



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

**REDISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA FRÍA Y
MANEJO DE INVENTARIO PARA REPUESTOS Y SUMINISTROS DEL
EQUIPO MÉDICO EN EL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS**

Guillermo Efrain Fuentes Rubio

Asesorado por el Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel

Guatemala, septiembre de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**REDISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA FRÍA Y
MANEJO DE INVENTARIO PARA REPUESTOS Y SUMINISTROS DEL
EQUIPO MÉDICO EN EL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

GUILLERMO EFRAIN FUENTES RUBIO

ASESORADO POR EL ING. JAIME HUMBERTO BATTEN ESQUIVEL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

| | |
|------------|-------------------------------------|
| DECANO | Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos |
| VOCAL I | Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno |
| VOCAL II | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco |
| VOCAL III | Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón |
| VOCAL IV | Br. Juan Carlos Molina Jiménez |
| VOCAL V | Br. Mario Maldonado Muralles |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

| | |
|-------------|---|
| DECANO | Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos |
| EXAMINADOR | Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel |
| EXAMINADOR | Ing. César Ernesto Urquizú Rodas |
| EXAMINADORA | Inga. Sigrid Alitza Calderón de De León |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

REDISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA FRÍA Y MANEJO DE INVENTARIO PARA REPUESTOS Y SUMINISTROS DEL EQUIPO MÉDICO EN EL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería en Mecánica Industrial, con fecha septiembre 2006.

Guillermo Efrain Fuentes Rubio



Guatemala, 08 de septiembre de 2011.
REF.EPS.DOC.1164.09.11.

Ingeniera
Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Inga. Sarmiento Zeceña.


Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Industrial, **Guillermo Efraín Fuentes Rubio**, Carné No. **200112840** procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“REDISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA FRÍA Y MANEJO DE INVENTARIO PARA REPUESTOS Y SUMINISTROS DEL EQUIPO MÉDICO EN EL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS”**.

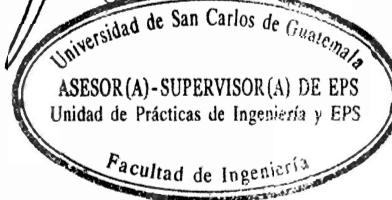
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



JHBE/ra



Guatemala, 08 de septiembre de 2011.
REF.EPS.D.807.09.11

Ingeniero
César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente


Estimado Ing. Urquizú Rodas.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **“REDISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA FRÍA Y MANEJO DE INVENTARIO PARA REPUESTOS Y SUMINISTROS DEL EQUIPO MÉDICO EN EL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS”** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Guillermo Efraín Fuentes Rubio** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor-Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
“Id y Enseñad a Todos”


Inga. Norma Ileana Sarmiento Zecena de Serrano
Directora Unidad de EPS

NISZ/ra





REF.REV.EMI.146.011

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **REDISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA FRÍA Y MANEJO DE INVENTARIO PARA REPUESTOS Y SUMINISTROS DEL EQUIPO MÉDICO EN EL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS**, presentado por el estudiante universitario **Guillermo Efraín Fuentes Rubjo**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, septiembre de 2011.

/mgp



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 **REDISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA FRÍA Y MANEJO DE INVENTARIO PARA REPUESTOS Y SUMINISTROS DEL EQUIPO MÉDICO EN EL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS**, presentado por el estudiante universitario **Guillermo Efrain Fuentes Rubio**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, septiembre de 2012.

/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, al trabajo de graduación titulado: **REDISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA FRÍA Y MANEJO DE INVENTARIO PARA REPUESTOS Y SUMINISTROS DEL EQUIPO MÉDICO EN EL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS**, presentado por el estudiante universitario **Guillermo Efraín Fuentes Rubio**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, Septiembre de 2012

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

| | |
|-------------------------|--|
| Dios y la Virgen | Por estar en cada etapa de mi vida siendo mi guía en todo este recorrido. |
| Mis padres | Arturo Gerardo Fuentes Liquidano y Marta Rosario Rubio Paz, por darme la vida, amor, comprensión y paciencia en todo momento. Mamá y Papá, este logro se los dedico a ustedes. |
| Mi esposa | María Andréé, por ser una excelente esposa por el amor que me demuestra, y por su ayuda y apoyo para terminar el presente trabajo. |
| Mi hija | Fátima Sofía, la luz de mis ojos. |
| Mis hermanos | Gerardo, Mónica, Juan Pablo y Andrea Fuentes Rubio, por el apoyo que me brindaron. |
| Mis sobrinas | Natalia Sandoval, Jimena Sandoval y Valeria Fuentes. |
| Mis cuñados | Jorge Sandoval, Natalia Mendoza, Ana Lucía López. |
| Mis amigos | Por su amistad sincera. |

AGRADECIMIENTOS A:

- Dios** Por ser darme la sabiduría y entendimiento culminar estos estudios
- Mis padres** Por brindarme los principios y la moral para conducirme en la vida.
- Mi esposa** Por amarme y apoyarme.
- Mi hija** Por se mi razón de vivir.
- Mis hermanos** Por ser mis amigos.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES | V |
| LISTA DE SÍMBOLOS | IX |
| GLOSARIO | XI |
| RESUMEN | XIII |
| OBJETIVOS | XV |
| INTRODUCCIÓN | XVII |
| | |
| 1. INFORMACIÓN GENERAL DE LA INSTITUCIÓN | 1 |
| 1.1. Historia de la institución | 1 |
| 1.2. Estructura organizacional | 1 |
| 1.2.1. Visión | 4 |
| 1.2.2. Misión | 5 |
| 1.2.3. Valores | 5 |
| 1.3. Organización del Departamento de Mantenimiento | 5 |
| 1.4. Servicios prestados del hospital | 7 |
| 1.4.1. Otros servicios | 8 |
| | |
| 2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL | 9 |
| 2.1. Diagrama causa y efecto | 9 |
| 2.2. Descripción general del Departamento Mantenimiento | 12 |
| 2.2.1. Área administrativa | 13 |
| 2.2.2. Área de mantenimiento | 13 |
| 2.2.3. Procedimiento del mantenimiento | 16 |
| 2.3. Bombas | 18 |
| 2.3.1. Bombas de agua fría | 18 |

| | | |
|--------|---|----|
| 2.3.2. | Bombas de agua caliente | 20 |
| 2.4. | Sección generadora de agua fría | 21 |
| 2.4.1. | Red de distribución de agua fría | 21 |
| 2.4.2. | Tuberías | 26 |
| 2.4.3. | Válvulas | 28 |
| 2.5. | Descripción general del Departamento de Inventarios | 30 |
| 2.5.1. | Organigrama | 32 |
| 2.5.2. | Personal del Departamento de Inventarios | 33 |
| 2.5.3. | Responsabilidades y funciones | 33 |
| 2.5.4. | Análisis actual del Departamento de Inventarios | 35 |
| 2.5.5. | Problemática del Departamento de Inventarios | 38 |
| 2.6. | Descripción general del almacén de repuestos y suministros | 38 |
| 2.6.1. | Personal del almacén de insumos y suministros | 40 |
| 2.6.2. | Procedimiento de compras | 41 |
| 2.6.3. | Órdenes de compras | 42 |
| 3. | PROPUESTA DEL REDISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA FRÍA | 43 |
| 3.1. | Tipos de accesorios utilizados | 43 |
| 3.1.1. | Válvulas de globo | 43 |
| 3.1.2. | Válvulas de compuerta | 44 |
| 3.2. | Rediseño de la red de distribución de agua fría | 46 |
| 3.2.1. | Servicios médicos | 52 |
| 3.2.2. | Torre Norte | 54 |
| 3.2.3. | Torre Sur | 56 |
| 3.2.4. | Pediatría | 57 |
| 3.2.5. | Maternidad | 58 |
| 3.2.6. | Servicios de apoyo | 59 |
| 3.3. | Mantenimiento | 60 |

| | | |
|----------|--|----|
| 3.3.1. | Mantenimiento preventivo | 60 |
| 3.3.2. | Inspección periódica | 60 |
| 3.3.3. | Manual de mantenimiento para válvulas de compuerta y de globo | 61 |
| 3.3.3.1. | Plan de lubricación recomendado para válvulas de globo y de compuerta | 71 |
| 3.3.4. | Mantenimiento correctivo | 72 |
| 3.4. | Procedimiento del mantenimiento | 72 |
| 3.5. | Fallas frecuentes en equipos de la red de distribución de agua | 74 |
| 3.5.1. | Fallas en las bombas de agua | 74 |
| 3.5.2. | Fallas de las tuberías | 77 |
| 3.5.3. | Falla en los accesorios | 79 |
| 3.6. | Programación del mantenimiento preventivo | 79 |
| 3.7. | Administración del mantenimiento | 80 |
| 3.7.1. | Fichas técnicas | 80 |
| 3.8. | Rediseño de planos de la red de distribución de agua fría | 84 |
| 3.9. | Identificación de colores | 84 |
| 3.9.1. | Identificación de las tuberías del hospital | 85 |
| 3.10. | Costos de implementación | 85 |
| 3.11. | Capacitación | 87 |
| 4. | MANEJO DE INVENTARIO DEL EQUIPO MÉDICO | 91 |
| 4.1. | Propuesta para el manejo de inventarios | 91 |
| 4.1.1. | Equipo médico | 93 |
| 4.1.2. | Clasificación del equipo médico | 93 |
| 4.1.3. | Control de inventarios | 95 |
| 4.2. | Control de máximos y mínimos para repuestos y suministros | 95 |
| 4.2.1. | Repuestos del equipo médico | 96 |
| 4.2.2. | Suministros | 99 |

| | | |
|-----------------|-------------------------------------|-----|
| 4.2.3. | Pronóstico de consumo | 99 |
| 4.2.4. | Nivel mínimo y máximo de existencia | 114 |
| 4.2.5. | Nivel teórico de consumo | 116 |
| 4.2.6. | Nivel de reorden | 116 |
| 4.2.7. | Pedido óptimo | 117 |
| 4.3. | Equipo de cómputo | 121 |
| 4.3.1. | Programa a utilizar | 121 |
| 4.4. | Seguridad en el almacén | 122 |
| 4.4.1. | Extintores | 123 |
| 4.4.2. | Señalización | 124 |
| 4.4.3. | Equipo de protección | 127 |
| 4.5. | Costos de implementación | 128 |
| CONCLUSIONES | | 129 |
| RECOMENDACIONES | | 131 |
| BIBLIOGRAFÍA | | 133 |
| APÉNDICES | | 135 |
| ANEXOS | | 143 |

ÌNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | | |
|-----|---|----|
| 1. | Organigrama del Hospital General San Juan de Dios | 4 |
| 2. | Organigrama de Gerencia de Mantenimiento y Servicios Generales | 6 |
| 3. | Diagrama de causa – efecto | 11 |
| 4. | Organigrama de Subgerencia de Mantenimiento | 12 |
| 5. | Flujograma de mantenimiento correctivo actual | 17 |
| 6. | Imagen de las bombas de agua fría | 19 |
| 7. | Especificaciones técnicas de las bombas de agua fría | 20 |
| 8. | Plano de instalación de plomería de agua fría Torre Norte nivel sótano | 22 |
| 9. | Plano de instalación de plomería de agua fría Torre Sur nivel ingreso | 22 |
| 10. | Plano de instalación de plomería de agua fría Torre Sur nivel sótano | 23 |
| 11. | Plano de instalación de plomería de agua fría Torre Norte nivel IV | 23 |
| 12. | Plano de instalación de plomería de agua fría servicios médicos nivel 1-A | 24 |
| 13. | Plano de instalación de plomería de agua fría servicios médicos nivel 1-B | 24 |
| 14. | Plano de instalación de plomería de agua fría servicios médicos nivel 1-C | 25 |
| 15. | Plano de instalación de plomería de agua fría edificio de servicios | 25 |
| 16. | Tuberías de Hg y de PVC | 27 |

| | | |
|-----|--|-----|
| 17. | Válvula de compuerta abierta y cerrada | 28 |
| 18. | Formato registro de válvulas | 30 |
| 19. | Flujograma actual del proceso de inventario | 31 |
| 20. | Organigrama del Departamento de Inventarios | 32 |
| 21. | Hoja kárdex del Departamento de Inventarios | 36 |
| 22. | Ubicación del almacén de insumos y suministros | 39 |
| 23. | Procedimiento compras Departamento de Mantenimiento | 41 |
| 24. | Orden de compra Hospital General San Juan de Dios | 42 |
| 25. | Válvula de globo y sus partes | 44 |
| 26. | Válvula de compuerta y sus partes | 45 |
| 27. | Ubicación de bombas de agua | 46 |
| 28. | Ilustración de tanque almacenaje de agua en terrazas | 52 |
| 29. | Manual de mantenimiento para válvulas a presión y temperatura de servicio | 62 |
| 30. | Programa anual de lubricación de válvulas | 71 |
| 31. | Procedimiento para mantenimiento correctivo de trabajos de plomería | 73 |
| 32. | Instructivo para cambio de tubo dañado | 78 |
| 33. | Ficha para conteo de válvulas | 81 |
| 34. | Ficha de control para trabajos de mantenimiento preventivo | 82 |
| 35. | Ficha de control para trabajos de mantenimiento correctivo | 83 |
| 36. | Evaluación teórica de capacitación | 89 |
| 37. | Formato para control de equipo médico | 92 |
| 38. | Cuadro de ejemplo para la clasificación del equipo médico. | 93 |
| 39. | Gráfica de control de máximos y mínimos | 96 |
| 40. | Gráfica comportamiento de compras bimestrales para repuestos filtros de trampa de agua de ventiladores pulmonares anual | 101 |
| 41. | Diagrama de manejo de inventario | 118 |
| 42. | Menú del programa para cálculos de máximos y mínimos | 122 |

| | | |
|-----|---|-----|
| 43. | Plano ubicación de extintores en el almacén | 124 |
| 44. | Cartel de señalización de extintor | 125 |
| 45. | Cartel de señalización de salidas | 125 |
| 46. | Cartel para producto tóxico y producto inflamable | 126 |
| 47. | Cartel para riegos eléctrico | 126 |
| 48. | Plano ubicación de carteles | 127 |

TABLAS

| | | |
|-------|---|-----|
| I. | Especialidades médicas del Hospital General San Juan de Dios | 7 |
| II. | Válvulas del edificio de servicios médicos | 53 |
| III. | Válvulas nuevas remodelación Torre Norte baños generales | 54 |
| IV. | Válvulas en edificio Torre Norte | 55 |
| V. | Válvulas en Torre Sur | 56 |
| VI. | Válvulas a anular en cuarto de bombas de pediatría | 57 |
| VII. | Válvulas en edificio de pediatría | 58 |
| VIII. | Válvulas en edificio de servicios de apoyo | 59 |
| IX. | Comparación entre válvulas de compuerta y de globo para su inspección y mantenimiento | 61 |
| X. | Fallas frecuentes para bombas de agua | 74 |
| XI. | Identificación de colores de las tuberías | 85 |
| XII. | Cuadro resumen de los costos de las válvulas | 86 |
| XIII. | Programa de la capacitación sobre válvulas de compuesta y de globo | 88 |
| XIV. | Clasificación del equipo médico | 94 |
| XV. | Equipos con repuestos Hospital General San Juan de Dios | 97 |
| XVI. | Suministros Departamento de Electro Medicina | 99 |
| XVII. | Datos tabulados de los pedidos bimestrales de filtros para trampas de agua de ventiladores pulmonares anuales | 101 |

| | | |
|---------|--|-----|
| XVIII. | Resultados del método último período | 103 |
| XIX. | Resultados del método promedio aritmético | 104 |
| XX. | Resultados promedio móvil | 106 |
| XXI. | Resultado de ponderaciones | 107 |
| XXII. | Pronóstico de la primera ponderación | 108 |
| XXIII. | Resultado de ponderaciones | 109 |
| XXIV. | Pronóstico de la segunda ponderación | 110 |
| XXV. | Resultado de ponderaciones | 111 |
| XXVI. | Pronóstico de la tercera ponderación | 112 |
| XXVII. | Resultados de errores acumulados de los métodos de la familia de curvas estable | 112 |
| XXVIII. | Resultados de pronósticos del método promedio móvil | 113 |
| XXIX. | Tiempo de despachos en meses | 114 |
| XXX. | Cuadro resumen de máximos y mínimos para filtros de trampa de agua de ventiladores pulmonares | 119 |
| XXXI. | Resumen de resultados para control de inventarios de repuestos y suministros del equipo médico | 120 |
| XXXII. | Cuadro resumen de costos en la compra del equipo de seguridad | 128 |

LISTA DE SÍMBOLOS

| Símbolo | Significado |
|----------------|----------------------------|
| h | Altura |
| A | Amperio |
| HP | Caballo de fuerza |
| gpm | Galón por minuto |
| °C | Grado centígrado |
| Kg | Kilo gramo |
| lb | Libra |
| psi | Libra por pulgada cuadrada |
| lt | Litro |
| MB | Mega bit |
| Mhz | Mega hertz |

m

Metro

π

Pi

”

Pulgada

r

Radio

w

Watt

GLOSARIO

| | |
|-------------------------|---|
| Brida | Reborde de un tubo, en forma de arandela plana, que sirve para ajustar o empalmar otro tubo. |
| Bomba Centrífuga | También denominadas rotativas, tienen un rotor de paletas giratorio sumergido en el líquido. Estas paletas arrastran hacia los extremos y alta presión. |
| Corrosión | Desgaste o destrucción lento y paulatino de un material. |
| Eficaz | Adjetivo utilizado para señalar la capacidad o habilidad de obtener los resultados esperados en determinada situación. |
| Galvanizado | Metal recubierto con una capa de cinc para que no se oxide. |
| Jerarquía | Organización por categorías o grados de importancia entre diversas personas o cosas. |
| Kárdex | Sistema de almacenamiento de información en físico que permite el almacenamiento por lotes y, además de ser vertical y horizontal. |

| | |
|----------------------|---|
| Lubricación | Interposición de un lubricante entre dos superficies en contacto y con movimiento relativo, con lo que se consigue refrigerar las piezas y disminuir el desgaste. |
| Mantenimiento | Conservación de una cosa en buen estado o en una situación óptima para evitar su degradación. |
| Óxido | Compuesto que resulta de la combinación de un elemento metal o un metaloide con el oxígeno. |
| Polipasto | Conjunto de poleas fijas y móviles allanadas y recorridas por la misma cuerda. Se utiliza para disminuir la fuerza necesaria para elevar pesos. |
| Stock | Conjunto de mercancías en depósito o reserva. |
| Válvula | En una máquina, pieza que, colocada en una abertura, sirve para dejar libre o cerrar un conducto. |

RESUMEN

El presente trabajo de graduación fue desarrollado a través del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) en el Hospital San Juan de Dios, el cual fue puesto al servicio de la población en octubre de 1778, no se sabe con certeza el día que esto ocurrió, pero esta institución ha prestado sus servicios a los guatemaltecos por más de 200 años, es un centro de atención en salud perteneciente a la red nacional hospitalaria de Guatemala.

Desde su reconstrucción, después del terremoto de 1977, ha contado con todos los equipos e instalaciones necesarias en su funcionamiento, posteriormente se ha ido descuidando por la falta de recursos para su mantenimiento, con lo cual se ha visto seriamente deteriorado, las instalaciones que presentan más daño está la red de distribución de agua fría, la cual no ha recibido ninguna modificación o mantenimiento preventivo hasta la fecha; es fundamental que esté en óptimas condiciones para que el agua pueda ser distribuida de forma continua en todos los servicios.

En el capítulo uno se refiere a la estructura organizacional de la institución su visión, misión, y valores, en el segundo se describe el diagnóstico de los problemas que presenta el hospital, específicamente de la red de distribución de agua fría y del Departamento de Inventarios con el manejo del equipo médico.

En el tercer capítulo se presentan las mejoras implementadas en la red de distribución de agua fría, especialmente en la compra de las válvulas

adecuadas para la tubería y los costos que se incurrieron en la elaboración del proyecto, asimismo, se elaboró un programa de mantenimiento preventivo para la válvulas. El cuarto capítulo se trabajó en el manejo y control de repuestos, y suministros del equipo médico, actualizando sus registros en todo el hospital, también revisión de los repuestos de este equipo, los cálculos se hicieron solamente a los que no poseen contratos con empresas que le dan mantenimiento preventivo.

OBJETIVOS

Generales

Rediseñar la red de distribución de sistema de agua fría y manejo de inventario para repuestos y suministros del equipo médico del Hospital General San Juan de Dios.

Específicos

1. Controlar los pedidos de repuestos y suministro para el equipo médico.
2. Diseñar el manual de mantenimiento para la red de distribución de agua fría que mejore el abastecimiento del vital líquido.
3. Implementar un sistema de seguridad industrial para que el personal que labora en el almacén general de insumos y suministros trabaje de manera segura.
4. Rediseñar los planos de red de distribución de agua fría para ubicación de las válvulas con que cuenta el hospital.

INTRODUCCIÓN

Con el paso del tiempo es común que cualquier instalación física llegue a necesitar cambios para que siga prestando un mejor servicio. Es por ello que con el objetivo de solventar uno de los muchos problemas que tiene el Hospital General San Juan de Dios y en común acuerdo con el Departamento de Mantenimiento del mismo, se trabajó el rediseño de la red de distribución de agua fría, enfocándose principalmente en un estudio de la valvulería de la red, realizando una evaluación física de las instalaciones, verificando que el sistema de bombeo pueda cumplir la demanda de las instalaciones, posteriormente trabajar en el rediseño de la red de distribución, mejorando el servicio prestado y evitar con ello los cortes de agua que se dan en las instalaciones.

Este trabajo de graduación se desarrolló en uno de los hospitales más grandes de la ciudad capital, el proyecto será de gran utilidad a la mayoría de la población guatemalteca, siendo ésta en gran parte, personas de pocos recursos económicos.

Para desarrollar un mejor control del equipo médico que maneja el hospital, se trabajó en la actualización del inventario del equipo, de esa forma realizarlo solamente del equipo que no se encuentre bajo contratos con empresas para el mantenimiento de las mismas; los cálculos para el pronóstico de repuestos y el de máximos y mínimos. Con esto de alguna manera, se solventarán algunos de los problemas que cuenta el hospital y funcionar eficientemente.

1. INFORMACIÓN GENERAL DE LA INSTITUCIÓN

1.1. Historia de la institución

Con el terremoto del 4 de febrero de 1976, las instalaciones antiguas del hospital, ubicadas en el actual parque de la Industria de la zona 9, fueron seriamente dañadas haciéndose necesario demolerlo y realizar una nueva construcción en otro sitio. Existiendo una necesidad de subsanar situaciones de emergencia, según Acuerdo del 8 de mayo de 1978, el Presidente de la República declara de emergencia nacional la construcción y equipamiento del Hospital General San Juan de Dios.

Situado en la 1ª avenida entre 9 calle A y 11 calle de la zona 1, el hospital tendría una capacidad, no menor a la que contaba con anterioridad, por lo que autorizó al Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas, para que exonerado de los requisitos de licitación pública y cotizaciones, efectuara la contratación de la construcción del referido hospital.

1.2. Estructura organizacional

La estructura organizacional de una entidad permite apreciar la forma en la cual ésta se maneja, mostrando la jerarquía o líneas de mando que se tienen para llevar a cabo los distintos procesos. El Hospital General San Juan de Dios cuenta con una estructura organizacional funcional, con líneas de mando bien definidas, ver figura 1.

La estructura del hospital establece un organigrama en el cual todo el personal administrativo, médico, operativo, técnico y de limpieza depende de una división específica, y ésta de la máxima autoridad que es la Dirección Ejecutiva.

La Dirección Ejecutiva, como máxima autoridad, cuenta con cinco dependencias encargadas de auxiliar y asistir en aspectos legales, relaciones públicas, auditorías, informática y secretaría. Estas dependencias se encuentran por debajo de la Dirección Ejecutiva, pero no forman parte de las cinco divisiones que tienen a cargo los departamentos, unidades, secciones y áreas del hospital.

La base de la estructura del hospital se desprende de cinco divisiones que se encuentran en el organigrama por debajo de la dirección ejecutiva y que tienen a su cargo todos los departamentos, unidades, secciones y áreas con que cuenta el hospital. Las cinco divisiones de las cuales se hace mención son Subdirección Médica, Subdirección Técnica, Gerencia de Mantenimiento y Servicios Generales, Gerencia Financiera y Gerencia de Recursos Humanos.

La Subdirección Técnica cuenta con un total de quince dependencias a su cargo como lo son servicios médicos de laboratorio, producción de medicamentos, banco de sangre, farmacia, trabajo social, registros médicos, estadística y planta telefónica entre otros.

