*. 1ª Ed. México: Editorial Continental, 1996. 560 p.
4. GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, Francisco Javier. *Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado*. 2ª Ed. España: Fundación Confemetal, 2005. 575 p. ISBN: 84-96169-49-9.
5. GORMAN, Rupp. *Medida correcta del vacío y la presión de bombeo*. [en línea]. < <http://www.pricast.es/files/6249/style/img/Medida-correcta-del-vacio-y-la-presion-de-bombeo.pdf> >. [Consulta: 5 de enero de 2018].
6. CUYAN CULAJAY, Luis Fernando. *Diseño del manual de mantenimiento preventivo para la red de distribución de agua caliente del Hospital General San Juan de Dios*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2006. 166 p.

7. DÍAZ NAVARRO, Juan. *Técnicas de Mantenimiento Industrial*. 2ª Ed. España: Calpe Institute of Technology, 2010. 318 p. ISBN: 978-84-613-7747-3.
8. CUYAN GAITAN, Nicolás Alejandro. *Estudio y diseño del mejoramiento de la red de distribución de vapor en el hospital nacional Pedro de Bethancourt, Antigua Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. 2011. 208 p.
9. GUZMÁN ORTÍZ, Roberto. *Optimización de los recursos de vapor y agua potable en el Hospital General Dr. Juan José Arévalo Bermejo I.G.S.S.* Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. 1997. 169 p.
10. FERNANDEZ FIGUEROA, Francisco Javier. *Guía general para el cálculo, instalación y mantenimiento de bombas hidroneumáticas*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. 2012. 132 p.
11. CHAMPET PÉREZ, Edgar Rolando. *Optimización del sistema de bombeo de agua potable del Hospital General San Juan de Dios*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. 2009. 69 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. **Ficha técnica de bomba de agua contra incendios**

ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO			
NOMBRE DEL EQUIPO: BOMBA DE AGUA FRÍA			
Marca	UNIMOUNT 125	Modelo	S/M
Potencia	15 HP	Fases	3
Frecuencia	60 HZ	Código	G
Diseño NEMA	B	NEMA EFF	87,5
RPM	3480	Tipo	UT4
Voltaje	208 – 230 / 460	Estructura	215JM

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Ficha técnica bomba de agua tipo turbina**

ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO			
NOMBRE DEL EQUIPO: BOMBA DE AGUA FRÍA TIPO TURBINA			
Marca	UNIMOUNT	Modelo	S/M
Potencia	40 HP	Fases	3
Frecuencia	60 HZ	NEMA EFF	84,5
RPM	3 480	Voltaje	230 / 460

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Ficha técnica bomba centrífuga 15 HP**

ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO			
NOMBRE DEL EQUIPO: BOMBA DE AGUA FRÍA			
Marca	UNIMOUNT 125	Modelo	S/M
Potencia	15 HP	Fases	3
Frecuencia	60 HZ	Código	G
NEMA Design	B	NEMA EFF	87,5
RPM	3480	Tipo	UT4
Voltaje	208 – 230 / 460	Frame	215JM

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Ficha técnica bomba centrífuga 7.5 HP**

ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO			
NOMBRE DEL EQUIPO: BOMBA DE AGUA FRÍA			
Marca	UNIMOUNT 125	Modelo	BO77A
Potencia	7,5 HP	Fases	3
Frecuencia	60 HZ	Código	H
NEMA Design	B	NEMA EFF	86,5
RPM	3 480	Tipo	UT4
Voltaje	208 – 230 / 460	Frame	213JM

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. **Ficha técnica bomba centrífuga 10 HP**

ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO			
NOMBRE DEL EQUIPO: BOMBA DE AGUA FRÍA			
Marca	MARATHON ELECTRIC	Modelo	4VE213TTDW7022AA
Potencia	10 HP	Fases	3
Frecuencia	60 HZ	Código	S/C
RPM	2 875 / 3 470	Tipo	TDR
Voltaje	208 - 230/460	Frame	213JM

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. **Ficha técnica bomba de discos 1 HP**

ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO			
NOMBRE DEL EQUIPO: BOMBA DE AGUA FRÍA			
Marca	STA-RITE	Modelo	HP7E-02
Potencia	1 HP	Fases	3
Frecuencia	60 HZ	Motor	C48L2EC11C3
RPM	3 450	Código	001C08X
Voltaje	115 / 230	Frame	S/F

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 7. Orden de trabajo – Mantenimiento Preventivo

	HOJA NO. ____ DE ____	
HOSPITAL GENERAL DE ACCIDENTES “CEIBAL” DEL IGSS FECHA: _____		
ORDEN DE TRABAJO MANTENIMIENTO PREVENTIVO		
EQUIPO:	_____	
MARCA:	_____	
NO. DE INVENTARIO:	_____	
UBICACIÓN:	_____	
OBSERVACIÓN:	_____	
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO:	_____	
TIEMPO ESTIMADO DE DURACIÓN:	_____ (Hrs.)	
RUTINAS PREVIAS AL TRABAJO DE MANTENIMIENTO:		

MATERIALES E INSUMOS A UTILIZAR:	HERRAMIENTAS A UTILIZAR:	
_____	_____	
_____	_____	
FECHA Y HORA DE INICIO (DD/MM/YY, HH:MM):	FECHA Y HORA DE FINALIZACIÓN (DD/MM/YY, HH:MM):	
_____	_____	
_____ (f.) Técnico	_____ (f.) Supervisor	_____ (f.) Jefe de Departamento

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 8. Orden de Reparaciones no programadas

	HOSPITAL GENERAL DE ACCIDENTES "CEIBAL" DEL IGSS	HOJA NO. ____ DE ____
		FECHA:
ORDEN DE REPARACIONES NO PROGRAMADAS MANTENIMIENTO CORRECTIVO		
EQUIPO:		
MARCA:		MODELO:
NO. DE INVENTARIO:		NO. DE SERIE:
UBICACIÓN:		RESPONSABLE:
Descripción del trabajo:		
Observaciones:		
Nombre Solicitante:		
	(f.) Solicitante	
Fecha y Hora de inicio (DD/MM/YY, HH:MM):	Fecha y Hora de finalización (DD/MM/YY, HH:MM):	
(f.) Técnico	(f.) Supervisor	(f.) Jefe de Departamento

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 10. **Ficha de registro histórico de reparaciones**

	HOJA NO. ____ DE ____
HOSPITAL GENERAL DE ACCIDENTES “CEIBAL” DEL IGSS	
FECHA: _____	
FICHA DE REGISTRO HISTÓRICO DE REPARACIONES	
EQUIPO:	_____
MARCA:	_____
NO. DE INVENTARIO:	_____
UBICACIÓN:	_____
REPARACIÓN NÚMERO:	_____
MODELO:	_____
NO. DE SERIE:	_____
RESPONSABLE:	_____
Reparación Número:	_____
Fecha: _____	Duración: _____ Horas
Reparación Número:	_____
Fecha: _____	Duración: _____ Horas
Reparación Número:	_____
Fecha: _____	Duración: _____ Horas
(f.) Técnico _____	(f.) Supervisor _____
(f.) Jefe de Departamento _____	

Fuente: elaboración propia.