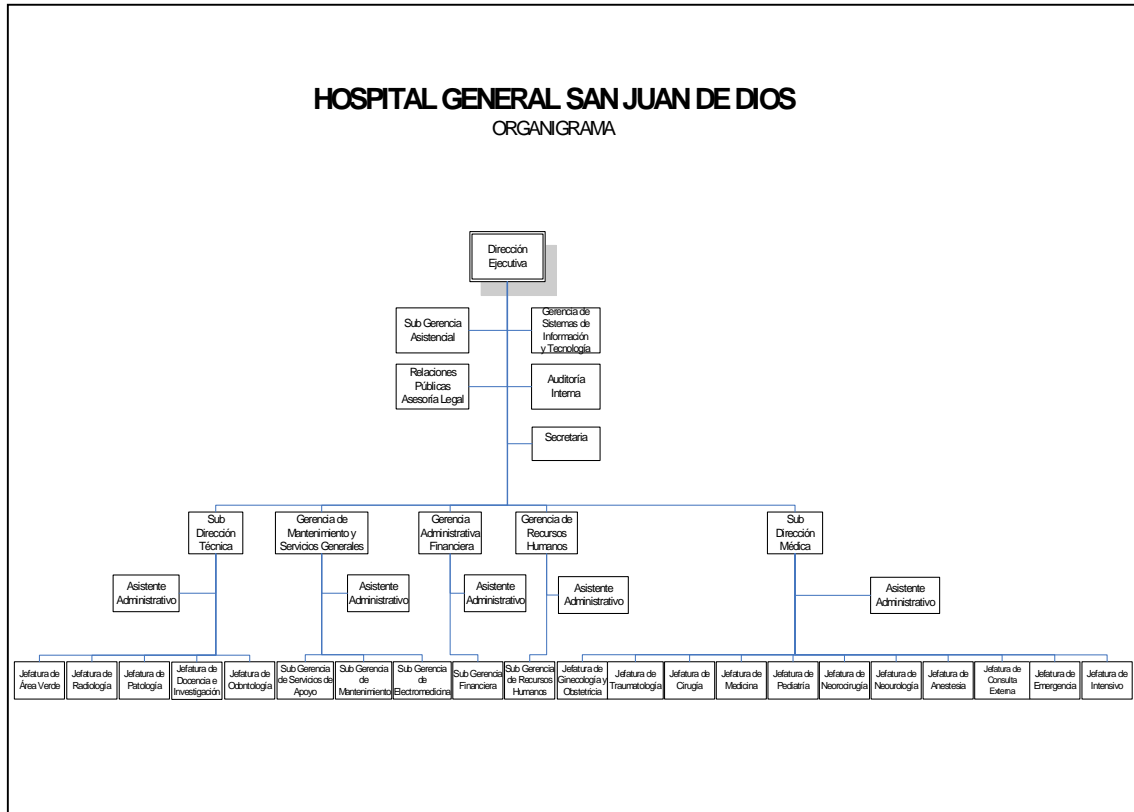
La Subdirección médica cuenta con doce departamentos específicamente, dedicados al servicio de medicina curativa y preventiva como: pediatría, medicina, emergencia, cirugía, cuidados intensivos, área verde y consulta externa, entre otros.

La división correspondiente a la Gerencia de Mantenimiento y Servicios generales tiene a su cargo doce dependencias que prestan los servicios básicos necesarios como: mantenimiento de equipo, seguridad, limpieza, cocina, lavandería, imprenta y transporte entre otros.

La Gerencia de Recursos Humanos está a cargo exclusivamente del área de capacitación y desarrollo, administración de personal, y reclutamiento y selección, contando únicamente con tres dependencias.

Por último, la Gerencia Financiera tiene a su cargo tres departamentos: compras, presupuestos y contabilidad; contando al igual que la gerencia de recursos humanos, únicamente con tres dependencias.

Figura 1. Organigrama del Hospital General San Juan de Dios



Fuente: elaboración propia.

1.2.1. Visión

“Ser una entidad pública de vanguardia con vocación docente, asistencial y de investigación, para brindar atención médica integral de tercer nivel a la población guatemalteca, con personal técnico y profesional especializados, utilizando la mejor tecnología”.

1.2.2. Misión

“Ser un hospital nacional-docente asistencial del tercer nivel del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de Guatemala, responsable de brindar atención médica integral, oportuna, eficiente y eficaz que contribuye en la salud de la población.”

1.2.3. Valores

“Servir a la población guatemalteca responsablemente, respetuosamente y siempre actuando con honestidad en el diario laborar.”

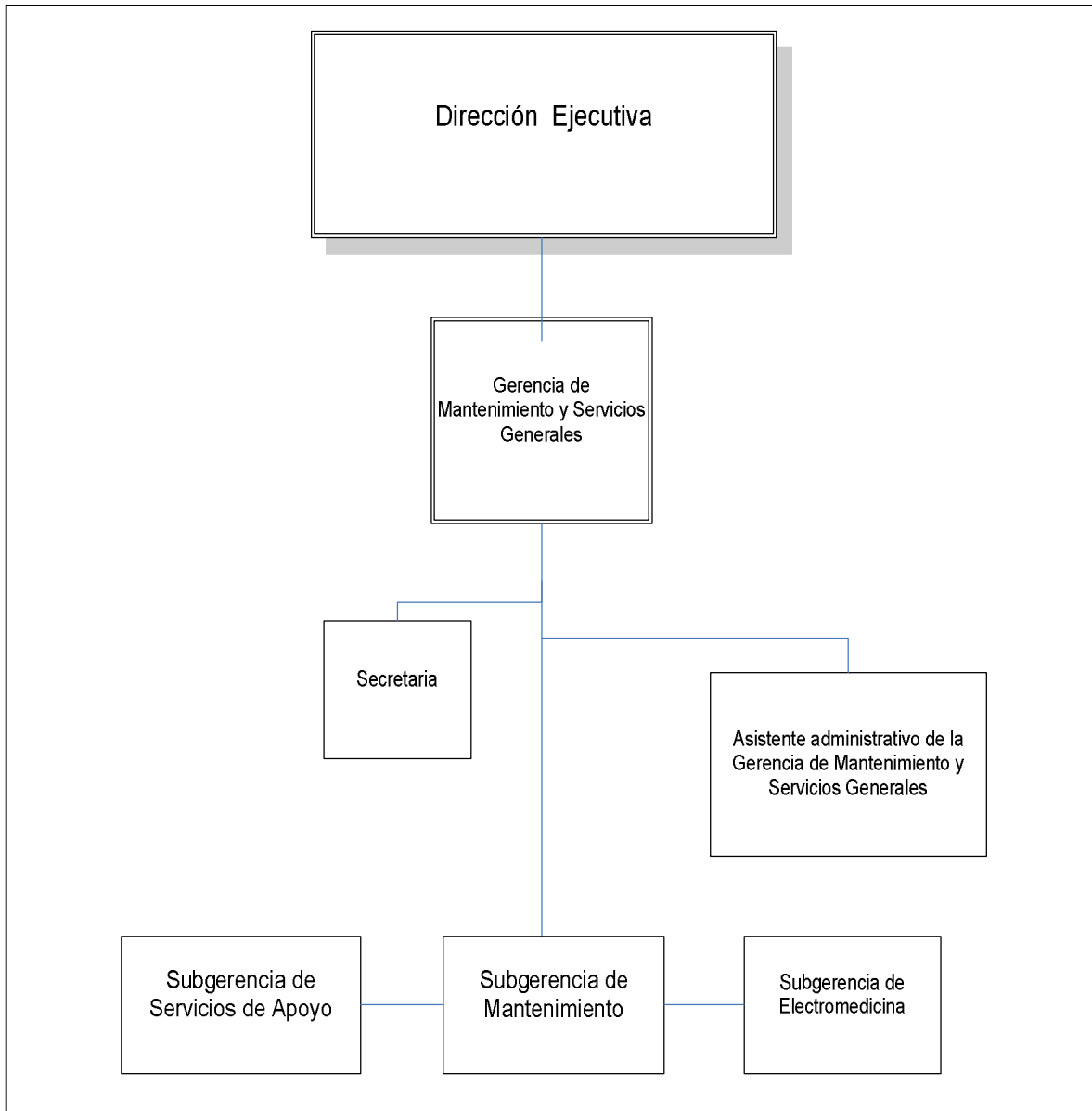
1.3. Organización del Departamento de Mantenimiento

Este departamento se encuentra formado por un conjunto de puestos administrados por la Gerencia de Mantenimiento y Servicios Generales, ver figura 2.

- Subgerencia de Mantenimiento
- Subgerencia de Servicios de Apoyo
- Subgerencia de Electro Medicina

Las tres subgerencias son entes independientes, que tienen relación directa con el paciente, ya que si existe fallo en alguno de ellos, afecta a la Institución y al paciente.

Figura 2. **Organigrama de Gerencia de Mantenimiento y Servicios Generales**



Fuente: elaboración propia.

1.4. Servicios prestados del hospital

El Hospital General San Juan de Dios es una entidad cuya finalidad es brindar un servicio médico completo a la población guatemalteca, para lo cual cuenta con las siguientes especialidades:

Especialidades médicas que atiende el Hospital General San Juan de Dios de Guatemala, ver tabla I.

Tabla I. **Especialidades médicas del Hospital General San Juan de Dios**

| | |
|--------------------------|---------------------------|
| Cardiología | Clínica de úlceras |
| Cirugía | Coloproctología |
| Cirugía ambulatoria | Dermatología |
| Cirugía cardiovascular | Endocrinología |
| Cirugía de colon y recto | Fisioterapia |
| Cirugía de tórax | Gastroenterología |
| Cirugía plástica | Hematología |
| Infectología | Maxilofacial |
| Nefrología | Neurología |
| Neumología | Odontología |
| Neurocirugía | Medicina interna |
| Oftalmología | Reumatología |
| Otorrinolaringología | Traumatología y ortopedia |
| Psicología | Urología |
| Psiquiatría | |

Fuente: elaboración propia.

Asimismo, el Hospital cuenta con los Departamentos de Pediatría y Ginecología y Obstetricia que tienen cada una de sus especialidades médicas, para atender las necesidades de los pacientes que asisten a este centro asistencial.

1.4.1. Otros servicios

Otros servicios que brinda el Hospital General San Juan de Dios a la población guatemalteca son los siguientes:

- Banco de sangre
- Laboratorio clínico
- Radiología
- Fisioterapia y rehabilitación
- Clínica de cesado de fumado
- Clínica del adolescente
- Cáncer de mama
- Tamizaje neonatal
- Trabajo social
- Clínica Multidisciplinaria espina bífida

2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Diagrama causa y efecto

Se aplicó el diagrama de causa y efecto ver figura 3, para conocer el origen y todas las situaciones que han llevado al sistema de red de distribución de agua fría, que este colapsando, y tras el paso de los años este problema ha ido en aumento.

Para realizar un diagrama de causa y efecto se trabaja de atrás hacia delante, debido a que el problema ya es conocido y se necesita estudiar los factores que lo ocasionaron. El medio utilizado para recabar la información fue pregunta directa con el Gerente de Mantenimiento y el personal de mantenimiento de plomería.

A continuación se detalla la descripción del diagrama de causa y efecto obtenido.

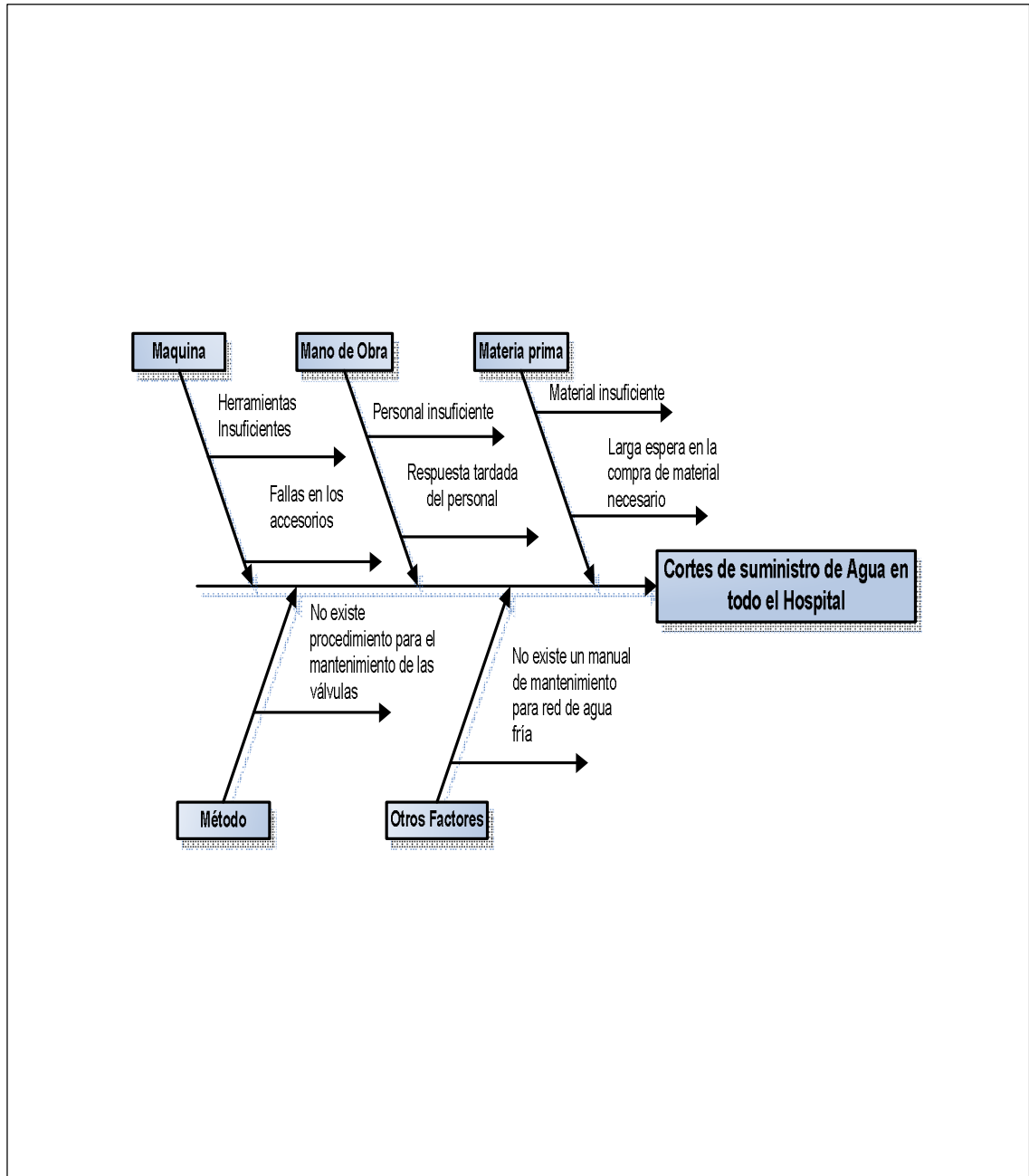
- Materia prima y máquina: las herramientas y materiales son escasos y la herramienta se encuentra en malas condiciones en el taller de plomería, debido a la falta de control y al presentarse algún tipo de mantenimiento se dificulta poder solventarlo.
- Mano de obra: actualmente cuenta únicamente con 4 plomeros, anteriormente el personal estaba formado por 12 plomeros que podían trabajar, tanto en turno, de día como de noche.

- Método: al no tener procedimientos de mantenimiento preventivo y correctivo, no se puede llevar un control de las válvulas que necesitan que se les realice.
- Otros factores: otro tipo de factores se da por la inexistencia de un manual de mantenimiento preventivo y correctivo con lo que no se puede mantener por mayor tiempo de vida útil el buen funcionamiento de la red de distribución de agua fría.

En conclusión, los factores o variables que intervienen en el análisis del diagrama de causa-efecto dan una respuesta certera al encontrar las causas que generan el problema y permitir enfocarse en las que sean la de mayor importancia, para poder trabajar en resolverlas y anular de raíz el efecto que esto produce, entre las más importantes se pueden mencionar:

- Herramientas y materiales escasos
- Personal desmotivado
- No hay manual para mantenimiento de red de distribución de agua fría

Figura 3. Diagrama de causa–efecto

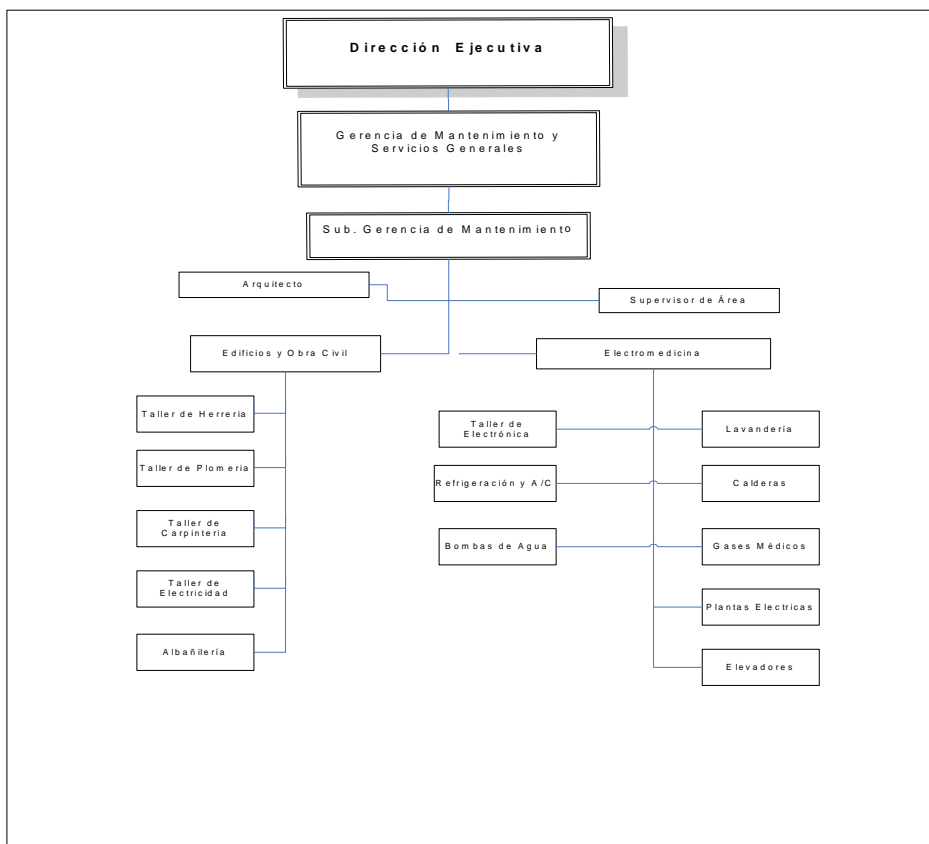


Fuente: elaboración propia.

2.2. Descripción general del Departamento Mantenimiento

El Hospital General San Juan de Dios en su organigrama cuenta en el Departamento de Mantenimiento con una subgerencia de ver figura 4, quien se encarga principalmente de darle el mantenimiento a la infraestructura del hospital, del equipo médico y del equipo industrial. Este departamento debe de garantizar el correcto funcionamiento de las instalaciones, así como mejoras que se puedan implementar. Velar por que se preste un servicio ininterrumpido de todo el equipo que posee el hospital.

Figura 4. Organigrama de Subgerencia de Mantenimiento



Fuente: elaboración propia.

2.2.1. Área administrativa

La administración del mantenimiento está totalmente a cargo del Departamento de Mantenimiento. Es responsabilidad del jefe del departamento y sus supervisores programar, aplicar y dar seguimiento a las rutinas de mantenimiento preventivo que se aplican a los equipos e instalaciones del hospital. En la actualidad, son pocos los equipos que cuentan con programas de mantenimiento preventivo, estos son: algunos equipos médicos y elevadores, cuyo mantenimiento está a cargo de empresas subcontratadas por el hospital.

La parte organizacional de la Gerencia de Mantenimiento y Servicios Generales hace referencia a la estructura organizacional actual, las líneas de mando, jerarquías y dependencias organizacionales del puesto de trabajo. A través de un organigrama de la Gerencia y sus dependencias.

Aunque el departamento tenga claras sus obligaciones, después de realizar una inspección en las distintas subgerencias, se concluye que sí se cuenta con los suministros necesarios para realizar las tareas; sin embargo, no existe un manual de procedimiento para realizar mantenimiento de los distintos equipos con los que cuenta el hospital, herramienta importante en un proceso administrativo por su alta funcionalidad y soporte brindado al usuario.

2.2.2. Área de mantenimiento

La Subgerencia de Mantenimiento cuenta con el siguiente personal, dividido de la siguiente manera:

Puestos superiores

- Gerente de mantenimiento y de servicios generales
- Asistente de la gerencia de mantenimiento y servicios generales
- Arquitecto (a)
- Subgerencias

Puestos administrativos

- Secretaria de la gerencia de mantenimiento y servicios generales
- Secretaria del jefe de departamento de mantenimiento

Operarios de equipo

- Calderas
- Equipo de bombeo de agua
- Plantas eléctricas
- Gases médicos

Técnicos operarios de mantenimiento

- Técnicos en electricidad, electrónica y telefonía
- Técnicos en equipo médico
- Técnicos en refrigeración y aire acondicionado
- Herreros
- Carpinteros
- Plomeros
- Albañiles

Puestos superiores: encargados de gestionar ante la Dirección Ejecutiva la compra de nuevos equipos, de repuestos, reparaciones necesarias, supervisión del mantenimiento de a empresas contratadas y la dirección y control de mantenimiento preventivo y correctivo del hospital.

Puestos administrativos: se relacionan directamente con el personal técnico de Mantenimiento y los jefes de servicios están a cargo de solicitar las reparaciones al Departamento de Mantenimiento.

Técnicos operarios de mantenimiento: responsables de realizar las rutinas de mantenimiento preventivo y reparaciones de emergencia a los equipos e instalaciones del hospital. Este personal se encuentra contratado en dos jornadas básicamente, matutina y vespertina.

Los operarios de equipo a cargo del Departamento de Mantenimiento: son los operarios de calderas, gases médicos, plantas eléctricas y bombas de agua, los cuales trabajan en turnos de 24 horas y se encargan sólo de la operación de los equipos y reparaciones pequeñas.

El mantenimiento de la red de distribución de agua fría recae sobre la Subgerencia de Mantenimiento, en el área de plomería, específicamente, la cual posee actualmente 4 plomeros divididos en parejas que trabajan en horario de lunes a viernes de 7:00 a 15:00 horas, se identifican los siguientes hallazgos:

- Cuentan con equipo técnico adecuado para el buen desempeño del operario, incluyéndose lava bacines de alta tecnología.
- Herramienta adecuada y en buen estado, pero sumamente muy limitada.

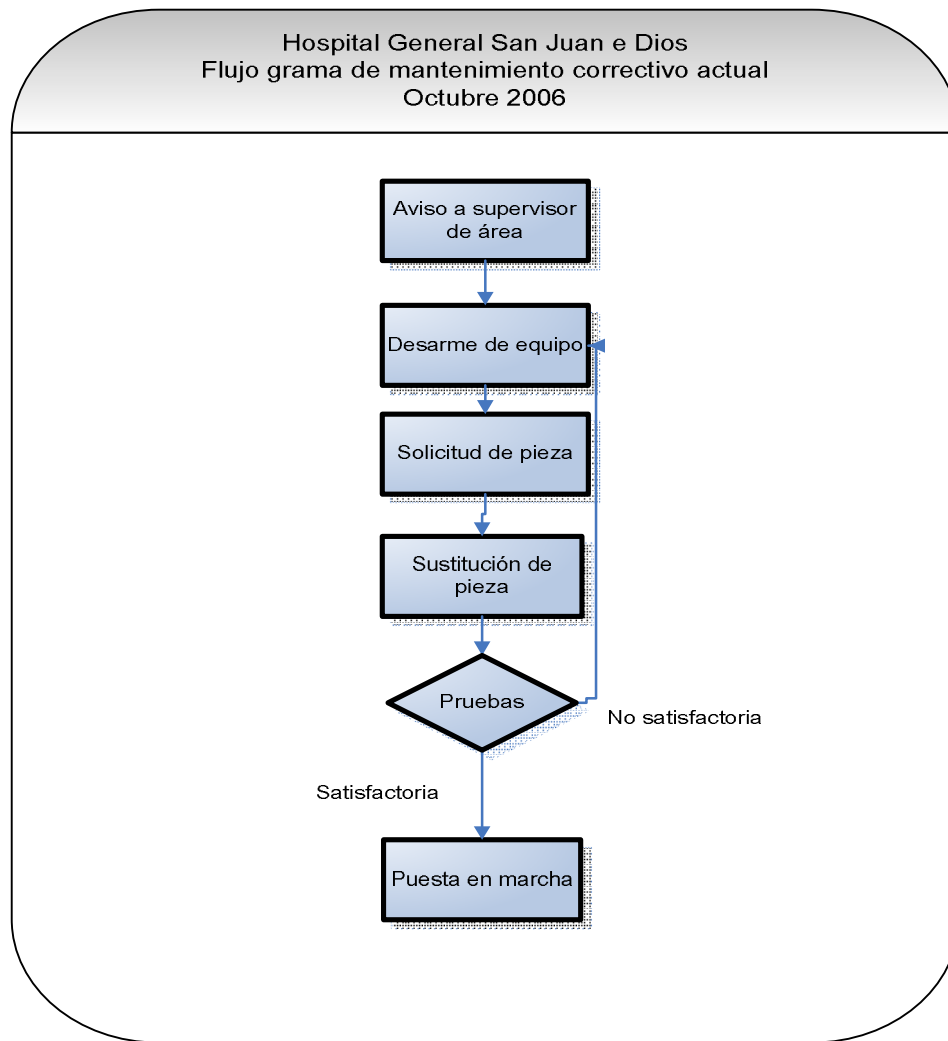
- Baja disponibilidad de repuestos.
- Carencia de equipo de protección personal.
- Acumulación de basura y artefactos peligrosos en el ingreso al taller y dentro del mismo.
- Marcado desorden dentro de las instalaciones, evitando la pronta identificación de herramienta y suministros
- Marcado desorden de los bancos de trabajo.
- Existencia de sanitarios no esterilizados y mal ubicados en todo el taller.

2.2.3. Procedimiento del mantenimiento

En el taller de plomería no existen procedimientos para mantenimientos preventivos a la red de distribución de agua fría, solamente se utiliza el correctivo, con los siguientes pasos:

- Dar aviso al supervisor de área
- Desarmar el equipo
- Solicitar las piezas necesarias de cambio para eliminar la falla
- Sustituir las piezas, corrigiendo la falla
- Realizar las pruebas necesarias
- Poner en marcha el equipo

Figura 5. **Flujograma de mantenimiento correctivo actual**



Fuente: elaboración propia.

El procedimiento para mantenimiento correctivo da evidencia de lo siguiente:

- No se cuenta con *stock* de repuestos disponibles para la sustitución de repuestos.

- No se cuenta con formatos que evidencie qué tipo de reparación se realizó, de quién solicita y aprueba los trabajos.

2.3. Bombas

Las utilizadas en el hospital son de tipo centrífugas, las cuales se dividen en grupos

- Agua fría
- Agua caliente
- Recirculación

2.3.1. Bombas de agua fría

La distribución del agua fría se divide en 2 tramos el bombeo del agua. Primeramente el agua es extraída de 2 pozos que posee el hospital para abastecerse del líquido, el cual es conducido a unas cisternas, para su uso posterior se agrega manualmente una cantidad aproximada de 45 Kg. de cloro. Seguido se encuentra el otro conjunto de bombas que extraen de las cisternas el agua que a su vez sube por la una tubería de un diámetro de 12" hasta 4 deposito de 40 m³ cada uno, ubicados en la terraza del edificio, de donde por efecto de la gravedad baja en una tubería de 6" a los distintos servicios del hospital, por ejemplo; sanitarios, área de lavandería, área de cocina etc. Estas bombas se encuentran divididas en 2 grupos en serie de 3 bombas cada uno compuesto de la siguiente manera: de dos bombas de 60HP y una de 40HP. Se encuentran funcionando, ya sea sólo 1 o las 2 de 60HP según sea la demanda en el hospital por el día y por las noches, debido a que es menor la demanda se utilizan las de 40HP. Cada grupo de bombas alterna su funcionamiento cada 24 horas, en la figura 6 se muestra las bombas del hospital.

Figura 6. **Imagen de las bombas de agua fría**



Fuente: cuarto de bombas Hospital General San Juan de Dios.

El funcionamiento de las bombas es aceptable y actualmente es de los pocos equipos que cuentan con mantenimiento preventivo el cual es proporcionado por una empresa subcontratada, la cual periódicamente le realiza un chequeo y servicio general. En la figura 7 se describen las especificaciones técnicas de las bombas de agua fría.

Figura 7. **Especificaciones técnicas de las bombas de agua**

| | |
|---------------------------|-------------------|
| EQUIPO | |
| Marca: ITT ALLIS CHALMERS | Modelo: 100 |
| Etapas: 1 | Flujo: 720 gpm. |
| MOTOR | |
| Marca: U.S. | Modelo: S/M |
| Potencia: 60HP | Fases: 3 |
| INTERRUPTOR | |
| Marca: ITE | Tamaño: 3 * 100 A |
| Voltaje: 600 A | Fusibles: 100 A |

Fuente: elaboración propia.

2.3.2. **Bombas de agua caliente**

Éstas también son del tipo centrífugas, existen 2 y están localizadas en el calentador a la entrada de agua caliente de retorno, son las que agregan presión al agua caliente para que ésta pueda llegar a todos los servicios del hospital con la presión necesaria, su estado general es aceptable, aunque por la cercanía en la que están con los calentadores se exponen a derrames de agua que pueden ocasionar accidentes con el suministro eléctrico o corrosión a las bombas y sus componentes.

2.4. Sección generadora de agua fría

Ésta comprende, desde el sistema de bombas que extraen el agua de los pozos, pasando por toda tubería y accesorios de distribución de agua fría, hasta que el líquido es depositado en los distintos servicios, por ejemplo, el área de lavandería, los sanitarios, las duchas, la cocina, entre otros.

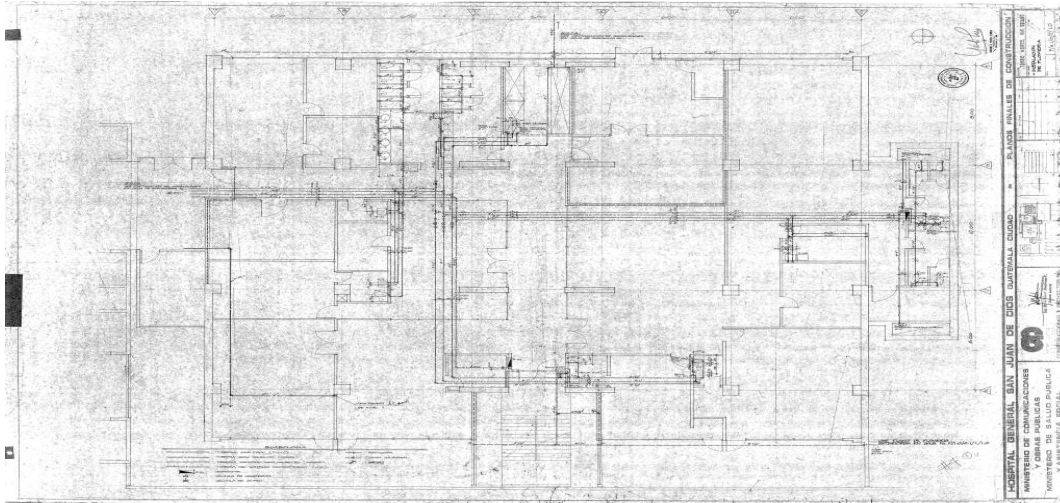
2.4.1. Red de distribución de agua fría

Luego de comprender que la red de distribución de agua fría está conformada por todos los equipos que logran la circulación del agua, se procede a describir los siguientes puntos críticos detectados:

- Partes de la red de distribución de agua fría que han sobrepasado su período de vida útil, posee más de 25 años.
- Puntos de la red necesitan el cierre del paso total o parcial del agua para trabajos de mantenimiento.
- Falta de repuestos y materiales para poder trabajar mantenimientos correctivos o preventivos.

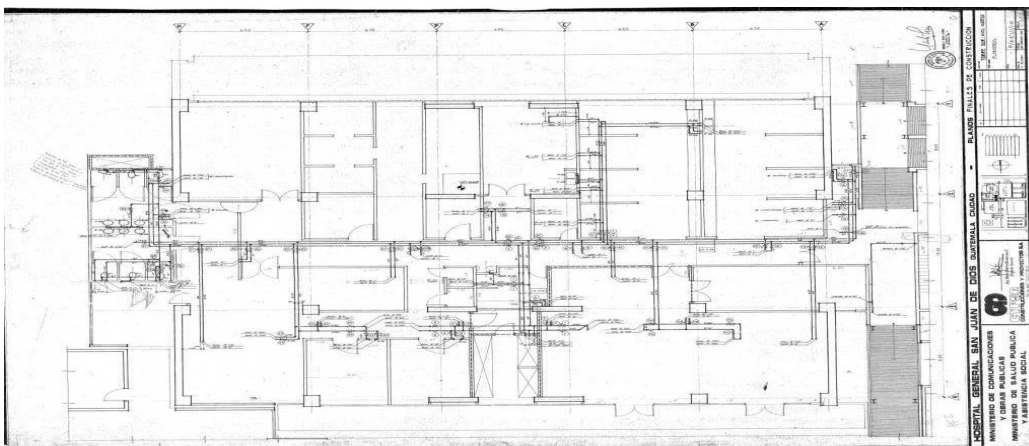
Se detallan en las figuras 8 al 15 los planos de cómo se encuentran actualmente la red de distribución de agua fría, figuras 8 a 15.

Figura 8. **Plano de instalación de plomería de agua fría Torre Norte nivel sótano**



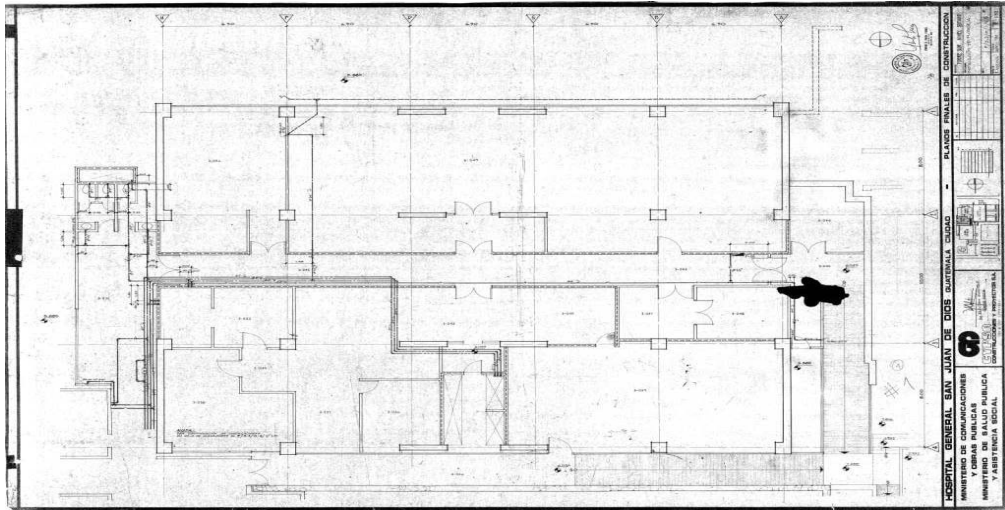
Fuente: Departamento de Mantenimiento, H G S J D

Figura 9. **Plano de instalación de plomería de agua fría Torre Sur nivel ingreso**



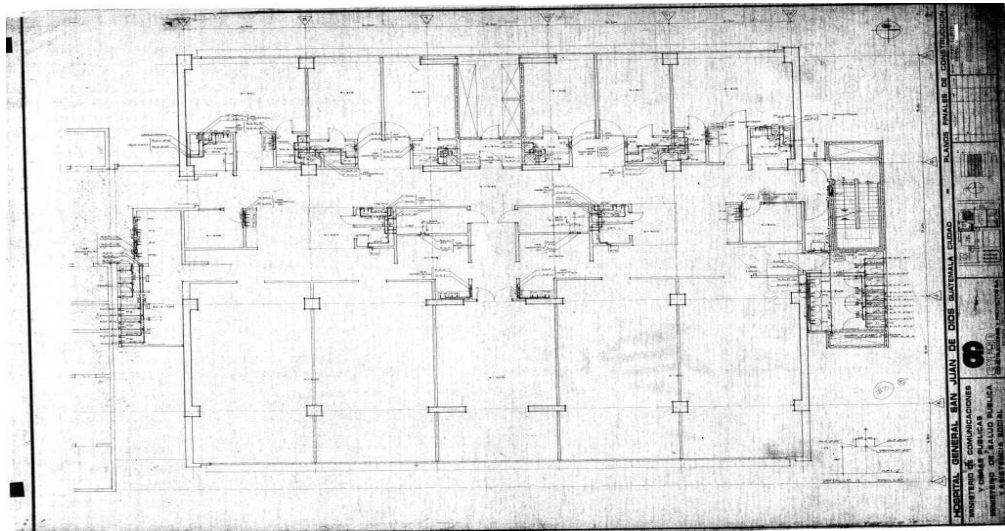
Fuente: Departamento de Mantenimiento, H G S J D

Figura 10. **Plano de instalación de plomería de agua fría Torre Sur nivel sótano**



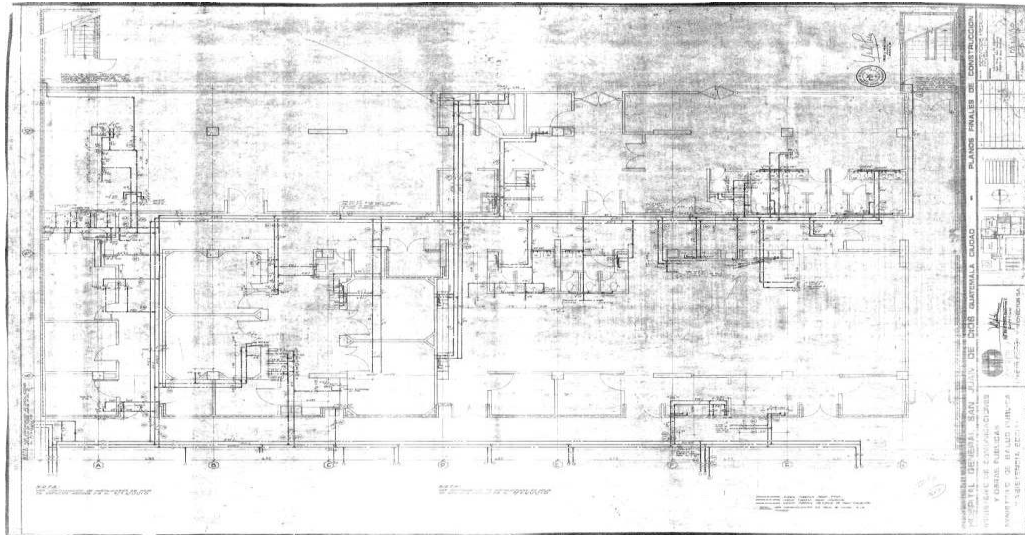
Fuente: Departamento de Mantenimiento, H G S J D

Figura 11. **Plano de instalación de plomería de agua fría Torre Norte nivel IV**



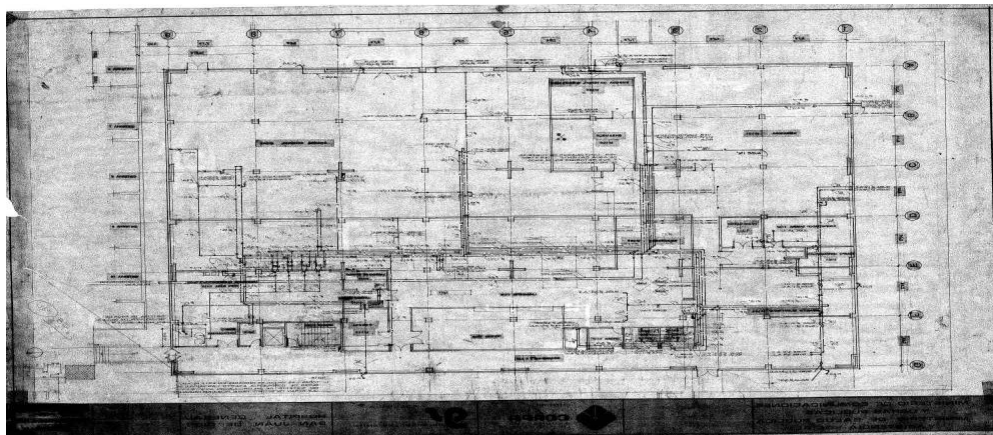
Fuente: Departamento de Mantenimiento, H G S J D

Figura 14. **Plano de instalación de plomería de agua fría servicio médicos nivel 1-C**



Fuente: Departamento de Mantenimiento, H G S J D

Figura 15. **Plano de instalación de plomería de agua fría edificio de servicios**



Fuente: Departamento de Mantenimiento, H G S J D

2.4.2. Tuberías

La tubería empleada en la red de distribución de agua fría del hospital es:

- Galvanizada cedula 40 de 1" hasta 12". Este tipo de tubería es empleada en:
 - Instalaciones de construcciones económicas, conducción de diversos fluidos, especialmente de baja corrosión, agua, aceite, vapor.
 - En instalaciones a la intemperie.
 - Su uso es común, aunque no recomendable, para conducir vapor.
 - Para sistemas de riego o abastecimiento de agua potable.
 - No debe someterse a presiones mayores de 125 libras/pulgadas.

El análisis realizado a la tubería galvanizada consistió en una inspección visual, verificando todas las áreas concluyendo que se encuentran en general, en buen estado, y al presentar algún tipo de falla como una fractura, rajadura, daño en el acople o agujeros lo más práctico y económico es reemplazar la sección con problema.

- PVC de diámetros variables entre ½" hasta 3

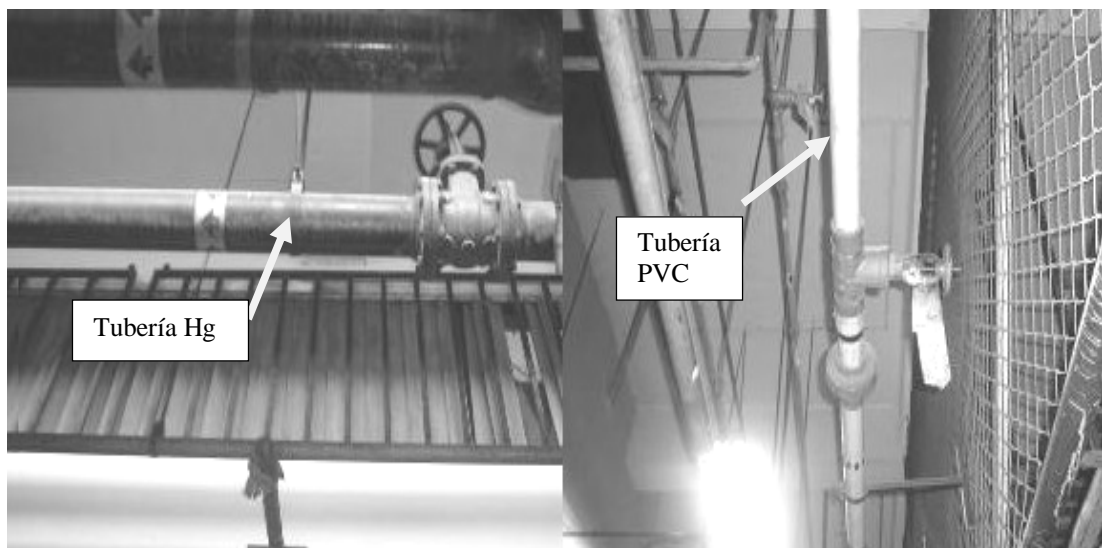
Tubería de PVC o poly vinilo de cloruro, para agua potable es un producto termoplástico fabricado para trabajar a una temperatura de 23 °C con su máxima presión nominal.

El PVC es un compuesto inmune al ataque galvánico, que adicionalmente no presenta degradación ni oxidación tiene una durabilidad mayor a 50 años, característica que lo hace recomendable.

La tubería de PVC instalada en el hospital se encuentra en buenas condiciones, esto debido a que la instalación de la tubería no tienen más de 10 años de uso y se encuentra colocada dentro de áreas techadas protegiéndola de la intemperie y de los rayos U.V. que cristalizan la tubería, haciéndola frágil.

En la figura 16 se muestran algunas tuberías del hospital.

Figura 16. **Tuberías de Hg y de PVC**



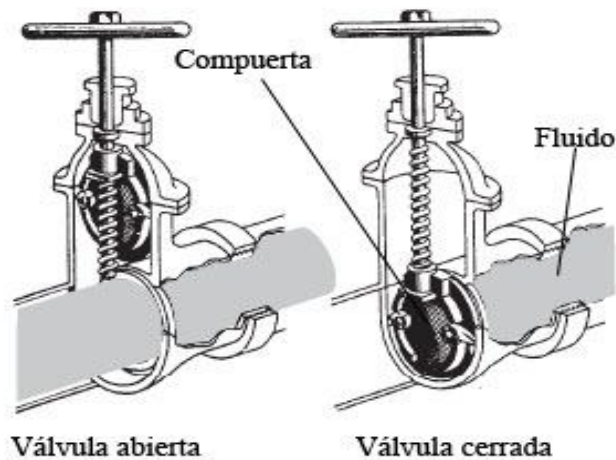
Fuente: área de lavandería, H G S J D

2.4.3. Válvulas

Las válvulas que utilizan en el hospital son las válvulas de compuerta y las de globo.

Entre las funciones de las válvulas de compuerta está su uso para regular y cortar el abastecimiento de agua. Esta válvula efectúa su cierre con un disco vertical plano, que se mueve perpendicular a la dirección del fluido. Por sus características es adecuada generalmente para control todo-nada; ver figura 17, ya que en posiciones intermedias tiende a bloquearse.

Figura 17. **Válvula de compuerta abierta y cerrada**



Fuente: www.sapiensman.com/neumatica. Consulta: 10 de mayo 2007

Cuando se trata de regular el flujo del fluido las válvulas de globo de asiento de teflón tienen mejor desempeño, son más resistentes al óxido y tienen la facultad de variar linealmente el flujo del caudal, por esto se utilizan fundamentalmente, para regularlo.

Para ubicar las áreas donde se encuentran las válvulas del hospital se utilizó un formato de registro; ver figura 18.

La mayoría se encuentran ubicadas en los niveles bajos de los edificios, los cuales son los siguientes:

- Servicios Médicos
- Torre Norte
- Torre Sur
- Pediatría
- Maternidad
- Servicios de apoyo

Al revisar las válvulas, estas en su mayoría, se encuentran en mal estado, presentado desperfectos como: fugas, corrosión, empaques destruidos etc. Las medidas que se manejan varían, de la más pequeña de ½” hasta la más grande de 6”.

Al tener los planos ver figuras de 8 a 13 y hacer una revisión de los mismos, se procedió al conteo físico de la cantidad exacta de válvulas, ya que en años anteriores han existido modificaciones en ramales de la red y no se han realizado las actualizaciones en los planos.

Entre los objetivos de la inspección física se puede mencionar:

- Determinar el tipo de válvula
- Diámetro
- Conocer el estado de las mismas

- Registrar los cambios, ya sea a través de anulación o instalación en los planos
- Actualizar los planos de la red de distribución de agua fría

Para poder registrar las válvulas se utilizó el formato que se muestra en la figura 18.

Figura 18. Formato registro de válvulas

| HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|---------------|--------------------------|-----|--------------------------|----------|----------|--------------------------|--------|--------------------------|-------------|--------------------------|
| DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO | | | | | | | | | | | |
| FICHA DE ESPECIFICACION DE VALVULAS | | | | | | | | | | | |
| AREA DE UBICACION | | | | | | EDIFICIO | | | | | |
| TIPO DE VALVULA | ESTADO FISICO | | | | | FUGAS | <input type="checkbox"/> | RUIDOS | <input type="checkbox"/> | VIBRACIONES | <input type="checkbox"/> |
| REGISTRADA EN PLANC | SI | <input type="checkbox"/> | NO | <input type="checkbox"/> | FUNCIONA | | | SI | <input type="checkbox"/> | NO | <input type="checkbox"/> |
| ELIMINADA | SI | <input type="checkbox"/> | NO | <input type="checkbox"/> | | | | | | | |
| DIAMETRO EN PULGADAS | 1/4 | 1/2 | 3/4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| OTROS (ESPECIFIQUE) | | | | | | | | | | | |

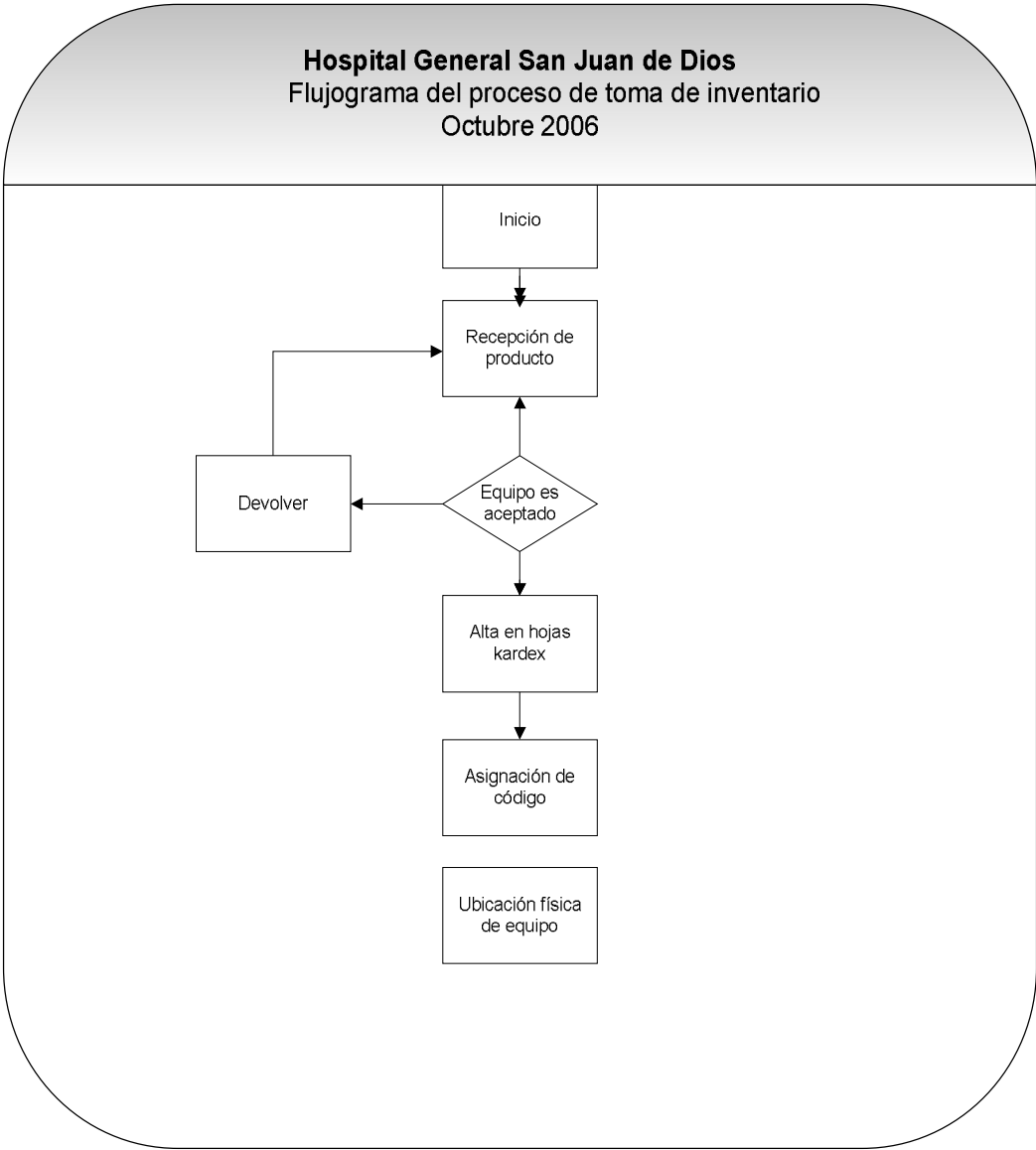
Fuente: elaboración propia.

2.5. Descripción general del Departamento de Inventarios

El Departamento de Inventarios es una unidad de la Gerencia Financiera y su principal misión es el resguardo de los bienes en documentos, a través de un registro eficaz, con personal capacitado y preparado para dicha tarea, las principales acciones de esta unidad son: llevar control de los bienes, tener todo registrado con hojas kárdex, codificado, clasificado, sistematizado, poseer el equipo adecuado y el personal capacitado para mayor calidad de registro y control, también aplicar la base legal para evitar la sustracción y pérdida de los

bienes. Se resume el proceso de inventariar un equipo, en el siguiente flujograma (figura 19).

Figura 19. **Flujograma actual del proceso de inventario**



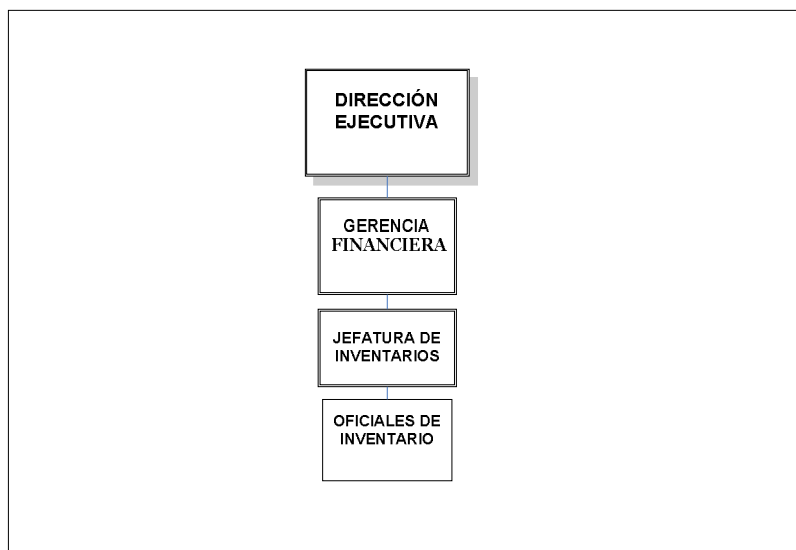
Fuente: elaboración propia.

2.5.1 Organigrama

A continuación se muestra el organigrama del Departamento de Inventarios ver figura 20, en el cual se puede apreciar verticalidad de sus puestos siendo de manera muy sencilla, práctica y útil para lo que se necesita: llevar un control de los activos del hospital. De la Dirección Ejecutiva depende la Gerencia Financiera, la cual tiene a su cargo el Departamento de Inventarios el cual cuenta con 7 oficiales de inventarios que tienen asignados diferentes áreas.

Todos estos puestos son funcionales dentro del Departamento de Inventarios con la condición que cada uno cumpla sus funciones según se describe en el numeral 2.5.3.

Figura 20. **Organigrama del Departamento de Inventario**



Fuente: Departamento de Inventarios, H G S J D

2.5.2. Personal del Departamento de Inventarios

El personal del Departamento de Inventario se encuentra estructurado de la siguiente manera:

- Un jefe de inventarios
- Seis oficiales de inventarios

Este personal actualmente maneja las siguientes áreas:

- Edificio Torre Norte
- Edificio Torre Sur
- Edificio Externo de Adultos
- Edificio de Apoyos
- Edificio de Servicios Médicos
- Edificio de Maternidad
- Edificio de Pediatría
- Edificio de Mantenimiento

2.5.3. Responsabilidades y funciones

El personal del Departamento de Inventarios posee las capacidades para el puesto, ya que el perfil establecido exige experiencia en el puesto y cierto nivel académico que deben demostrar con cartas de recomendación y títulos de estudio.

Entre las responsabilidades y funciones del personal del Departamento de Inventarios se describen los siguientes:

- Jefe de inventarios
 - Nivel académico: por lo menos, segundo semestre de Administración de Empresas.
 - Funciones del puesto
 - ▲ Coordinar todas las actividades de los oficiales de inventarios.
 - ▲ Mantenerse en contacto con las autoridades superiores.
 - ▲ Hacer que se cumpla el reglamento interno de inventarios y de las normas de trabajo de la Institución.
 - ▲ Supervisar a los oficiales de inventarios que cumplan con sus funciones.
 - ▲ Estar a disposición de las autoridades superiores.
 - ▲ Funcionar como encargado del control de los ingresos y egresos de bienes.
 - ▲ Asistir a las reuniones de trabajo con los demás jefes de departamento.
 - ▲ Conformar la Comisión de Recepción de Bienes.
 - ▲ Apoyar en todas sus funciones prácticas y técnicas a los subalternos.
 - ▲ Verificar los inventarios y elaborar tarjetas de responsabilidad de bienes.
 - ▲ Operar vales, pedidos en tarjetas.
 - ▲ Elaborar oficios y certificaciones de asuntos administrativos.
 - ▲ Levantar actas cuando ocurra alguna pérdida de bienes.
 - ▲ Controlar y verificar los donativos.
 - ▲ Elaborar la memoria general de inventarios.

- Oficiales de inventarios
 - Nivel académico: Bachiller en Ciencias y Letras o Perito Contador.
 - Funciones del puesto
 - ▲ Hacer que se cumpla el reglamento interno de inventarios y las normas de trabajo de la Institución.
 - ▲ Estar a disposición de las autoridades superiores.
 - ▲ Funcionar como encargado del control de los ingresos y egresos de bienes.
 - ▲ Conformar la Comisión de Recepción de Bienes.
 - ▲ Verificar los inventarios y elaborar tarjetas de responsabilidad de bienes.
 - ▲ Operar vales, pedidos en tarjetas.
 - ▲ Elaborar oficios y certificaciones de asuntos administrativos.
 - ▲ Levantar actas cuando ocurra alguna pérdida de bienes.
 - ▲ Controlar y verificar los donativos.
 - ▲ Elaborar la Memoria General de Inventarios.

2.5.4. Análisis actual del Departamento de Inventarios

Actualmente, la forma de trabajo del departamento consiste en llevar el inventario de todos los bienes del hospital por medio de hojas kárdex éstas son hechas a mano, ver figura 21.

Por ejemplo, la asignación de un código al glucómetro en el edificio Torre Sur área de intensivos de adultos, grupo de diagnóstico médico.

- Dependiendo del área de ubicación se colocan las iniciales, ejemplo: Intensivo de Adultos IA.
- Se asigna el nombre del equipo, ejemplo: glucómetro 56.
- Por último, se le asigna el número correlativo que le corresponde al equipo, ejemplo: si es el sexto glucómetro adquirido, se asigna el 006.

Quedando el código de la siguiente manera:

IA-056-006

Área de intensivo de adultos, glucómetro número seis

Queda en evidencia que no se hace referencia a qué edificio pertenece el equipo y por la gran cantidad de equipos que posee el hospital, el correlativo para asignar el tipo de equipo se ha vuelto muy extenso. Las bajas del equipo o mobiliario, ya sea por robo u obsoleto, le corresponde a los oficiales llevar este control, el cual debe de darse de baja en el kárdex. Las herramientas tecnológicas para poder trabajar en el departamento, están disponibles (tablas en excell) el inconveniente es que no son utilizadas por el personal del departamento.

2.5.5. Problemática del Departamento de Inventarios

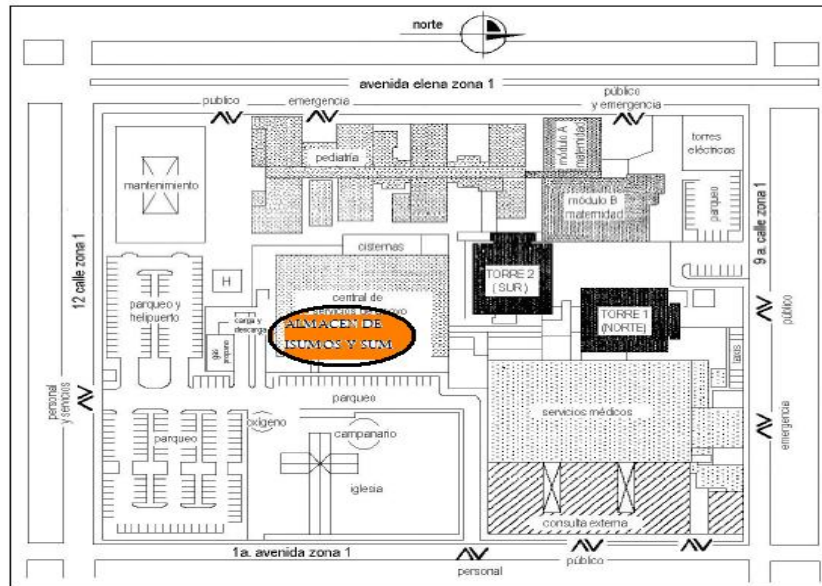
Entre las deficiencias detectadas en el Departamento de Inventario se encuentran:

- Actualmente operando con equipo y métodos muy atrasados (tarjetas kárdex en papel), los cuales no se actualizan del todo, esto genera descontrol.
- La codificación que se utiliza no es la adecuada, es necesario modificar la existente para ubicar el equipo de una manera más eficiente.
- El departamento no utiliza un *software* en el que se puedan ingresar de una manera organizada, rápida y segura, los datos.
- No se tienen actualizado el mobiliario y equipo que posee el hospital.

2.6. Descripción general del almacén de repuestos y suministros

Área localizada a un costado de la cafetería, ver figura 22, en ésta se almacena equipo de oficina, materiales de limpieza, repuestos en general para equipos e infraestructura del hospital.

Figura 22. **Ubicación del almacén de insumos y suministros**



Fuente: Departamento de Mantenimiento, H G S J D

El almacén de insumos y suministros es el encargado de abastecer a todas las unidades del hospital con artículos de consumo, diferente a medicina y alimentos, ya que de éstos se encarga exclusivamente el almacén de farmacia y almacén de cocina respectivamente, los artículos que despacha el almacén de insumos y suministro son:

- Suministros para mantenimiento
- Artículos de limpieza
- Útiles de oficina
- Mobiliario y equipo
- Equipo de seguridad

El almacén en la actualidad, se encuentra con una gran deficiencia en relación a la seguridad industrial lo cual no sólo está en riesgo la pérdida de los materiales que se encuentra almacenados, sino lo más importante la integridad física de las personas que trabajan en esta área.

2.6.1. Personal del almacén de insumos y suministros

Actualmente, trabajan cinco personas y dependen directamente de la jefatura del almacén de farmacia, está integrado por el siguiente personal:

- Un jefe de departamento: responsable de autorizar o rechazar los nuevos pedidos de suministros, elaborar las órdenes de pedidos cada vez que se realizan las compras regulares (cada tres meses) y supervisar el ingreso de artículos comprados.
- Dos auxiliares de bodega: encargados de los despachos y recepción de nuevos artículos.
- Una persona encargada de administrar lo referente a gases médicos y combustibles.
- Un digitalizador: encargado de todos los ingresos y despachos que el almacén realiza a los diferentes servicios.

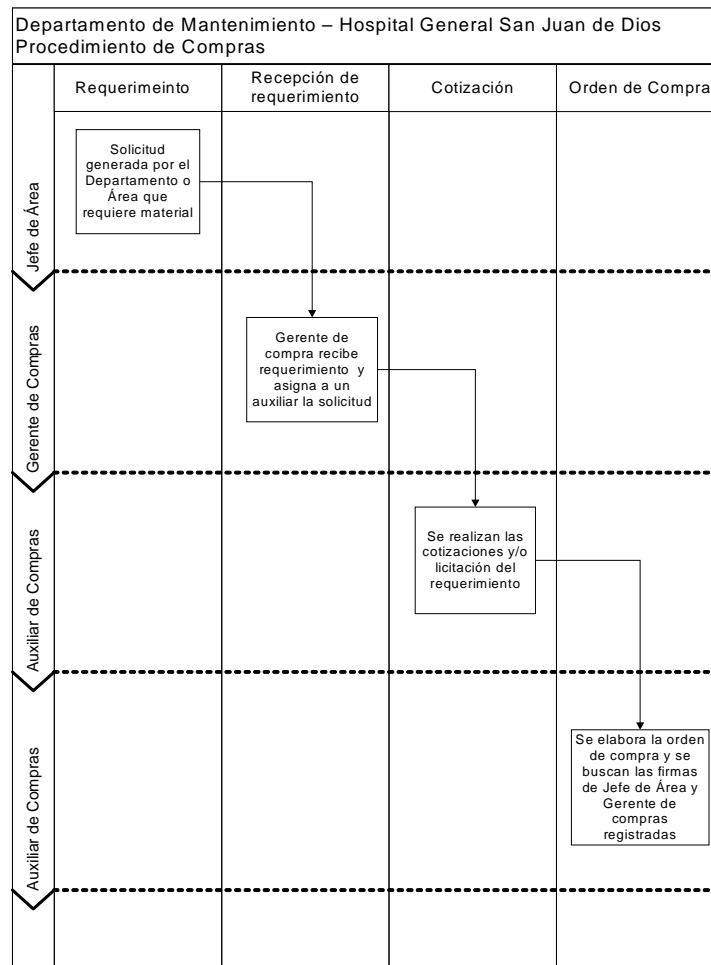
Los puestos son funcionales para el proceso recepción, almacenaje y despacho de materiales e insumos. El jefe del departamento hace las autorizaciones de los procedimientos de pedidos. Los dos auxiliares de bodega encargados de recepciones y despachos. El encargado de los gases médicos y

combustibles. El digitalizador, quien actualiza la base de datos de los materiales en cuanto a ingresos y salidas.

2.6.2. Procedimiento de compras

Actualmente no se cuenta con una política definida para el control de compras y el procedimiento ver figura 23.

Figura 23. **Procedimiento compras Departamento de Mantenimiento**




Fuente: elaboración propia.

2.6.3. Órdenes de compras

Las órdenes de compra es el método que se utiliza en el hospital para realizar las compras, ver figura 24. Servicios como mantenimiento, cocina, lavandería y otros, también pueden realizar órdenes de compra y solicitar al almacén su aprobación, esto ocasiona que el almacén no tenga el control exacto sobre los artículos que ingresarán.

Figura 24. Orden de compra Hospital General San Juan de Dios

| | | | | |
|---|--------------|------------------------|-------------|-----------------------|
|  | | Página 1/1 | | |
| HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS <small>Guatemala, Centroamérica</small> | | ORDEN DE COMPRA | | |
| | | No. NSCN-xxx / 2007 | | |
| FECHA: | | DE: | | |
| PARA: | | COMPAÑÍA: | | |
| COMPAÑÍA: | | TELÉFONO: | | |
| TELÉFONO: | | FAX: | | |
| FAX: | | E-MAIL: | | |
| E-MAIL: | | DESTINO: | | |
| ITEM | No. DE PARTE | CANTIDAD | DESCRIPCIÓN | PRECIO UNITARIO TOTAL |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| | | | | SUB TOTAL: \$ |
| | | | | DESCUENTO: \$ |
| | | | | Transporte: \$ |
| | | | | TOTAL: \$ |
| INSTRUCCIONES PARA ESTA ORDEN DE COMPRA | | | | |
| ENVIAR A: | | | | |
| FACTURAR A: | | | | |
| CONDICIONES DE PAGO: | | | | |
| TIEMPO DE ENTREGA: | | | | |
| OBSERVACIONES | | | | |
| ESTA ORDEN DE COMPRA ES AUTORIZADA POR | | | | |

Fuente: almacén general, H G S J D

3. PROPUESTA DEL REDISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA FRÍA

3.1. Tipos de accesorios utilizados

Es el conjunto de piezas moldeadas o mecanizadas que unidas a los tubos mediante un procedimiento determinado, forman las líneas estructurales de tuberías. Entre las que se pueden mencionar las válvulas de globo y de compuerta.

3.1.1. Válvulas de globo

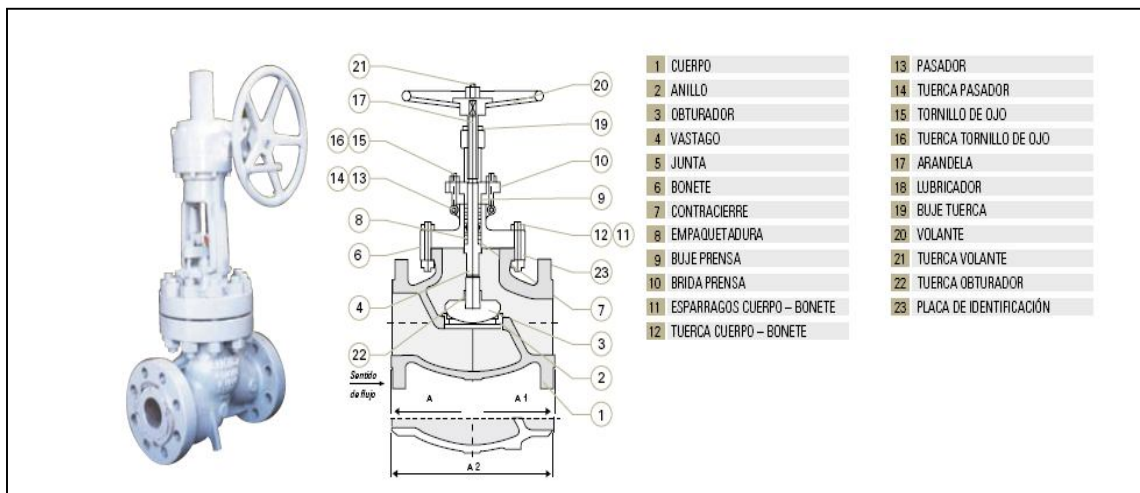
Están diseñadas para cerrar, abrir y regular el flujo de las tuberías. El disco es diseñado para parar completamente el flujo y formar un sello hermético con la presión abajo del mismo. Desde un 10% de apertura hasta una posición de apertura total, las válvulas de globo son efectivas en regular el paso del fluido. En la figura 25 se muestra la válvula

Las válvulas globo son unidireccionales, el flujo normal es de izquierda a derecha, pero puede operar en reversa, comúnmente son utilizadas como válvulas de regulación, tanto con control manual como con control automático. Su robustez y cierre hermético metal-metal hacen que estas válvulas sean adaptables a las más altas exigencias de servicio.

En el Hospital General San Juan de Dios, el tipo de válvula será utilizada en los diámetros entre ½" y 2", esto se estableció por que las fallas más

comunes para plomeros que laboran en el hospital se presentan en un porcentaje mayor en los servicios sanitarios donde se ubican las tuberías de dimensiones entre ½” y 2”, haciéndose necesario realizar las reparaciones con el corte del paso del agua por secciones establecidas previamente, en los planos del los diferentes servicio esto se detalla en los numerales del 3.2.1 al 3.2.6.

Figura 25. **Válvula de globo y sus partes**



Fuente: visitasdeinstrumentacion.blogspot.com. Consulta 12 de mayo 2007.

3.1.2. Válvulas de compuerta

Las válvulas de compuerta, ver figura 26, son diseñadas para cerrar totalmente o abrir el flujo total de la línea. El disco de cuña es diseñado para parar el flujo y formar un sello hermético a presión en cualquier dirección del flujo. En posición abierta, la compuerta se encuentra fuera del caudal. Las válvulas de compuerta no se recomiendan para regular el flujo de las tuberías debido que tiende a doblarse el disco de cuña si se utilizan para regular el flujo,

es por ello que se definió su uso para diámetro de 3 ½” hasta las más grandes de 6”.

Para la red de distribución de agua fría, con las válvulas de compuerta no se fue necesario realizar modificaciones en planos para instalación de nuevas válvulas únicamente se hacen recomendaciones, ya que las que existen actualmente satisfacen las necesidades, esto porque su uso es únicamente cuando se quiera cerrar el paso completamente y para ello están las de válvulas de globo como se indica en el capítulo anterior fueron instaladas en puntos claves.

Figura 26. **Válvula de compuerta y sus partes**

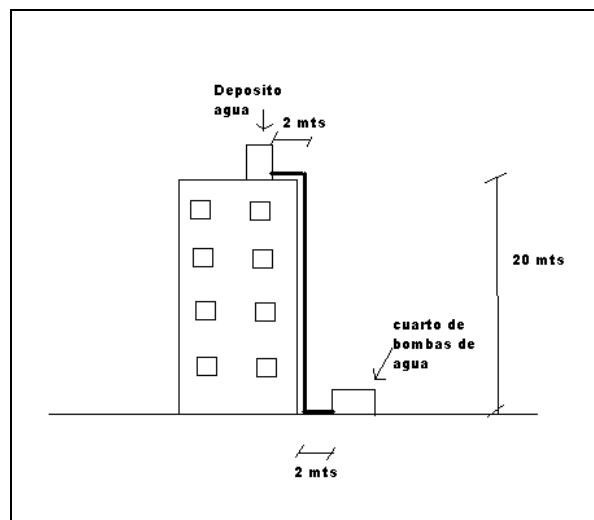


Fuente: www.valvias.com/tipo-valvula-de-compuerta. Consulta 08 de mayo 2007.

3.2. Rediseño de la red de distribución de agua fría

Como parte del rediseño de la red de distribución de agua fría, se muestran a continuación los cálculos para determinar si aún son funcionales las bombas de agua, el diámetro de la tubería y los depósitos de agua. Las bombas se encuentran localizadas a un costado del edificio torre sur como se muestra en la figura 27.

Figura 27. Ubicación de bombas de agua



Fuentes: elaboración propia.

La secuencia de pasos que se siguió para poder trabajar fue la siguiente:

- Conseguir los planos de la red de agua fría.
- Ubicar las áreas de los edificios a trabajar.
- Con los planos, realizar una inspección física de las instalaciones para detectar posibles cambios en la red.

- Luego de la inspección física en los edificios, realizar un análisis y determinar conforme a las circunstancias qué tipos de válvulas conviene utilizar.
- Presentar una propuesta con los cambios y gestionar la compra de las válvulas recomendadas.
- Rediseñar los planos de los edificios donde se realizaron cambios.

El listado de edificios que se trabajaron son:

- Servicios Médicos
- Torre Norte
- Torre Sur
- Pediatría
- Maternidad
- Servicios de apoyo

Cálculo de diámetro teórico para la tubería. Las bombas que se utilizan en las instalaciones, el caudal de entrega es gal / min se convierte a lts / seg.

$$Q = 720 \text{ galones/minuto} * 1 \text{ minuto} / 60 \text{ segundos} * 3,781 \text{ litro/1 galon}$$

$$Q = 45,36 \text{ litros/segundo}$$

Sabiendo el caudal de la bomba se procede a calcular el diámetro teórico

$$D \text{ teórico} = 1,8675 \sqrt{Q}$$

$$D \text{ teórico} = 1,8675 \sqrt{45,36}$$

$$D \text{ teórico} = 12,57 \text{ aprox. } 12 \text{ pulgadas}$$

La velocidad a la cual circula el agua se puede determinar con la fórmula

$$V = 1,874 \cdot Q / D^2$$

$$V = 1,874 \cdot 45,36 / 12^2$$

$$V = 0,622 \text{ m/s}$$

Encontrando la velocidad del agua, se calcula la carga dinámica total de la bomba o CDT

$$CDT = (V^2 / 2g) + hf + hm + hl + hs$$

V = velocidad

g = gravedad

hf = pérdidas en el tubo

hm = nivel estático

hl = altura de descarga

hs = pérdidas en la columna

Por medio de la fórmula de Hazen William se calculan las pérdidas en el tubo

$$hf = 1\,743,811 (L) (Q^{1,85}) / (C^{1,85})(D^{4,87})$$

$$hf = 1\,743,811 (29 \text{ m}) (45,36^{1,85}) / (150^{1,85})(12^{4,87})$$

$$hf = 0,033 \text{ m}$$

Nivel estático

$$hm = 8,2 (V^2 / 2g)$$

$$hm = 8,2 (0,622 \text{ m}^2 / 2 \cdot 9,81 \text{ m/s}) = 0,164 \text{ m}$$

Altura de descarga

$$h_l = 25 \text{ m}$$

Pérdidas en la columna

$$h_s = y + (1\,743,811 * y * Q^{1,85}) / (C^{1,85})(D^{4,87})$$

$$h_s = 20 + (1\,743,811 (20 \text{ m}) (45,36 \text{ l/s})^{1,85}) / (150^{1,85})(12^{4,87})$$

$$h_s = 20,021 \text{ m}$$

Por lo tanto, la carga dinámica total es

$$\text{CDT} = (0,622 \text{ m/s}^2 / 2(9,81 \text{ m/s})) + 0,033 \text{ m} + 0,164 \text{ m} + 25 \text{ m} \\ + 20,021 \text{ m}$$

$$\text{CDT} = 45,238 \text{ m}$$

Se procede a comprobar la potencia requerida de la bomba

$$\text{POT} = (\text{CDT})(Q) / (76)(\text{eficiencia})$$

Eficiencia teórica = 70%

$$\text{POT} = (45,238 \text{ m}) (45,36 \text{ l}) / (76)(0,70)$$

$$\text{POT} = 38,6 \text{ Hp teórico}$$

Por lo tanto se puede comprobar lo siguiente

$$38,6 \text{ Hp teórico} < 60 \text{ Hp bomba}$$

La potencia teórica es menor que la potencia de la bomba, por lo tanto la bomba puede trabajar perfectamente sin sobre esfuerzo.

Conociendo que el hospital cuenta con un total de 810 camas, y según el Instituto de Fomento Municipal (INFOM), un hospital debe proveer con dotación en un rango de entre 400 lt a 600 lt de agua al día por cama calculamos el caudal medio.

Caudal medio, Q_m

$$Q_m = (810 \text{ camas}) (800 \text{ l}) = 405\,000 \text{ lt}$$

Caudal medio diario, Q_{md}

$$Q_{md} = [(\# \text{ camas}) (\text{dotación}) / 86\,400] F_{md}$$

Factor medio diario = 1,8

$$Q_{md} = [(810 \text{ camas}) (500 \text{ lt}) / 86\,400] 1,8$$

$$Q_{md} = 4,68 \text{ lt}$$

Sabiendo que $Q_{\text{bomba}} = 45,36 \text{ lt}$

$$Q_{\text{bomba}} = (Q_{md}) 24/N$$

$N = \# \text{ horas de bombeo}$

Despejando N de la fórmula

$$N = (Q_{md} / Q_{bomba}) \times 24$$

$$N = (4,68 \text{ lt} / 45,36 \text{ lt}) \times 24 = 2,48 \text{ horas diarias trabaja la bomba}$$

Para comprobar si los 2 tanques por torre que posee el hospital, son los adecuados se realizan los siguientes cálculos. Como referencia del INFOM, se puede tomar entre un 25% a 40% del caudal medio (Q_m) por lo tanto

$$Q_m = 405\,000 \text{ lt} \times 0,4 = 162\,000 \text{ lt}$$

$$\text{Lo que equivale a } 162\,000 \text{ lt} \times 1 \text{ m}^3 / 1\,000 \text{ lt} = 162 \text{ m}^3$$

Se divide $162 \text{ m}^3 / 4$ tanques da una capacidad de $40,5 \text{ m}^3$ por tanque

Para tanques aéreos circulares la altura debe ser 4 veces el radio, sabiendo que la fórmula para cálculo de volumen de un cilindro es:

$$V = (\pi) (r^2) (h) \quad \text{si } h = 4r$$

Entonces

$$V = (\pi) (4r^3)$$

Despejando el radio

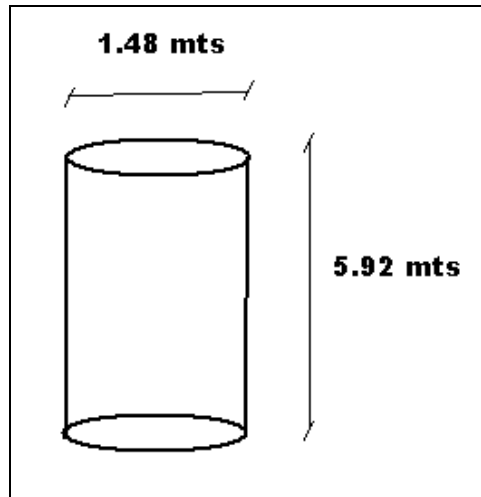
$$r = (V / 4\pi)^{1/3}$$

$$r = (40,5 \text{ m}^3 / 4 \pi)^{1/3} = 1,48 \text{ m}$$

$$h = 4 (1,48) = 5,92 \text{ m}$$

La capacidad de almacenaje de de los tanques actuales se comprueba que cumplen con la dotación diaria ver figura 28.

Figura 28. **Ilustración de tanque almacenaje de agua en terrazas**



Fuentes: elaboración propia.

3.2.1. Servicios médicos

En el área de Servicios Médicos se localizaron válvulas, tanto de compuerta como de globo, para la remodelación de esta área se recomendó el cambio de las válvulas de compuerta por válvulas de globo de asiento de teflón en los diámetros de $\frac{3}{4}$ " a 3", que son las que con mayor frecuencia se utilizan para cerrar el paso del agua para eventuales fugas de agua o reparaciones en general, siendo las de globo, las válvulas que presenta mayor durabilidad para este tipo de operaciones.

- La conexión roscada se utilizan hasta 2".
- La conexión pueden ser con encaje empleadas para válvulas de hasta 2" o con soldadura a tope de 2 $\frac{1}{2}$ " a tamaños mayores.
- La conexión puede ser con bridas para válvula de 4" a tamaños mayores.

Con respecto a la válvula de 4" de compuerta se deberá comprar una nueva para este servicio, debido a que presenta fugas irreparable, por lo cual es necesario compra una nueva.

Tabla II. **Válvulas del edificio de servicios médicos**

| TIPO DE VÁLVULA | DIÁMETRO | CANTIDAD |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|
| Compuerta | ½" | 30 |
| Globo con asiento de teflón | ½" | 11 |
| Compuerta | ¾" | 18 |
| Globo con asiento de teflón | ¾" | 3 |
| Compuerta | 1" | 17 |
| Globo con asiento de teflón | 1" | 2 |
| Compuerta | 1 ¼" | 6 |
| Globo con asiento de teflón | 1 ¼" | 0 |
| Compuerta | 1 ½" | 5 |
| Globo con asiento de teflón | 1 ½" | 0 |
| Compuerta | 2" | 6 |
| Globo con asiento de teflón | 2" | 1 |
| Compuerta | 2 ½" | 7 |
| Globo con asiento de teflón | 2 ½" | 3 |
| Compuerta | 3" | 2 |
| Compuerta | 4" | 1 |

Fuente: elaboración propia.

3.2.2. Torre Norte

Luego de realizar el estudio, se determinó que es necesario el cierre por secciones dentro del edificio y como parte del nuevo rediseño se agregaran válvulas a los baños generales de la Torre Norte entre los niveles 3 al 7, siendo éstas de globo con asiento de teflón las mejor indicadas debido a que estas presentan mejor funcionalidad y menor desgaste al cerrarse y abrirse cuando ocurran reparaciones o la necesidad de cortar el paso del agua en los servicios y mejor resistencia a la corrosión.

Se muestra en la tabla III los datos de las válvulas:

Tabla III. **Válvulas nuevas remodelación Torre Norte baños generales**

| SERVICIOS DEL NUEVO DISEÑO | ÁREA UBICACIÓN | TIPO DE VÁLVULA | DIÁMETRO | TOTAL |
|----------------------------|-----------------|-------------------------|----------|-------|
| Lavamanos | Baños generales | Globo asiento de teflón | ½" | 20 |
| Sanitarios fluxómetros | Baños generales | Globo asiento de teflón | 1 ½" | 10 |
| Duchas | Baños generales | Globo asiento de teflón | ¾" | 10 |

Fuente: elaboración propia.

Para la remodelación de esta área, se recomendó el cambio de las válvulas de compuerta por válvulas de globo de asiento de teflón en los diámetros de ¾" a 3", que son las que con mayor frecuencia se utilizan para el corte del paso del agua, debido a eventuales fugas de agua o reparaciones en general, siendo las de globo las válvulas que presenta mayor durabilidad y menor desgaste para este tipo de operaciones.

Con respecto a la válvula de 4" y 6" que son de compuerta, se deberá comprar una nueva para este servicio, debido a que presenta fugas que ya no tienen reparación, por lo cual es necesaria su compra.

Tabla IV. **Válvulas en edificio Torre Norte**

| TIPO DE VÁLVULA | DIÁMETRO | CANTIDAD |
|-----------------------------|----------|----------|
| Compuerta | ½" | 1 |
| Globo con asiento de teflón | ½" | 0 |
| Compuerta | ¾" | 0 |
| Globo con asiento de teflón | ¾" | 1 |
| Compuerta | 1" | 1 |
| Globo con asiento de teflón | 1" | 0 |
| Compuerta | 1 1/4" | 0 |
| Globo con asiento de teflón | 1 1/4" | 4 |
| Compuerta | 2" | 4 |
| Globo con asiento de teflón | 2" | 0 |
| Compuerta | 3" | 0 |
| Compuerta | 4" | 0 |
| Compuerta | 6" | 1 |

Fuente: elaboración propia.

3.2.3. Torre Sur

En la Torre Sur se pueden identificar válvulas de compuerta y de globo con asiento de teflón. Todas las válvulas de diámetros comprendidos entre ½" y 2 ½" serán sustituidas por válvulas de globo con asiento de teflón, debido a que son las que presentan mayor ventaja. Las válvulas de compuerta de diámetro de 3" y 4" por nuevas del mismo tipo.

Tabla V. Válvulas en Torre Sur

| TIPO DE VÁLVULA | DIÁMETRO | CANTIDAD |
|-----------------------------|----------|----------|
| Compuerta | ½" | 5 |
| Globo con asiento de teflón | ½" | 7 |
| Compuerta | ¾" | 6 |
| Globo con asiento de teflón | ¾" | 1 |
| Compuerta | 1" | 7 |
| Globo con asiento de teflón | 1" | 2 |
| Compuerta | 1 ¼" | 3 |
| Globo con asiento de teflón | 1 ¼" | 2 |
| Compuerta | 1 ½" | 3 |
| Globo con asiento de teflón | 1 ½" | 0 |
| Compuerta | 2" | 5 |
| Globo con asiento de teflón | 2" | 7 |
| Compuerta | 2 ½" | 1 |
| Globo con asiento de teflón | 2 ½" | 0 |
| Compuerta | 3" | 2 |
| Compuerta | 4" | 1 |

Fuente: elaboración propia.

3.2.4. Pediatría

En el edificio de pediatría se pudo identificar en el área donde están ubicadas las bombas de agua, la instalación de válvulas, que en un pasado funcionaron para regular la velocidad de paso del agua. Actualmente la velocidad es controlada por las bombas que mantienen un presión de 125 psi. las cuales ya no son necesarias, por lo que se pueden anular algunas de ellas sin afectar el caudal de agua. Se instalará tubo galvanizado de 2" y 3" el cual hay en existencia en el área de plomería.

En la tabla VI se detallan las válvulas a eliminar:

Tabla VI. **Válvulas a anular en cuarto de bombas de pediatría**

| ÁREA DE UBICACIÓN | TIPO DE VÁLVULA | DIÁMETRO |
|-------------------|-----------------|----------|
| Bomba central | Compuerta | 3" |
| Bomba central | Compuerta | 2" |
| Bomba central | Compuerta | 2" |
| Bomba central | Compuerta | 2" |
| Bomba central | Compuerta | 2" |
| Bomba central | Compuerta | 3" |

Fuente: elaboración propia.

Para el edificio de pediatría, luego de haber realizado la evaluación física de las instalaciones de la red de agua fría, se encontró en buenas condiciones sin necesidad de realizar cambios.

El cuarto donde se ubican las válvulas principales del edificio de Pediatría

se maneja 1 válvula de 10" de diámetro la cual se verificó y se encuentra en buenas condiciones, siendo necesario únicamente su revisión periódica para darle mantenimiento.

Se detalla en la tabla VII las válvulas que comprende el edificio de Pediatría:

Tabla VII. **Válvulas en edificio de pediatría**

| TIPO DE VÁLVULA | DIÁMETRO | CANTIDAD |
|-----------------------------|----------|----------|
| Compuerta | ½" | 6 |
| Globo con asiento de teflón | ½" | 0 |
| Compuerta | ¾" | 13 |
| Globo con asiento de teflón | ¾" | 0 |
| Compuerta | 1" | 7 |
| Globo con asiento de teflón | 1" | 0 |
| Compuerta | 2" | 6 |
| Globo con asiento de teflón | 2" | 0 |
| Compuerta | 2 ½" | 1 |
| Globo con asiento de teflón | 2 ½" | 0 |
| Compuerta | 3" | 4 |
| Compuerta | 4" | 2 |
| Compuerta | 10" | 1 |

Fuente: elaboración propia.

3.2.5. **Maternidad**

El edificio de maternidad se encuentra en remodelación de sus instalaciones, por lo cual no se tomó en cuenta para el estudio.

3.2.6. Servicios de apoyo

En el edificio de servicio de apoyo se encuentran ubicadas las áreas de calderas, plantas eléctricas, costurería, lavandería, cuartos de bombas y cocina.

Luego de la inspección física que se efectuó en las distintas áreas del edificio de Servicios de Apoyo, se detectaron fugas visibles, recomendando la compra de válvulas de globo con asiento de teflón para las medidas de 1/2" a 2" y para los diámetros de 3" y 6" la compra de nuevas válvulas de compuerta.

Tabla VIII. **Válvulas en edificio de servicios de apoyo**

| TIPO DE VÁLVULA | DIÁMETRO | CÁNTIDAD |
|-----------------------------|----------|----------|
| Compuerta | 1/2" | 7 |
| Globo con asiento de teflón | 1/2" | 0 |
| Compuerta | 3/4" | 10 |
| Globo con asiento de teflón | 3/4" | 9 |
| Compuerta | 1" | 3 |
| Globo con asiento de teflón | 1" | 0 |
| Compuerta | 1 1/4" | 3 |
| Globo con asiento de teflón | 1 1/4" | 0 |
| Compuerta | 1 1/2" | 2 |
| Globo con asiento de teflón | 1 1/2" | 4 |
| Compuerta | 2" | 9 |
| Globo con asiento de teflón | 2" | 3 |
| Compuerta | 3" | 2 |
| Compuerta | 6" | 2 |

Fuente: elaboración propia.

3.3. Mantenimiento

Mantenimiento es la serie de trabajos a ejecutar en algún lugar, instalación o equipo, a fin de conservar el servicio para el cual fue diseñado.

Desde el punto de vista administrativo, el objetivo del mantenimiento es la conservación, ante todo, del servicio que están brindando los equipos, instalaciones, etc., y no únicamente para la buena conservación del equipo o de la instalación en si misma.

3.3.1. Mantenimiento preventivo

La característica principal del mantenimiento preventivo es detectar las fallas en su fase inicial y corregirlas en el momento oportuno.

3.3.2. Inspección periódica

Es recomendable realizar inspecciones periódicas sobre las válvulas. La frecuencia de las inspecciones puede variar, dependiendo de la severidad del servicio y frecuencia de operación de la válvula. Como mínimo, una válvula deberá ser revisada cada tres meses para asegurar su adecuada operación y evitar que los efectos de alguna fuga la dañen. La siguiente lista describe una comparación entre los tipos de válvulas a evaluar y las áreas que requieren de inspección y mantenimiento. Ver tabla IX.

Se deberán hacer las inspecciones con el siguiente formato

Tabla IX. **Comparación entre válvulas de compuerta y de globo para su inspección y mantenimiento**

| Área a inspeccionar | Compuerta | Globo |
|--|-----------|-------|
| Desgaste en cuerdas de vástagos | ▲ | ▲ |
| Fugas por empaques | ▲ | ▲ |
| Fugas por sello pressure seal de bonete | ▲ | ▲ |
| Si las condiciones lo permiten | | |
| Operación de la válvula | ▲ | ▲ |
| Revisión de conexiones externas | ▲ | ▲ |
| Revisar que las áreas de sello del vástago estén limpias | ▲ | ▲ |
| Revisar la condición del actuador de engranajes o motor (si se aplica) | ▲ | ▲ |
| Inspeccionar para daños evidentes | ▲ | ▲ |

Fuente: manual de instalación: operaciones y mantenimiento, www.xanik.com.mx. Consulta: 06 de abril de 2008.

3.3.3. Manual de mantenimiento para válvulas de compuerta y de globo

El mantenimiento de válvulas es un servicio dirigido para optimizar la funcionalidad de la válvula, después de cierto período de utilización.

Figura 29. **Manual de mantenimiento para válvulas a presión y temperatura de servicio**

Hospital General San Juan de Dios

Manual de mantenimiento de válvulas de globo y de compuerta

El objetivo de este manual es minimizar los cortes de agua por fallas en las válvulas de la red de distribución de agua fría del Hospital General San Juan de Dios. Si las inspecciones conforme a la tabla VIII revelan alguna indicación, los siguientes procedimientos son recomendados:

1. Tener extremo cuidado cuando trabaje sobre un sistema presurizado
2. Sí el empaque del vástago está fugando, los espárragos de la brida prensa empaque deberán apretarse uniformemente hasta que la fuga pare. Si la fuga continúa, o ya no existe ajuste remanente, se deberá instalar empaques adicionales, o los empaques deberán ser reemplazados.
3. Deberá notarse que la válvula deberá operar libre siempre. Sí la válvula no puede ser operada debido a una excesiva presión del empaque, éste ya se ha desgastado y deberá ser reemplazado durante un paro de sistema.
4. Las roscas de los vástagos que están expuestos a la atmósfera deberán ser periódicamente lubricados para reducir el desgaste, el par de operación y prevenir corrosión. Deberá tener cuidado en lubricar sólo la parte roscada del vástago. No es recomendable la práctica de lubricar el área del vástago que sella con el empaque. Esta práctica tiende a coleccionar polvo y basura que puede dañar a los empaques, el vástago y el alojamiento de los empaques.

Continuación de la figura 29.

**Hospital General San Juan de Dios
Manual de mantenimiento de válvulas de globo y de compuerta**

5. La tuerca del vástago debe ser también lubricada periódicamente, a través de las graseras para asegurar una operación fácil.
6. Sí existe fuga por el sello del pressure seal del bonete, los espárragos del bonete deberán ser apretados uniformemente. Este apriete deberá ser hecho conforme los valores de par de apriete indicado en la siguiente tabla.

Valores par de apriete en libras – pie

| DIÁMETRO DE ESPÁRRAGO O TORNILLO (in) | HILOS POR PULGADA | PAR DE APRIETE PARA MATERIALES ASTM A193 GR B7, B8, B16, B8M & K500 MONEL CON UN ESFUERZO DE 60000 PSI |
|---|-------------------------|---|
| 5/16 | 18 | 21 |
| 3/8 | 16 | 30 |
| 7/16 | 14 | 45 |
| ½ | 13 | 65 |
| 9/16 | 12 | 95 |
| 5/8 | 11 | 135 |
| ¾ | 10 | 230 |
| 7/8 | 9 | 360 |

Continuación de la figura 29.

Hospital General San Juan de Dios
Manual de mantenimiento de válvulas de globo y de compuerta

| | | |
|-------|---|-------|
| 1 | 8 | 535 |
| 1 1/8 | 8 | 815 |
| 1 ¼ | 8 | 1125 |
| 1 3/8 | 8 | 1525 |
| 1 ½ | 8 | 1900 |
| 1 5/8 | 8 | 2540 |
| 1 ¾ | 8 | 3240 |
| 1 7/8 | 8 | 4075 |
| 2 | 8 | 4990 |
| 2 ¼ | 8 | 6665 |
| 2 ½ | 8 | 8525 |
| 2 5/8 | 8 | 9525 |
| 2 ¾ | 8 | 10525 |
| 3 | 8 | 13760 |

Instrucción especial para mantenimiento de las válvulas de globo

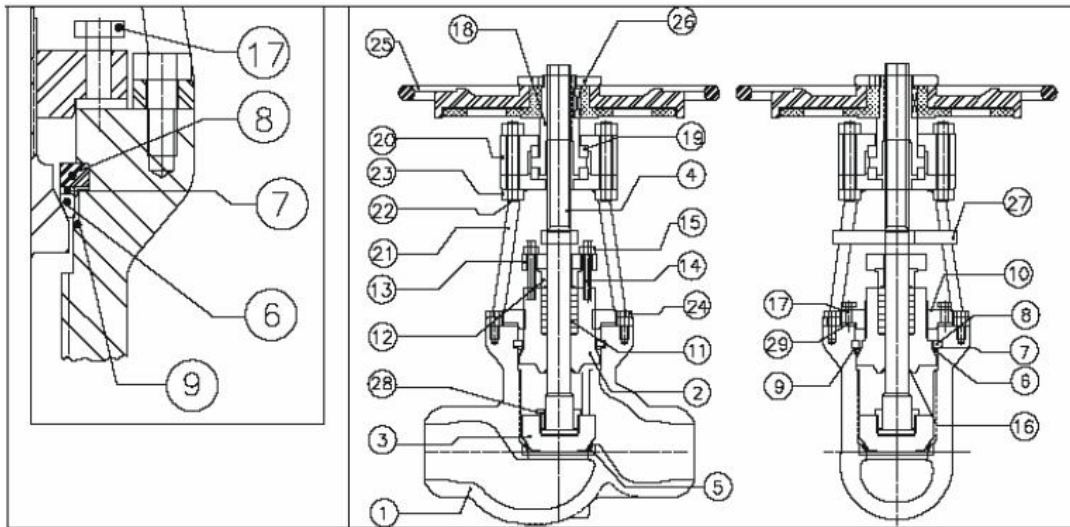
Instalar de modo que la presión esté debajo del disco, excepto en servicio con vapor a alta temperatura.

Continuación de la figura 29.

Hospital General San Juan de Dios

Manual de mantenimiento de válvulas de globo y de compuerta

Partes principales de una válvula de globo



| No. | Nombre | No. | Nombre | No. | Nombre |
|-----|------------------|-----|---------------------------|-----|------------------|
| 1 | Cuerpo | 11 | Material de empaque | 21 | Cuerpo |
| 2 | Bonete | 12 | Prensa empaque | 22 | Esparrago |
| 3 | Disco | 13 | Brida prensa empaque | 23 | Tuerca esparrago |
| 4 | Vástago | 14 | Esparrago | 24 | Tuerca yugo |
| 5 | Sello de anillo | 15 | Tuerca esparrago | 25 | Volante |
| 6 | Junta | 16 | Casquillo guía | 26 | Brida |
| 7 | Tuerca junta | 17 | Tornillo | 27 | Vástago |
| 8 | Anillo | 18 | Prisionero allen | 28 | Tuerca disco |
| 9 | Sello de cuerpo | 19 | Casquillo fijación tuerca | | |
| 10 | Placa retenedora | 20 | Brida | | |

a) Desensamble

- PRECAUCIÓN antes de desensamblar cualquier válvula, asegurarse que la presión ha sido eliminada de cualquier cavidad dentro de la válvula.

Continuación de la figura 29.

Hospital General San Juan de Dios

Manual de mantenimiento de válvulas de globo y de compuerta

- Aflojar las tuercas de los espárragos del empaque 15. Aflojar y quitar los tornillos cap del bonete 17 y las tuercas del yugo 24.
- Instalar un polipasto para soportar el peso del ensamble del yugo, del volante y del actuador, si lo tiene.
- Girar el volante hacia la posición de cerrado. El yugo y el volante se levantarán saliendo del vástago 4.
- Temporalmente, remover el ensamble del yugo.
- Quitar la brida prensa empaque 13, el prensa-empaque 12 y todo el material de empaque 11.
- Remover la placa retén 10 y la guía del vástago 27.
- Usar un bloque de madera o de material similar para empujar al bonete 2 hacia abajo, hasta que exista suficiente claro arriba del bonete para quitar el anillo segmentado 8.
- Usar una barra de bronce para golpear por arriba de cada segmento a fin de aflojarlos, usar lubricante como sea necesario.
- Remover los segmentos por expulsión, usando un desarmador truncado o una herramienta similar, introduciéndola en los orificios del cuerpo para tal efecto.
- Golpear con martillo hasta que los segmentos sean expulsados. Limpiar todas las superficies de material extraño antes del siguiente paso.
- Reinstalare el ensamble del bonete, la guía del vástago 27 y girar el volante para abrir la válvula.

Continuación de la figura 29.

Hospital General San Juan de Dios

Manual de mantenimiento de válvulas de globo y de compuerta

- Después de hacer contacto con el bonete, continuar levantándolo hasta sacar a la junta 6. Levantar el ensamble del yugo, el bonete 2, el vástago 4 y el disco 3 fuera del cuerpo 1.
- Ser extremadamente cuidadoso para no rayar o dañar las superficies de sello del cuerpo 9, la junta 6, el bonete 2 o el disco 3.
- Remover la junta 6 del bonete, y el vástago del bonete. Desenroscar la tuerca del disco 28 del disco 3.
- Limpiar la caja de los empaques y el vástago.

b) Ensamble

- Limpiar todas las partes completamente, lijar la superficie de sello del cuerpo 9 y del bonete 2 con lija de agua.
- Lubricar las superficies de sello de la junta con aceite ligero para prevenir excoiraciones durante el ensamble.
- Reemplazar la junta 6 con una nueva.
- Insertar el disco 3 ensamblado con el vástago 4 dentro del cuerpo 1, siguiendo las marcas hechas anteriormente.
- Instalar la junta 6 sobre el bonete. Insertar el bonete dentro del cuerpo 1. Instalar el anillo segmentado 8 dentro de la ranura del vástago, colocar nuevamente el ensamble del yugo y girar el volante para abrir y empujar el bonete hacia arriba sellando la junta 6.
- Colocar la placa retén 10. Apretar los tornillos de empuje 17 conforme los valores del inciso de la tabla de valores par de apriete en libras – pie

Continuación de la figura 29.

Hospital General San Juan de Dios

Manual de mantenimiento de válvulas de globo y de compuerta

c) Mantenimiento de válvulas desensambladas

- Examinar la cavidad del cuerpo para eliminar depósitos de material extraño.
- Examinar las superficies de sello de los anillos 5 y el disco del disco 3 y vea si están desgastados.
- Examinar el vástago 4, en su área de sello de empaques y la rosca, ver si no está dañado.
- Examinar si existe desgaste excesivo, partes dañadas o si es necesario que la válvula completa sea reacondicionada o reemplazada.
- Notar que las válvulas de globo se surten con discos de globo o de *stop check* (no retorno). Cada configuración utiliza un sistema específico de retención.

d) Lubricación

- Las partes que requieren lubricación son: las roscas de los vástagos 4, la junta 6, y bajo todas las tuercas de los tornillos 17 antes de apretarse. Los tornillos del bonete 17, deberán ser lubricados con un anti-aferrante para su fácil desensamble futuro.

Continuación de la figura 29.

Hospital General San Juan de Dios

Manual de mantenimiento de válvulas de globo y de compuerta

Instrucciones especiales para mantenimiento de las válvulas de compuerta

Las válvulas de compuerta normalmente se instalan en sitios donde no es necesario accionarlas con mucha frecuencia, por consiguiente tienen un largo período de duración y no se requieren muchos servicios de mantenimiento.

Válvula de compuerta



Continuación de la figura 29.

Hospital General San Juan de Dios

Manual de mantenimiento de válvulas de globo y de compuerta

a) Mantenimiento de válvulas desensambladas

- Limpiar la zona de cierre de posibles materiales que queden adheridos o depositados en su base, ya que podrían hacer que la válvula no cerrase.

Al desinstalarla la válvula, tomar en cuenta lo siguiente:

- Tener cuidado de no dañar el asiento, no cerrar del todo la válvula, aflojar las tuercas y separar las bridas con ayuda de separadores.
- Si existieran, corregir de inmediato las fugas por la empaquetadura.
- No cerrar nunca las llaves a la fuerza con la llave o una palanca.
- Abrir las válvulas con lentitud para evitar el choque hidráulico en la tubería.
- Cerrar las válvulas con lentitud para ayudar a descargar los sedimentos y mugre atrapados.

b) Lubricación

Los puntos de lubricación para una válvula de compuerta son los siguientes:

- El lubricante se usará sólo para reducir la fricción, bonete a nivel de la bocina y guía.
- Bonete a nivel del aro linterna.

Fuente: elaboración propia.

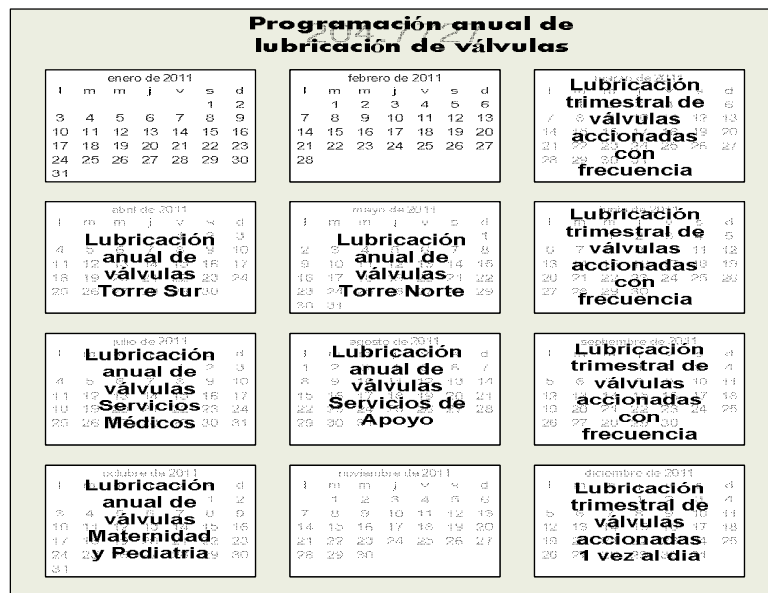
3.3.3.1. Plan de lubricación recomendado para válvulas de globo y de compuerta

La frecuencia de lubricación de la válvula debe basarse en el sentido común o en la experiencia de los usuarios con el equipo instalado. Las siguientes indicaciones deben seguirse como guía hasta que la experiencia indique lo contrario:

- Mínimo una vez al año.
- Cada tres meses si la válvula es operada con poca frecuencia (una vez al día).

Para entender esta programación, ver figura 30

Figura 30. Programa anual de lubricación de válvulas



Fuente: elaboración propia.

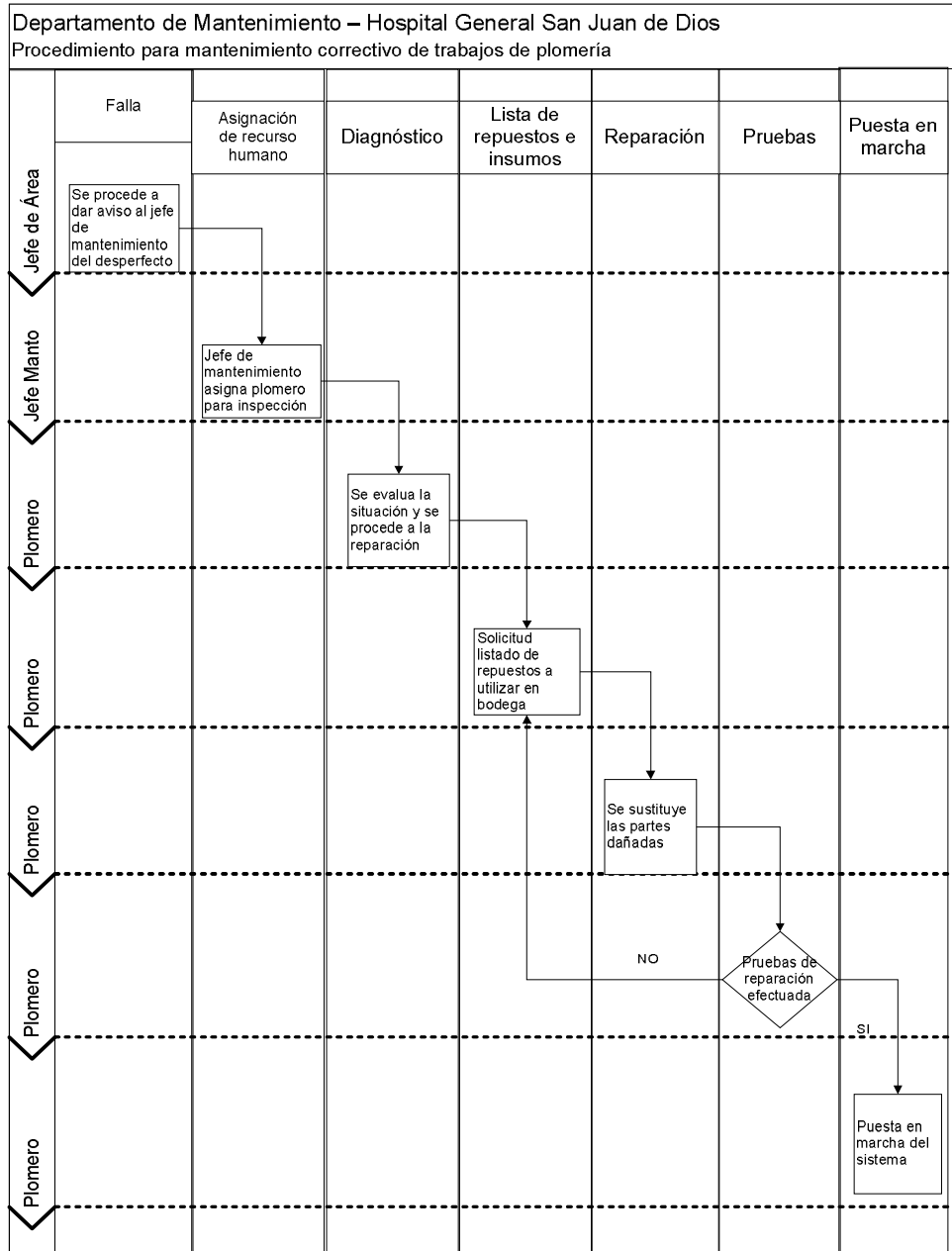
3.3.4. Mantenimiento correctivo

Es la corrección de fallas a medida que éstas se presentan, ya sea por síntomas claros y avanzados del deterioro de las instalaciones o equipo en este caso de las válvulas, tuberías, etc. con lo cual se procede a la reparación o la compra del repuesto o equipo o necesitar.

3.4. Procedimiento del mantenimiento

Este procedimiento se aplica cuando la falla ocurre inesperadamente, lo que se entiende como un mantenimiento correctivo. Ver figura 31.

Figura 31. **Procedimiento para mantenimiento correctivo de trabajos de plomería**



Fuente: elaboración propia.

3.5. Fallas frecuentes en equipos de la red de distribución de agua

Es importante conocer los desperfectos o fallas que pueden ocasionarle a los diferentes equipos que integran la red de distribución de agua para poder enfrentarlos con las soluciones ya descritas.

3.5.1. Fallas en las bombas de agua

A continuación se detalla una tabla de las tipos de fallas que pueden sucederle a las bombas de agua y su posible solución

Tabla X. **Fallas frecuentes para bombas de agua**

| Diagnóstico de fallas en bombas centrífugas | | Acción correctiva |
|--|--|---|
| No bombea | <ul style="list-style-type: none">• Entrada de aire por el sello mecánico• Sentido de giro invertido• Impulsor obstruido• Entrada de aire por la tubería de aspiración | <ul style="list-style-type: none">• Cambio de sello mecánico• Limpieza del impulsor• Liberar del aire que esté en las tuberías haciendo correr agua |
| Caudal no suficiente | <ul style="list-style-type: none">• Entrada de aire por la tubería de aspiración• Entrada de aire por el sello mecánico• Válvula de retención demasiado pequeña• Válvula de retención obstruida | <ul style="list-style-type: none">• Liberar del aire que esté en las tuberías haciendo correr agua• Cambio de sello mecánico• Cambiar válvula por una de mayor diámetro• Limpieza del impulsor |

Continuación de la tabla X.

| | | |
|---|---|--|
| <p>Presión no suficiente</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Sentido de giro invertido • Impulsor dañado • Sello mecánico defectuoso • Bomba mal seleccionada | <ul style="list-style-type: none"> • Cambio de impulsor por uno nuevo. • Cambio de sello mecánico • Verificar si se requiere una bomba de menor o mayor presión |
| <p>La bomba se desceba</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Entrada de aire en la tubería de aspiración • Entrada de aire por el sello mecánico • Válvula de retención trabada | <ul style="list-style-type: none"> • Eliminar fugas de la tubería • Cambio de sello mecánico • Desbloqueo de la válvula, si fuera necesario cambiarla |
| <p>No arranca</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Cable de alimentación interrumpido • Motor en corto circuito • Capacitor quemado • Baja tensión • Fusibles quemados | <ul style="list-style-type: none"> • Verificar línea de alimentación • Verificar motor de bomba • Cambio de capacitor • Cambio de fusibles y verificar voltaje de entrada |
| <p>Consumo de energía excesivo</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Partes giratorias rozando • Sello mecánico defectuoso • Sello mecánico demasiado comprimido • Baja tensión • Bomba mal seleccionada | <ul style="list-style-type: none"> • Ajuste de partes desajustadas • Cambio de sello mecánico • Ajuste de sello mecánico • Regular tensión a la adecuada por el fabricante • Cambio de bomba por una de menor consumo |

Continuación de la tabla X.

| | | |
|---|---|---|
| Pérdida por el sello mecánico | <ul style="list-style-type: none"> • Sello mecánico defectuoso • Impulsor desbalanceado | <ul style="list-style-type: none"> • Cambio de sello mecánico • Balanceo adecuado de impulsor |
| Corta vida útil del sello mecánico | <ul style="list-style-type: none"> • Sello mecánico mal armado • Impulsor desbalanceado • Sello mecánico demasiado comprimido | <ul style="list-style-type: none"> • Ajuste de sello mecánico • Balanceo adecuado de impulsor • Aflojar sello mecánico |
| La bomba vibra o es ruidosa | <ul style="list-style-type: none"> • Válvula de retención demasiado pequeña • Válvula de retención obstruida • Impulsor obstruido • Partes giratorias rozando • Impulsor dañado o desbalanceado • Excesivo empuje hidráulico • Excesivo ajuste de rodamientos • Suciedad y/o oxidación de los rodamientos | <ul style="list-style-type: none"> • Cambio de válvula • Desbloqueo de válvula • Desbloqueo de impulsor • Ajuste de partes desajustadas • Ajuste de impulsor o cambio • Chequeo general de sistema hidráulico • Graduación de rodamientos • Limpieza de rodamientos |
| La bomba recalienta o no engrana | <ul style="list-style-type: none"> • Partes giratorias rozando • Impulsor des balanceado • Sello mecánico demasiado comprimido • Excesivo ajuste y/o falta de lubricación de los rodamientos • Suciedad y/o oxidación de los rodamientos | <ul style="list-style-type: none"> • Ajuste de partes desajustadas • Aflojar sello mecánico • Lubricación de rodamientos • Limpieza de rodamientos |

Continuación de la tabla X.

| | | |
|-----------------------------------|--|---|
| Saltan los fusibles | <ul style="list-style-type: none"> • Partes giratorias rozando • Motor en corto circuito • Capacitor quemado | <ul style="list-style-type: none"> • Ajuste de partes desajustadas • Verificar motor de bomba • Cambio de capacitor |
| Salta el protector térmico | <ul style="list-style-type: none"> • Partes giratorias rozando • Motor en corto circuito • Baja tensión • Protector térmico mal regulado | <ul style="list-style-type: none"> • Ajuste de partes desajustadas • Verificar motor de bomba • Regular tensión a la adecuada por el fabricante • Regulación de protector |

Fuente: www.bvsde.paho.org/tecapro/documentos/agua/159esp-O&M-reservorioselevados.

Consulta: 25 de enero de 2007.

3.5.2. Fallas de las tuberías

Las fallas que se presentan en las tuberías se deben a las fugas de agua, ya que éstas ocasionan corrosión. Estos daños por corrosión se presentan, generalmente, en las uniones de los tubos o en donde se localizan los accesorios de la tubería. Si este es el caso se procederá a retirar el tubo dañado, limpiar la parte corroída e instalar nuevamente los accesorios con sellos de teflón en las roscas, para evitar fugas de agua, si el daño es en todo el tubo se recomienda reemplazar el tubo completo.

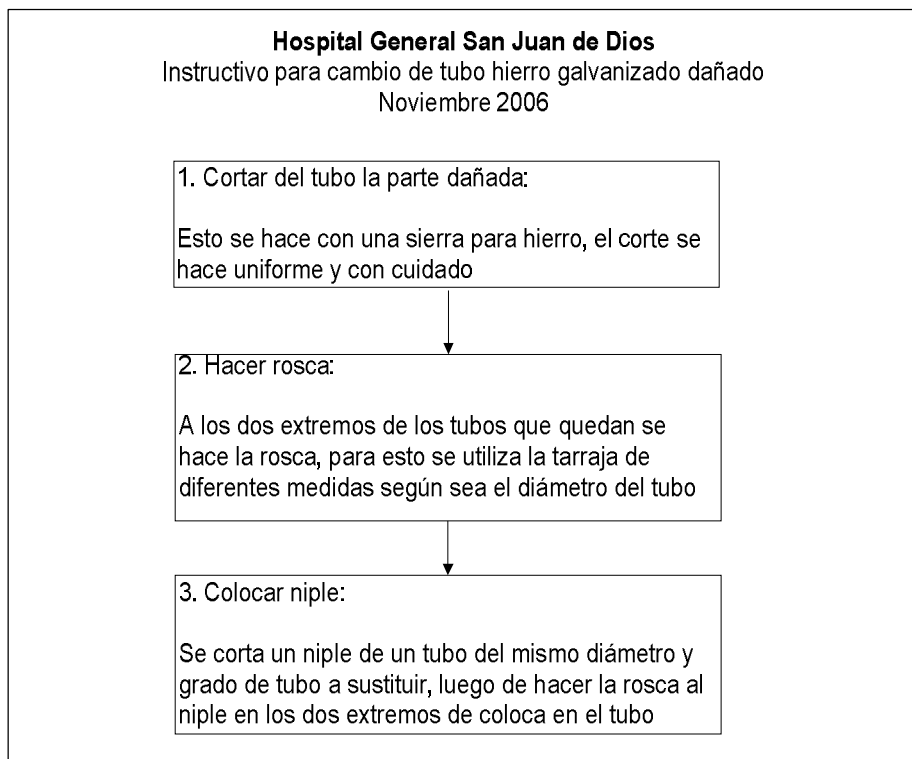
Otro tipo de falla en las tuberías la ocasiona el flujo de agua a presión que conducen en su interior, esto ocasiona que las tuberías se aflojen de sus soportes, ocasionando vibración que afloja los accesorios y las uniones de los tubos, para estos casos se debe evitar las longitudes muy grandes de tuberías sin soportes, un rango entre 2 a 3 m. máximo y apretar constantemente las abrazaderas de los soportes.

Los tipos de fallas que pueden presentar las tuberías son:

- Fractura total de tubo
- Agujero en el tubo
- Rajadura o daño de acople

Todas estas fallas se repararán según se muestra en el instructivo que se muestra en la figura 32.

Figura 32. **Instructivo para cambio de tubo dañado**



Fuente: elaboración propia.

3.5.3. Falla en los accesorios

Al igual que la corrosión en las tuberías, los accesorios como codos, tees, reductores, etc. uno de los principales problemas que se presenta es el denominado golpe de ariete, que ocurre cuando una columna de fluido en movimiento, como en un tubo que esta descargando, se reduce súbitamente en velocidad o se detiene, como por el cierre rápido de una válvula, existe un considerable, aunque breve, incremento de presión interna debido a la cantidad de movimiento o *momentum* de fluido, produciendo como resultado una pulsación.

Esta pulsación hace que la cañería deje de estar estable, produciendo diversos esfuerzos que pueden llegar a romper la cañería en los puntos donde se encuentran las uniones, codos, tees, reductores o incluso la tubería. El golpe de ariete depende, también de la viscosidad del fluido transportado; mientras menos viscoso, menor es el golpe, y viceversa.

3.6. Programación del mantenimiento preventivo

La programación establecida para las válvulas deben inspeccionarse periódicamente durante su funcionamiento y someterse a un mantenimiento programado de la lubricación de las roscas, según el uso en un tiempo no mayor de 1 año en las válvulas que no son empleadas con frecuencia y las que son mayormente utilizadas entre un período de 3 a 6 meses.

3.7. Administración del mantenimiento

Como parte del mantenimiento se debe llevar un control, para lo cual se crearon fichas técnicas que contienen la información necesaria para ejecutar el mantenimiento de una manera eficiente.

3.7.1. Fichas técnicas

Entre las fichas diseñadas se encuentran:

- Control de válvulas (figura 33) con lo cual se quiere llevar un orden del tipo de válvula y sus características.
- Fichas control para trabajos de mantenimiento preventivo (figura 34) utilizar cuando ocurra algún tipo de mantenimiento que sea programado.
- Fichas control para trabajos de mantenimiento correctivo (figura 35) a utilizar para cuando ocurra alguna reparación inesperada.

Los formatos se muestran en las figuras 33, 34 y 35:

Figura 33. Ficha para conteo de válvulas

**HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO**

ÁREA DE UBICACIÓN _____ EDIFICIO _____

TIPO DE VÁLVULA _____ ESTADO FÍSICO ACTUAL Fugas Ruidos Vibraciones

REGISTRO EN PLANO SI NO FUNCIONAL SI NO

ELIMINADA SI NO

DIÁMETRO

| | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|---|---|---|---|---|---|
| 1/4 | 1/2 | 3/4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| | | | | | | | | |

OTRAS (ESPECIFICACIONES) _____

NOMBRE RESPONSABLE: _____

FIRMA: _____

Fuente: elaboración propia.

Figura 34. **Ficha de control para trabajos de mantenimiento preventivo**

| | | |
|---|-------------------|--------------|
| HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS | | |
| DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO | | |
| | | FECHA: _____ |
| Mantenimiento preventivo de válvulas | | |
| EDIFICIO: _____ | | |
| ÁREA DE UBICACIÓN: _____ | | |
| Marcar las áreas inspeccionadas | | |
| | Compuerta | Globo |
| Desgaste en cuerdas de vástagos | | |
| Fugas por empaques | | |
| Fugas por sello pressure seal de bonete | | |
| Si las condiciones lo permiten | | |
| Operación de la válvula | | |
| Revise las conexiones externas | | |
| Revise que las áreas de sello del vástago estén limpias | | |
| Revise la condición del actuador de engranajes o motor (si se aplica) | | |
| Inspeccione para daños evidentes | | |
| Descripción de trabajos realizados: _____ | | |
| _____ | | |
| Hora de inicio | Hora finalización | |
| _____ | _____ | |
| Nombre y firma técnico responsable: _____ | | |
| Firma de Jefe de Departamento _____ | | |

Fuente: elaboración propia.

Figura 35. **Ficha de control para trabajos de mantenimiento correctivo**

| | |
|--|---|
| HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS | |
| DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO | |
| | FECHA: _____ |
| Mantenimiento correctivo de válvulas | |
| EDIFICIO: _____ | |
| ÁREA DE UBICACIÓN: _____ | |
| TIPO DE VÁLVULA: | COMPUERTA <input type="checkbox"/> |
| | GLOBO <input type="checkbox"/> |
| | OTRA: _____ |
| Descripción del problema encontrado: | |
| _____ | |
| _____ | |
| _____ | |
| Descripción de trabajos realizados: | |
| _____ | |
| _____ | |
| _____ | |
| Nombre y firma técnico responsable: | _____ |
| Firma de Jefe de Departamento | _____ |

Fuente: elaboración propia.

3.8. Rediseño de planos de la red de distribución de agua fría

Como parte del proyecto del rediseño de la red de distribución de agua fría se encuentran los planos de ubicación de las válvulas, las cuales cuando se construyó el hospital se diseñaron todas con válvulas de compuerta; con el rediseño de los nuevos planos se presentan las correcciones de las válvulas reemplazadas por válvulas de globo y de compuerta.

Entre los edificios que se les realizaron los cambios se encuentran. Servicios médicos, Torre norte, Torre sur y Servicios de apoyo. Estos nuevos planos se muestran en el apéndice II.

3.9. Identificación de colores

El objetivo es identificar con facilidad, mediante el uso de códigos de colores, que determinen el tipo de sustancia o fluido, su estado y sus especificaciones más importantes, según el caso, referentes a los aspectos de seguridad y salud en el trabajo, incluyendo también la señalización de peligro, en general de choques y golpes con recipientes o tuberías.

En las tuberías del Hospital General San Juan de Dios ya existe un código pintado de identificación con los colores que se indican en la tabla XI, se recomienda darle mantenimiento general cada 2 a 3 años todas las áreas de la red de distribución de agua.

3.9.1. Identificación de las tuberías del hospital

En la tabla XI se muestran los colores que lleva la tubería.

Tabla XI. **Identificación de colores de las tuberías**

| Color básico | Fluido |
|---------------------|------------------------------------|
| Negro | Desechos |
| Azul | Agua dulce |
| Chocolate | Combustible |
| Gris | Gases no inflamables |
| Anaranjado | Aceites productos de hidrocarburos |
| Plateado | Vapor |
| Rojo | Sistema contra incendio |

Fuente: Departamento de Mantenimiento de Hospital General San Juan de Dios.

3.10. Costos de implementación

Detalle de las cotizaciones de las válvulas a utilizar con los costos a incurrir en la compra de los mismos.

Tabla XII. **Cuadro resumen de los costos de las válvulas**

| Cantidad | Descripción | Diámetro | Precio uni. | Total |
|-----------------|-------------------------|-----------------|--------------------|----------------------|
| 20 | Globo asiento de teflón | ½" | Q. 214,50 | Q. 4 290,00 |
| 10 | Globo asiento de teflón | ¾" | Q. 286,00 | Q. 2 860,00 |
| 10 | Globo asiento de teflón | 1 ½ " | Q. 841,50 | Q. 8 415,00 |
| 30 | Globo asiento de teflón | 2" | Q.1 265,00 | Q. 37 950,00 |
| 9 | Globo asiento de teflón | 2 ½" | Q. 2 200,00 | Q. 19 800,00 |
| 10 | Globo asiento de teflón | 3" | Q. 5 555,00 | Q. 55 555,00 |
| 4 | Válvula de Compuerta | 4" | Q 4 853,49 | Q. 19 413,96 |
| 3 | Válvula de Compuerta | 6" | Q 8 767,22 | Q. 26 301,66 |
| | | | | Q. 174 585,62 |

Fuente: elaboración propia.

Las compras de las válvulas suman un total de Q. 17 4585,62, con respecto a la mano de obra no se toma en cuenta los costos, ya que personal de plomería puede realizar el trabajo.

3.11. Capacitación

Al haber observado y detectado la necesidad de adiestrar al personal de plomería, se complementó el trabajo con una capacitación de las válvulas de globo y de compuerta para ampliar el conocimiento general del personal de plomería sobre válvulas, su funcionamiento, medidas, materiales, etc, enfocándose en la importancia del mantenimiento de las válvulas, sobre todo su lubricación para que se encuentren en óptimas condiciones, ya que al darle el correcto mantenimiento preventivo se logrará un mayor tiempo de vida útil, y un mejor servicio.

La programación de la capacitación del personal de plomería lo comprenden 4 personas y quedó como se describe en la tabla XIII.

Tabla XIII. **Programa de la capacitación sobre válvulas de compuerta y de globo**

**HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO**

Instructor: Guillermo Fuentes

Horario: 8:00 a.m. – 12:00 p.m.

Lugar: Taller de plomería

Dirigido a: personal de plomería

Número de participantes: 4

Objetivo:

Dar conocimientos generales sobre los tipos válvulas que se utilizan en las instalaciones de la red de agua fría del hospital.

Temas a tratar:

- a) Válvulas de globo
- b) Mantenimiento de válvula globo
- c) Válvulas de compuerta
- d) Mantenimiento de válvulas de compuerta
- e) Evaluación comprensión tema expuesto

Fuente: elaboración propia.

Figura 36. **Evaluación teórica de capacitación**

HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS

EVALUACIÓN TEÓRICA

1. Qué tipos de válvulas conoce
2. Menciones qué materiales se pueden fabricar las tuberías
3. Mencione las partes de una válvula de compuerta
4. Mencione las partes de una válvula de globo
5. En qué caso se utiliza las válvulas de compuerta y de globo
6. Qué herramientas son necesarias para darle un mantenimiento a una válvula.

Fuente: elaboración propia.

4. MANEJO DE INVENTARIO DEL EQUIPO MÉDICO

4.1. Propuesta para el manejo de inventarios

Para darle un buen servicio al público que acude al hospital por problemas de salud, es necesario que el equipo utilizado esté en buenas condiciones, es por ello que debe de manejarse y tener actualizado un inventario del equipo para evaluar posteriormente qué método será el adecuado para trabajar un control de pedidos de repuestos de los diferentes equipos con que cuenta el Hospital General San Juan de Dios.

Elaboración de un formato para inventariar el equipo del hospital, un formato donde se toman datos de éste, el cual se muestra en la figura 37.

Figura 37. **Formato para control de equipo médico**

| HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO | | | | | |
|--|--------|-----------|---------------------------|---------------|-------------------|
| INVENTARIO DE EQUIPO | | | | | |
| DEPARTAMENTO: _____ | | | FECHA: ____ / ____ / ____ | | |
| ÁREA: _____ | | | | | |
| EQUIPO | | | | | |
| MARCA | | | | | |
| MODELO | | | | | |
| No. SERIE | | | | | |
| VOLTAJE | | | | | |
| POTENCIA | | | | | |
| PROPIEDAD | | | HOSPITAL | | |
| | | | EMPRESA | | |
| COMPONENTES | | | | | |
| EQUIPO | MARCA | MODELO | No. SERIE | OBSERVACIONES | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| CONDICIÓN OPERATIVA: | ÓPTIMA | ACEPTABLE | CRÍTICA | INOPERABLE | FUERA DE SERVICIO |
| | ÓPTIMO | BUENO | REGULAR | DEFICIENTE | OBSOLETO |
| ESTADO GENERAL: | | | | | |

Fuente: elaboración propia.

4.1.1. Equipo médico

Por equipo médico se entiende todo aquel que, de alguna manera es utilizado para mejorar, diagnosticar, rehabilitar o cualquier situación que mejore la salud de un paciente

El equipo que se utiliza en el Hospital General San Juan de Dios es diverso, por lo que se procedió a organizarlo por grupos.

4.1.2. Clasificación del equipo médico

Para tener un mejor control del equipo médico se elaboró una clasificación, según el tipo de funcionamiento que presta al paciente. En la figura 38 se presenta un ejemplo.

Figura 38. Cuadro de ejemplo para la clasificación del equipo médico

| Grupo | Equipos que lo componen |
|-------------------|---|
| Equipo de terapia | Bombas de infusión, desfibrilador electrocauterio, hidrocollatro estimulador/ultra-sonido, ultra-sonido terapêutico, etc. |

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XIV se muestra la clasificación completa del equipo médico.

Tabla XIV. **Clasificación del equipo médico**

| | |
|------------------|---|
| GRUPO | Equipo de terapia |
| SUB-GRUPO | Bombas de infusión, desfibrilador, hidrocolatro, electrocauterio, ultrasonido terapéutico, piscina de hangar, hidroterapia, equipos de gimnasia, lámpara ultravioleta, máquinas de anestesia, máquinas de anestesia, lámpara cielítica, módulos térmicos, Incubadora para infantes, aspirador de flemas, fuente de luz, fuente de poder, insuflador, irrigador succionador, macis, torniquete eléctrico, bombas de perfusión, marcapasos, equipo de laser terapia |
| GRUPO | Equipo para diagnóstico médico |
| SUB-GRUPO | Electroencefalógrafo, electrocardiógrafo, fono cardiógrafo, medidor de parámetros físicos, audiómetro, campímetro, lámpara de hendidura, unidad ORL, espirómetros, lámpara para examen, básculas, detector ultrasónico fetal, equipo para diagnóstico ginecológico, equipo para diagnóstico urológico |
| GRUPO | Equipo de laboratorio |
| SUB-GRUPO | Macro centrífuga, micro centrífuga, microscopio, agitadores, osmómetro, coagulómetro, balanza, procesador de tejidos, pipetas, colorímetro, fotómetro, espectrofotómetro, crematógrafo, fluorómetro, analizadores, |
| GRUPO | Equipo odontológico y oftalmológico |
| SUB-GRUPO | Compresor dental, módulo dental, lámpara dental, unidad dental, bomba de succión, pieza de mano de alta, pieza de mano de baja , tonómetro de aplanacion, oftalmoscopio indirecto, queratometro, lensometro, foroptero, retroscopio, refractómetro, proyector de optotipos, biómetro, autoquerator refractómetro |
| GRUPO | Equipo por imágenes médicas |
| SUB-GRUPO | Equipo rayos X, laparoscopio, endoscopio, equipo para diagnóstico por ultrasonido, areteriscopio, broncoscopio, equipo para tomografía, equipo de imagen por resonancia magnética |

Fuente: elaboración propia.

4.1.3. Control de inventarios

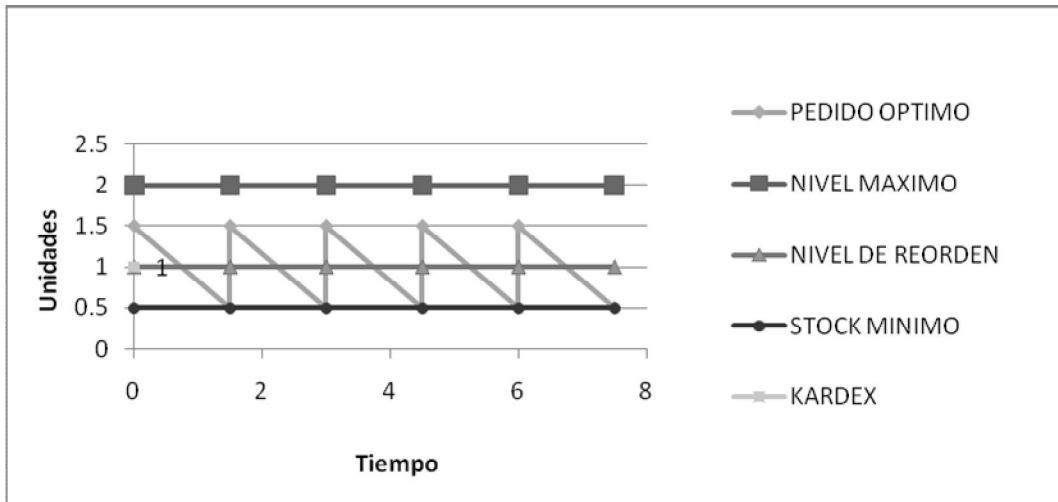
A través del control de inventarios permite tener orden; en este caso del equipo y de los pedidos para repuestos y suministros. Es importante este control, luego de analizar el problema que se presentaba con la escasez de repuestos para el equipo médico y concluir que la mejor solución era diseñar una política de control en la que se tomará en cuenta los niveles máximos y mínimos permitidos de existencia en el almacén de insumos y suministros.

4.2. Control de máximos y mínimos para repuestos y suministros

Para el control de inventario serán utilizadas las siguientes herramientas:

- Pedido óptimo
- Nivel mínimo de existencia
- Nivel máximo de existencia
- Nivel teórico de consumo
- Nivel de reorden

Figura 39. **Gráfica de control de máximos y mínimos**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 38 se muestran ilustradas las herramientas a utilizar en función del tiempo y las unidades de repuestos, y cuál sería su comportamiento normal.

4.2.1. **Repuestos del equipo médico**

El Hospital General San Juan de Dios, cuenta dentro de sus instalaciones una gama muy extensa de equipo médico, para poder dar un buen servicio a toda persona que lo llegase a necesitar.

Cuando se llega a requerir de nuevo equipo, se debe mantener un *stock* de repuestos para mantenerlo en funcionamiento. En algunos casos se trabaja con licitaciones públicas para el mantenimiento de equipos, esto consiste en que los posibles postulantes crean un contrato con el hospital, en el cual se comprometen a darle el servicio necesario al equipo. Por ello se procedió a trabajar con los equipos de mayor importancia que no posean esta forma de trabajar y del personal interno que esté encargado, de alguna manera, el solventar los problemas, anticipándose a la falta de repuestos.

Los principales proveedores con los que cuenta el hospital se puede mencionar a, Dimed 13 calle 4-40 z.1, Tecnicare, av. Ferrocarril 19-97 z.12 y Tecnimédica 16av 11-26 z.11.

Entre los equipos que se trabajaron, se describe el listado de los repuestos que se utilizan, en la tabla XV.

Tabla XV. **Equipos con repuestos Hospital General San Juan de Dios**

| EQUIPO | REPUESTO |
|---------------------------------|----------------------------|
| Repuestos para esfigmomanómetro | Manómetro |
| Repuestos para esfigmomanómetro | Perilla con válvula |
| Repuestos para esfigmomanómetro | Brazaletes neonatales tela |
| Repuestos para esfigmomanómetro | Membrana de hule neonatal |
| Estetoscopio | Tubo "Y" |
| Estetoscopio | Campana doble |
| Ventilador pulmonar | Válvula duck bill azul |
| Ventilador pulmonar | Válvula duck bill blanca |
| Ventilador pulmonar | Filtros para mezclador |
| Ventilador pulmonar | Filtros trampa de agua |
| Ventilador pulmonar | Empaque para manifold |
| Ventilador pulmonar | Baterías recargables 9 V |

Continuación de la tabla XV.

| EQUIPO | REPUESTO |
|----------------------|--|
| Ventilador pulmonar | Filtro de entrada de aire (en el mezclador de oxígeno) |
| Ventilador pulmonar | Válvula de exhalación completa |
| Ventilador pulmonar | Filtro trompo |
| Ventilador pulmonar | Mezclador de oxígeno (blender) |
| Ventilador pulmonar | Filtros de entrada |
| Ventilador pulmonar | Filtros de salida |
| Ventilador pulmonar | Batería interna |
| Ventilador pulmonar | Compresor de aire médico |
| Ventilador pulmonar | Filtros de salida |
| Ventilador pulmonar | Filtros de entrada |
| Ventilador pulmonar | Batería de respaldo |
| Lámpara de operación | Bombillas hanalux 24 V, 50 W |
| Lámpara de operación | Bombillas hanalux 24V, 40 W |
| Lámpara de operación | Bombillas hanalux 24 V,25 W |
| Laringoscopio | Bombillas hoja adulto |
| Laringoscopio | Bombillas hoja pediátrica |
| Modulo térmico | Batería recargable |
| Modulo térmico | Batería recargable |
| Maquina de anestesia | Válvula de exceso de gases |
| Maquina de anestesia | Válvula de inhalación |
| Maquina de anestesia | Válvula de exhalación |
| Maquina de anestesia | Empaque de canister |
| Maquina de anestesia | Recipiente para cal sodada con empaque |
| Maquina de anestesia | Manovacumetro para circuito de canister |
| Maquina de anestesia | Control de flujo inspiratorio |
| Maquina de anestesia | Spray para acero inoxidable |
| Lava bacines | Tarjeta electrónica |
| Lava bacines | Electro válvulas 220V |
| Lava bacines | Llaves NIBCO de 1/2", Bola, 125 psi. para agua |
| Lava bacines | Guarda nivel |
| Lava bacines | Bombas de agua |
| Lava bacines | Sensor de puerta |
| Lava bacines | Switch ON-OFF |
| Lava bacines | Dispersador de agua de la cámara |
| Monitor HP | Lámpara de pantalla |
| Monitor HP | Cable de presión |
| Monitor HP | Cable EKG |
| Monitor HP | Sensor SPO 2 |
| Incubadora | Batería recargable |

Fuente: elaboración propia.

4.2.2. Suministros

Para complementar los datos que se le realizara al control de máximos y mínimos se incluyen, también algunos de los suministros necesarios para el mantenimiento de los equipos médicos, figura XVI.

Tabla XVI. **Suministros Departamento de Electro Medicina**

| | |
|--------------------|------------------------------------|
| Herramienta básica | Llaves de allen – medida americana |
| Herramienta básica | Pistola para soldar, 45 W |
| Insumos | Limpiador de superficie en espuma |
| Insumos | Aflojalotodo |
| Insumos | Limpia contactos |
| Insumos | Wipe |

Fuente: elaboración propia.

4.2.3. Pronósticos de consumo

Se iniciará con un cálculo de pronósticos de demanda de repuestos y suministros que se presentaron al almacén de insumos y suministros durante el los meses de enero a diciembre 2005.

Conociendo los datos pasados de los repuestos utilizados en el Hospital General San Juan de Dios es posible realizar un pronóstico de los pedidos futuros combinando estadísticas y técnicas apropiadas.

Entre las familias que comprenden se encuentran:

- Curvas estables
- Curvas ascendentes
- Curvas cíclicas

- Curvas combinadas

Para realizar un correcto pronóstico los pasos a seguir son los siguientes:

- Análisis de primario
- Análisis secundario
- Realizar el pronóstico de riesgo

Para el presente caso se tomó el ejemplo de pronóstico para un ventilador pulmonar y su repuesto, un filtro trampa de agua. Para determinar las cantidades de pedidos por equipos ordenados en el pasado se investigó con el personal de mantenimiento encargado de realizar los pedidos de las repuestos utilizados por equipo; el período que se tomó fue de enero a diciembre del 2005. En el ejemplo se dividió por bimestres, ya que es el período en el cual realizan las compras de los repuestos el Departamento de Mantenimiento.

Para la compra de los filtros de trampa de agua requieren de 16 unidades bimestrales por equipo, según se muestra en la tabla XVII.

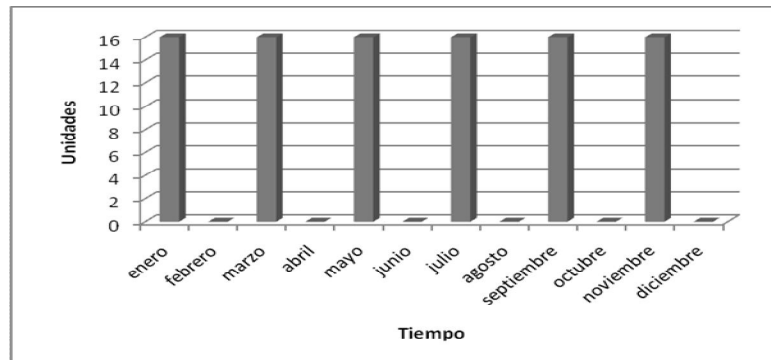
Tabla XVII. **Datos tabulados de los pedidos bimestrales de filtros para trampas de agua de ventiladores pulmonares anuales**

| Período | Año 2005 (unidades) |
|------------|------------------------|
| Enero | 16 |
| Febrero | 0 |
| Marzo | 16 |
| Abril | 0 |
| Mayo | 16 |
| Junio | 0 |
| Julio | 16 |
| Agosto | 0 |
| Septiembre | 16 |
| Octubre | 0 |
| Noviembre | 16 |
| Diciembre | 0 |

Fuente: elaboración propia.

- Análisis primario

Figura 40. **Comportamiento de compras bimestrales para repuestos de filtros de trampa de agua de ventiladores pulmonares anual**



Fuente: elaboración propia.

La figura 40 indica los repuestos utilizados en los meses de enero a diciembre del 2005, como se observa la tendencia de los datos es de forma estable pues se mantiene constante sus consumos.

- Análisis secundario

Luego de haber determinado la tendencia que tiene la gráfica en el análisis primario, se procede a realizar el análisis para decidir cuál método de la familia de demandas estables será el que da el menor error acumulado. Entre estos métodos se desglosan los siguientes:

- Último Período

A partir de los datos reales de meses anteriores se procede a realizar el cálculo del pronóstico con el método de último período, aplicado en las demandas donde los datos sean muy estables.

Se da un supuesto que la desviación estándar de los datos en el pasado es el mismo que el futuro, por lo cual lo único que procede, a hacer es copiar el dato real del último período, en este caso del mes de agosto y ése será el pronóstico del futuro septiembre, y sucesivamente con los demás meses.

Tabla XVIII. **Resultados del método último período**

| Meses | Cantidad (unidades) | | | |
|------------|------------------------|-------------------|--------------|----------------------------|
| Enero | 16 | | | |
| Febrero | 0 | | | |
| Marzo | 16 | | | |
| Abril | 0 | | | |
| Mayo | 16 | | | |
| Junio | 0 | | | |
| Julio | 16 | | | |
| Agosto | 0 | Pronóstico | Error | Error acumulado |
| Septiembre | 16 | 0 | 16 | 16 |
| Octubre | 0 | 16 | -16 | 32 |
| Noviembre | 16 | 0 | 16 | 48 |
| Diciembre | 0 | 16 | -16 | 64 |

Fuente: elaboración propia.

- Promedio aritmético

El cálculo de este método consiste en realizar un promedio del tiempo, en este caso los meses anteriores al período que se desea pronosticar de enero a agosto y el resultado sería el dato pronosticado para el mes de septiembre, y se calcula de igual forma con los meses siguientes.

Tabla XIX. **Resultados del método promedio aritmético**

| Meses | Cantidad (unidades) | | | |
|------------|------------------------|-------------------|--------------|----------------------------|
| Enero | 16 | | | |
| Febrero | 0 | | | |
| Marzo | 16 | | | |
| Abril | 0 | | | |
| Mayo | 16 | | | |
| Junio | 0 | | | |
| Julio | 16 | | | |
| Agosto | 0 | Pronóstico | Error | Error acumulado |
| Septiembre | 16 | 8 | 8 | 8 |
| Octubre | 0 | 9 | -9 | 17 |
| Noviembre | 16 | 8 | 8 | 25 |
| Diciembre | 0 | 9 | -9 | 34 |

Fuente: elaboración propia.

Pronósticos

Se realiza el pronóstico con resultados septiembre a diciembre.

$$\text{Septiembre: } (16+0+16+0+16+0+16+0) / 8 = 8$$

$$\text{Octubre: } (16+0+16+0+16+0+16+0+16) / 9 = 9$$

$$\text{Noviembre: } (16+0+16+0+16+0+16+0+16+0) / 10 = 8$$

$$\text{Diciembre: } (16+0+16+0+16+0+16+0+16+0+16) / 11 = 9$$

- Promedio móvil

Éste consiste en que, en un ciclo de cualquier cantidad de períodos, se utilizarán 4 períodos; se regresa ese mismo número de períodos en el pasado haciendo el supuesto que estos datos reales no se conocen y se procede a calcular el pronóstico, realizando un promedio de esos cuatro períodos, siendo los meses de mayo, junio, julio y agosto para pronosticar el mes de septiembre, luego se omite el último período, o sea el mes de mayo y se utilizan los datos reales de los meses de junio, julio, agosto, septiembre, para calcular el pronóstico de octubre, y así sucesivamente con los demás períodos de manera que se puede conocer el error por período y la sumatoria será el error acumulado.

Pronósticos

Se procede a realizar el pronóstico con un promedio de los resultados obtenidos de los meses de septiembre a diciembre.

$$\text{Septiembre: } (16+0+16+0) / 4 = 8$$

$$\text{Octubre: } (0+16+0+16) / 4 = 8$$

$$\text{Noviembre: } (16+0+16+0) / 4 = 8$$

$$\text{Diciembre: } (0+16+0+16) / 4 = 8$$

Tabla XX. **Resultados promedio móvil**

| Meses | Cantidad (unidades) | | | |
|------------|------------------------|-------------------|--------------|----------------------------|
| Enero | 16 | | | |
| Febrero | 0 | | | |
| Marzo | 16 | | | |
| Abril | 0 | | | |
| Mayo | 16 | | | |
| Junio | 0 | | | |
| Julio | 16 | | | |
| Agosto | 0 | Pronóstico | Error | Error acumulado |
| Septiembre | 16 | 8 | 8 | 8 |
| Octubre | 0 | 8 | -8 | 16 |
| Noviembre | 16 | 8 | 8 | 24 |
| Diciembre | 0 | 8 | -8 | 32 |

Fuente: elaboración propia.

○ Promedio móvil ponderado

Este método se trabaja de igual manera que el móvil, con la diferencia que se utiliza la ponderación, logrando que el método sea más efectivo. Esta ponderación se rige bajo algunas reglas.

- ▲ El valor máximo que puede tener el ciclo no puede ser mayor que el número de períodos utilizados, en este caso el valor máximo 4.
- ▲ El orden de las ponderaciones no puede ser menor al dato anterior, solo igual o mayor.
- ▲ No se puede usar una ponderación con valor 0.

Con las reglas descritas anteriormente, se procede a dar la ponderación y el resultado obtenido que será utilizado para el cálculo del pronóstico:

- Ponderaciones 0.25, 0.25, 0.5, 3 = 4

Tabla XXI. **Resultado de las ponderaciones**

| Período | Unidades | Ponderación | Resultado |
|------------|----------|-------------|-----------|
| Mayo | 16 | 0,25 | 4 |
| Junio | 0 | 0,25 | 0 |
| Julio | 16 | 0,5 | 8 |
| Agosto | 0 | 3 | 0 |
| Período | Unidades | Ponderación | Resultado |
| junio | 0 | 0,25 | 0 |
| Julio | 16 | 0,25 | 4 |
| Agosto | 0 | 0,5 | 0 |
| septiembre | 16 | 3 | 48 |
| Período | Unidades | Ponderación | Resultado |
| Julio | 16 | 0,25 | 4 |
| Agosto | 0 | 0,25 | 0 |
| Septiembre | 16 | 0,5 | 8 |
| Octubre | 0 | 3 | 0 |
| Período | Unidades | Ponderación | Resultado |
| Agosto | 0 | 0,25 | 0 |
| Septiembre | 16 | 0,25 | 4 |
| Octubre | 0 | 0,5 | 0 |
| Noviembre | 16 | 3 | 48 |

Fuente: elaboración propia.

Pronósticos

Se procede a realizar el pronóstico con un promedio de los resultados obtenidos de los meses de septiembre a diciembre.

Septiembre: $(4+0+8+0) / 4 = 3$

Octubre: $(0+4+0+48) / 4 = 13$

Noviembre: $(4+0+8+0) / 4 = 3$

Diciembre: $(0+4+0+48) / 4 = 13$

Tabla XXII. **Pronóstico de la primera ponderación**

| Meses | Cantidad (unidades) | | | |
|------------|------------------------|-------------------|--------------|----------------------------|
| Enero | 16 | | | |
| Febrero | 0 | | | |
| Marzo | 16 | | | |
| Abril | 0 | | | |
| Mayo | 16 | | | |
| Junio | 0 | | | |
| Julio | 16 | | | |
| Agosto | 0 | Pronóstico | Error | Error acumulado |
| Septiembre | 16 | 3 | 13 | 13 |
| Octubre | 0 | 13 | -13 | 26 |
| Noviembre | 16 | 3 | 13 | 39 |
| Diciembre | 0 | 13 | -13 | 52 |

Fuente: elaboración propia.

- Ponderaciones 0.5, 0.5, 1, 2 = 4

Tabla XXIII. **Resultado de ponderaciones**

| Período | Unidades | Ponderación | Resultado |
|------------|----------|-------------|-----------|
| Mayo | 16 | 0,5 | 8 |
| Junio | 0 | 0,5 | 0 |
| Julio | 16 | 1 | 16 |
| Agosto | 0 | 2 | 0 |
| Período | Unidades | Ponderación | Resultado |
| junio | 0 | 0,5 | 0 |
| Julio | 16 | 0,5 | 8 |
| Agosto | 0 | 1 | 0 |
| septiembre | 16 | 2 | 32 |
| Período | Unidades | Ponderación | Resultado |
| Julio | 16 | 0,5 | 8 |
| Agosto | 0 | 0,5 | 0 |
| septiembre | 16 | 1 | 16 |
| Octubre | 0 | 2 | 0 |
| Período | Unidades | Ponderación | Resultado |
| Agosto | 0 | 0,5 | 0 |
| septiembre | 16 | 0,5 | 8 |
| Octubre | 0 | 1 | 0 |
| noviembre | 16 | 2 | 32 |

Fuente: elaboración propia.

Pronósticos

Se procede a realizar el pronóstico con un promedio de los resultados obtenidos de los meses de septiembre a diciembre.

$$\text{Septiembre: } (8+0+16+0) / 4 = 6$$

$$\text{Octubre: } (0+8+0+32) / 4 = 10$$

$$\text{Noviembre: } (8+0+16+0) / 4 = 6$$

$$\text{Diciembre: } (0+8+0+32) / 4 = 10$$

Tabla XXIV. **Pronóstico de la segunda ponderación**

| Meses | Cantidad (unidades) | | | |
|--------------|--------------------------------|-------------------|--------------|----------------------------|
| Enero | 16 | | | |
| Febrero | 0 | | | |
| Marzo | 16 | | | |
| Abril | 0 | | | |
| Mayo | 16 | | | |
| Junio | 0 | | | |
| Julio | 16 | | | |
| Agosto | 0 | Pronóstico | Error | Error acumulado |
| Septiembre | 16 | 6 | 10 | 10 |
| Octubre | 0 | 10 | -10 | 20 |
| Noviembre | 16 | 6 | 10 | 30 |
| Diciembre | 0 | 10 | -10 | 40 |

Fuente: elaboración propia.

- Ponderaciones 0.5, 0.5, 1.5, 1.5

Tabla XXV. **Resultado de ponderaciones**

| Período | Unidades | Ponderación | Resultado |
|----------------|-----------------|--------------------|------------------|
| Mayo | 16 | 0,5 | 8 |
| Junio | 0 | 0,5 | 0 |
| Julio | 16 | 1,5 | 24 |
| Agosto | 0 | 1,5 | 0 |
| Período | Unidades | Ponderación | Resultado |
| junio | 0 | 0,5 | 0 |
| Julio | 16 | 0,5 | 8 |
| Agosto | 0 | 1,5 | 0 |
| septiembre | 16 | 1,5 | 24 |
| Período | Unidades | Ponderación | Resultado |
| Julio | 16 | 0,5 | 8 |
| Agosto | 0 | 0,5 | 0 |
| septiembre | 16 | 1,5 | 24 |
| Octubre | 0 | 1,5 | 0 |
| Período | Unidades | Ponderación | Resultado |
| Agosto | 0 | 0,5 | 0 |
| septiembre | 16 | 0,5 | 8 |
| Octubre | 0 | 1,5 | 0 |
| noviembre | 16 | 1,5 | 24 |

Fuente: elaboración propia.

Pronósticos

Se procede a realizar el pronóstico con un promedio de los resultados obtenidos de los meses de septiembre a diciembre.

$$\text{Septiembre: } (8+0+24+0) / 4 = 8$$

$$\text{Octubre: } (0+8+0+24) / 4 = 8$$

$$\text{Noviembre: } (8+0+24+0) / 4 = 8$$

$$\text{Diciembre: } (0+8+0+24) / 4 = 8$$

Tabla XXVI. **Pronóstico de la tercera ponderación**

| Meses | Cantidad (unidades) | | | |
|--------------|--------------------------------|-------------------|--------------|----------------------------|
| Enero | 16 | | | |
| Febrero | 0 | | | |
| Marzo | 16 | | | |
| Abril | 0 | | | |
| Mayo | 16 | | | |
| Junio | 0 | | | |
| Julio | 16 | | | |
| Agosto | 0 | Pronóstico | Error | Error acumulado |
| Septiembre | 16 | 8 | 8 | 8 |
| Octubre | 0 | 8 | -8 | 16 |
| Noviembre | 16 | 8 | 8 | 24 |
| Diciembre | 0 | 8 | -8 | 32 |

Fuente: elaboración propia.

Luego de haber trabajado con los métodos de la familia de demandas estables, se procede a realizar una comparación entre los errores acumulados obtenidos. En la tabla XXVII se muestran estos datos.

Tabla XXVII. **Resultados de errores acumulados de los métodos de la familia de curvas estable**

| Método | Error |
|-----------------------------|--------------|
| Último período | 64 |
| Período aritmético | 34 |
| Promedio móvil | 32 |
| Promedio móvil ponderado | |
| Caso 1 (0.25, 0.25, 0.5, 3) | 52 |
| Caso 2 (0.5, 0.5, 1, 2) | 40 |
| Caso 3 (0.5, 0.5, 1.5, 1.5) | 32 |

Fuente: elaboración propia.

Se puede observar que se obtuvieron 2 métodos con el mismo tipo de menor error, es lo que se está buscando, el promedio móvil y el móvil ponderado caso c con 0.5, 0.5, 1.5 y 1.5, ambos con un error acumulado de 32, en cuyo caso se utilizará el pronóstico del promedio móvil.

- Pronóstico de riesgos

Al obtener los datos de los errores acumulados se observó que en dos métodos se obtuvo un mínimo de error acumulado de 32; se utilizará el promedio móvil porque es el más cómodo de trabajar.

Se realizan las operaciones para calcular el pronóstico, tomando en cuenta todos los datos y no solamente el período de 4.

Se puede observar en la tabla XXVIII, los resultados para el 2007 de los meses de enero a diciembre.

Tabla XXVIII. **Resultados de pronóstico del método promedio móvil**

| Meses | Proyección(unidades) |
|--------------|-----------------------------|
| Enero | 16 |
| Febrero | 0 |
| Marzo | 16 |
| Abril | 0 |
| Mayo | 16 |
| Junio | 0 |
| Julio | 16 |
| Agosto | 0 |
| Septiembre | 16 |
| Octubre | 0 |
| Noviembre | 16 |
| Diciembre | 0 |

Fuente: elaboración propia.

4.2.4. Nivel mínimo y máximo de existencia

Conocido también como *stock* mínimo, es utilizado para poder tener una cantidad de repuestos en el almacén o bodega, porque, no importando el proveedor, siempre existe una variable en los tiempos de entrega, con lo cual el nivel de seguridad da esa pauta para poder solventar el problema del tiempo y así estar abastecidos.

Promedio de entrega: es el promedio entre las entregas que se hacen al año en el hospital.

Política de entrega: es la diferencia entre el tiempo de mayor entrega y el promedio calculado de entregas, para calcular este promedio se muestra en la tabla XXIX los tiempos en meses.

Para calcular el nivel mínimo de existencia se realiza en la forma siguiente:

Tabla XXIX. **Tiempo de despachos en meses**

| Entregas | Tiempo |
|----------|--------|
| 1 | 1.4 |
| 2 | 0.4 |

Fuente: elaboración propia.

$$\text{Promedio política de entrega} = (t_1 + t_2 + t_n) / n \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$\text{Promedio política de entrega} = (1.4+0.4) / 2$$

Promedio política de entrega = 0.9 meses

Política de entrega = tiempo mayor de entrega – Promedio de entrega (Ecuación 2)

Política de entrega = 1.4 – 0.9 meses

Política de entrega = 0.5 meses

Ciclo = 2 meses

Stock mínimo = (planificado / ciclo) * política de entrega (Ecuación 3)

Stock mínimo = (16 unidades / 2 meses) * 0.5 meses

Stock mínimo = 4 unidades

El nivel máximo de existencia sirve para indicar la cantidad de repuestos que hay en el almacén de suministros.

Para calcular el nivel máximo de existencia se realiza de la siguiente manera:

Nivel máximo de existencia = (planificado / ciclo) * política (Ecuación 4)

Política: tiempo en que el almacén está en capacidad de almacenar un repuesto, según sus condiciones de espacio o de vida útil.

La política que se utilizará para el cálculo fue obtenida con ayuda del personal de los talleres del área de mantenimiento. Estos repuestos están disponibles en bodega, hasta que se haga la nueva solicitud de compra después de 2 meses (2 meses + 2 meses de seguridad).

Política = 4 meses

Nivel máximo = (16 unidades / 2 meses) X 4 meses

Nivel máximo = 32 unidades

4.2.5. Nivel teórico de consumo

El nivel teórico de consumo es el tiempo en el cual se estarán consumiendo o agotando los repuestos, de tal manera que se puede saber en cualquier momento, cómo se está comportando este nivel.

Para calcular el nivel teórico de consumo se realiza de la siguiente manera:

Nivel teórico de consumo = (existencia / planificado) * ciclo (Ecuación 5)

Nivel teórico de consumo = (5 unidades / 16 unidades) * 2 meses

Nivel teórico de consumo = 0.625 mes equivale a 18.75 días

4.2.6. Nivel de reorden

Es un indicador para cuando se hace necesario realizar un nuevo pedido, quiere decir, que cuando se llega al nivel mínimo de existencia en el almacén,

este pedido debe estar ingresando físicamente al almacén para abastecerse, es de suma importancia realizar bien los cálculos para que no existan ningún desabastecimiento en la bodega.

El nivel de reorden se calcula de la siguiente manera:

Nivel de reorden = (planificado/ciclo) x promedio política de entrega
(Ecuación. 6)

En este cálculo la política utilizada en la fórmula es igual al promedio de entrega, calculado con las observaciones hechas de los tiempos de entrega del proveedor.

Nivel de reorden = (16 unidades /2 meses) X 0.9 meses

Nivel de reorden = 7.2 unidades

4.2.7. Pedido óptimo

El pedido óptimo es la cantidad exacta que debe hacerse, cuando la existencia real en el almacén de suministros sobrepase la línea del nivel de reorden.

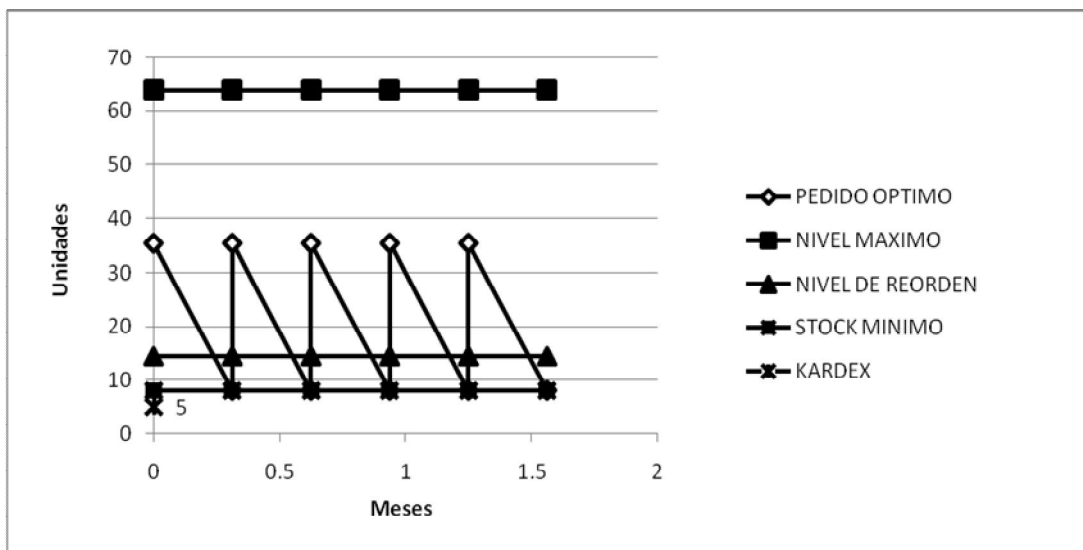
El pedido óptimo se calcula de la siguiente manera:

Pedido óptimo = 2(nivel mínimo de existencia)+nivel de reorden + kárdex

Pedido óptimo = (2 * 4) + 7.2 + 5 = 20.2 unidades

La representación gráfica del nivel de inventario en el tiempo, para este modelo, debe elaborarse una gráfica, una visualización de los datos encontrados, la cual se muestra en la figura 41.

Figura 41. Diagrama de manejo de inventario



Fuente: elaboración propia.

En la tabla XXX se muestra el cuadro resumen del ejemplo anterior.

Tabla XXX. **Cuadro resumen de máximos y mínimos para filtros de trampa de agua de ventiladores pulmonares**

| No. | Parámetro de control | Cantidad | Unidad de medida |
|-----|----------------------------|----------|------------------|
| 1 | Nivel mínimo de existencia | 4 | Unidades |
| 2 | Nivel máximo de existencia | 32 | Unidades |
| 3 | Nivel de reorden | 7 | Unidades |
| 4 | Pedido óptimo | 20 | Unidades |
| 5 | Nivel teórico de consumo | 18 | Días |

Fuente: elaboración propia.

La existencia del kardex es de 5 unidades de filtros de trampa de agua para ventiladores pulmonares, estos se agotarían en 18 días (0.625 mes), pero cuando las existencias se encuentren en un valor de 7 unidades debe realizarse un nuevo pedido de 20, que ingresarían al almacén justamente cuando la existencia sea de 4 unidades, que es la existencia mínima permitida; generando con esto un nuevo valor de existencia que sería de 24, que es el valor de la existencia mínima sumando el pedido óptimo, esta nueva existencia se consumirían en 3.025 meses, pero nuevamente al reportar existencia de 7 unidades, se realiza un nuevo pedido y de aquí en adelante el ciclo de consumos y pedidos se vuelve constante.

Tabla XXXI. **Resumen de resultados para control de inventarios de repuestos y suministros del equipo médico**

| EQUIPO | REPUESTOS | PRONÓSTICO | EXISTENCIA | N. MIN. DE EXISTENCIA (unidades) | N. MAX. DE EXISTENCIA (unidades) | NIVEL DE REORDEN (unidades) | PEDIDO ÓPTIMO | N. TEÓRICO DE CONSUMO (meses) |
|--------------------------------|---|------------|------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|---------------|-------------------------------|
| Repuesto para esfignomanometro | Manometro | 20 | 4 | 5 | 40 | 9 | 23 | 0.4 |
| Repuesto para esfignomanometro | Perilla con válvula | 20 | 4 | 5 | 40 | 9 | 23 | 0.4 |
| Repuesto para esfignomanometro | Brazalete neonatal tela | 20 | 4 | 5 | 40 | 9 | 23 | 0.4 |
| Repuesto para esfignomanometro | Membrana de hule neonatal | 20 | 4 | 5 | 40 | 9 | 23 | 0.4 |
| Estetoscopio | Tubo "Y" | 8 | 2 | 2 | 16 | 4 | 10 | 0.5 |
| Estetoscopio | Campana doble | 2 | 1 | 1 | 4 | 1 | 2 | 1 |
| Ventilador pulmonar | Válvula duck bill azul | 64 | 8 | 16 | 128 | 29 | 69 | 0.25 |
| Ventilador pulmonar | Válvula duck bill blanca | 64 | 8 | 16 | 128 | 29 | 69 | 0.25 |
| Ventilador pulmonar | Filtros para mezclar | 32 | 5 | 8 | 64 | 14 | 35 | 0.3125 |
| Ventilador pulmonar | Filtros trampa de agua | 32 | 5 | 8 | 64 | 14 | 35 | 0.3125 |
| Ventilador pulmonar | Empaque de manifold | 32 | 5 | 8 | 64 | 14 | 35 | 0.3125 |
| Ventilador pulmonar | Baterías recargables 9 V | 20 | 3 | 5 | 40 | 9 | 22 | 0.3 |
| Ventilador pulmonar | Filtro de entrada de aire | 40 | 4 | 10 | 80 | 18 | 42 | 0.2 |
| Ventilador pulmonar | Válvula de exhalación completa | 20 | 4 | 5 | 40 | 9 | 23 | 0.4 |
| Ventilador pulmonar | Filtro trompo | 60 | 5 | 15 | 120 | 27 | 62 | 0.16667 |
| Ventilador pulmonar | Mezclador de oxigeno (blender) | 28 | 2 | 7 | 56 | 13 | 29 | 0.142857 |
| Ventilador pulmonar | Filtros de entrada | 40 | 5 | 10 | 80 | 18 | 43 | 0.25 |
| Ventilador pulmonar | Filtros de salida | 40 | 5 | 10 | 80 | 18 | 43 | 0.25 |
| Ventilador pulmonar | Batería de interna | 24 | 3 | 6 | 48 | 11 | 26 | 0.25 |
| Ventilador pulmonar | Compresor de aire médico | 8 | 1 | 2 | 16 | 4 | 9 | 0.25 |
| Ventilador pulmonar | Filtros de entrada | 64 | 10 | 16 | 128 | 29 | 70 | 0.3125 |
| Ventilador pulmonar | Filtros de salida | 64 | 10 | 16 | 128 | 29 | 70 | 0.3125 |
| Ventilador pulmonar | Batería de respaldo | 20 | 1 | 5 | 40 | 9 | 20 | 0.1 |
| Lampara de operación | Bombillas henalux 24 V, 50 W | 138 | 15 | 34 | 272 | 61 | 144 | 0.220588 |
| Lampara de operación | Bombillas henalux 24 V, 40 W | 16 | 2 | 4 | 32 | 7 | 17 | 0.25 |
| Lampara de operación | Bombillas henalux 24 V, 25 W | 16 | 2 | 4 | 32 | 7 | 17 | 0.25 |
| Laringoscopio | Bombillas hoja adulto | 32 | 5 | 8 | 64 | 14 | 35 | 0.3125 |
| Laringoscopio | Bombillas hoja pediátrica | 32 | 5 | 8 | 64 | 14 | 35 | 0.3125 |
| Modulo térmico | Baterías recargables | 64 | 2 | 16 | 128 | 29 | 62 | 0.0625 |
| Modulo térmico | Baterías recargables | 32 | 2 | 8 | 64 | 14 | 32 | 0.125 |
| Maquina de anestesia | Válvula de exceso de gases | 24 | 3 | 6 | 48 | 11 | 26 | 0.25 |
| Maquina de anestesia | Válvula de inhalación | 24 | 3 | 6 | 48 | 11 | 26 | 0.25 |
| Maquina de anestesia | Válvula de exhalación | 24 | 3 | 6 | 48 | 11 | 26 | 0.25 |
| Maquina de anestesia | Empaque de canister | 24 | 3 | 6 | 48 | 11 | 26 | 0.25 |
| Maquina de anestesia | Recipiente para cal sodada con empaque | 24 | 3 | 6 | 48 | 11 | 26 | 0.25 |
| Maquina de anestesia | Manovacumetro para circuito de canister | 24 | 3 | 6 | 48 | 11 | 26 | 0.25 |
| Maquina de anestesia | Control de flujo inspiratorio | 24 | 3 | 6 | 48 | 11 | 26 | 0.25 |
| Maquina de anestesia | Spray de acero inoxidable | 40 | 4 | 10 | 80 | 18 | 42 | 0.2 |
| Lavabacines | Tarjeta electronica | 8 | 1 | 2 | 16 | 4 | 9 | 0.25 |
| Lavabacines | Electrovalvula 220 V | 8 | 1 | 2 | 16 | 4 | 9 | 0.25 |
| Lavabacines | Llaves nibco de 1/2", bola 125 psi | 12 | 1 | 3 | 24 | 5 | 12 | 0.16667 |
| Lavabacines | Guarda nivel | 6 | 2 | 2 | 12 | 3 | 7 | 0.33333 |
| Lavabacines | Bomba de agua | 6 | 2 | 2 | 12 | 3 | 7 | 0.33333 |
| Lavabacines | Sensor de puerta | 6 | 2 | 2 | 12 | 3 | 7 | 0.33333 |
| Lavabacines | Switch on-off | 6 | 2 | 2 | 12 | 3 | 7 | 0.33333 |
| Lavabacines | Dispensador de agua de la cámara | 6 | 2 | 2 | 12 | 3 | 7 | 0.33333 |
| Insumos | Limpiador de superficies en espuma | 12 | 1 | 3 | 24 | 5 | 12 | 0.16666 |
| Insumos | Afiojalotodo | 10 | 3 | 3 | 20 | 5 | 13 | 0.6 |
| Insumos | Limpia contactos | 8 | 1 | 2 | 16 | 4 | 9 | 0.25 |
| Insumos | Wipe | 34 | 10 | 9 | 68 | 15 | 42 | 0.588235 |
| Monitor HP | Lampara de pantalla | 18 | 2 | 3 | 24 | 5 | 13 | 0.33333 |
| Monitor HP | Cable de presión | 18 | 2 | 3 | 24 | 5 | 13 | 0.33333 |
| Monitor HP | Cable EKG | 18 | 2 | 3 | 24 | 5 | 13 | 0.33333 |
| Monitor HP | Sensor SPO2 | 18 | 2 | 3 | 24 | 5 | 13 | 0.33333 |
| Incubadora | Batería recargable | 16 | 2 | 4 | 32 | 7 | 17 | 0.25 |

Fuente: elaboración propia.

4.3. Equipo de cómputo

El equipo de cómputo necesario para trabajar las hojas de cálculos, elaborado en excel se detalla a continuación

- Requerimientos del sistema:
 - Celeron 400 Mhz. o superior
 - 64 RAM o mas
 - 100 MB de espacio en el disco duro
 - Monitor Súper VGA con una resolución de 1024x768
 - Lector de CD-ROM, entrada para usb o disketera
 - Windows 98 o superior
 - Mínimo Office 95

4.3.1. Programa a utilizar

Para optimizar los recursos del hospital se elaboraron hojas en excel para los cálculos de manejos de materiales, pedido óptimo, *stock* mínimo, nivel de reorden, nivel teórico de consumo y nivel máximo de existencia. Se muestra el resumen en la tabla XXXI con una explicación de los datos obtenidos, y una gráfica de menú con los cálculos que realiza la tabla en excel figura 42.

Figura 42. **Menú del programa para cálculos de máximos y mínimos**



Fuente: elaboración propia.

4.4. Seguridad en el almacén

Como complemento para seguridad personal de las personas que trabaja en el área del almacén (bodega), específicamente, se trabajó para controlar aquellos factores del ambiente, físicos o químicos, intencionales de manejo de agentes nocivos y situaciones inseguras que provienen del trabajo y que pueden causar enfermedades o deteriorar la salud, con la finalidad de promover y mantener el más alto grado de bienestar físico, mental y social de los trabajadores que laboran en esta área.

Las áreas detectadas que presentan problemas son las detectores de humo y extintores, carteles de señalización, y el equipo de protección.

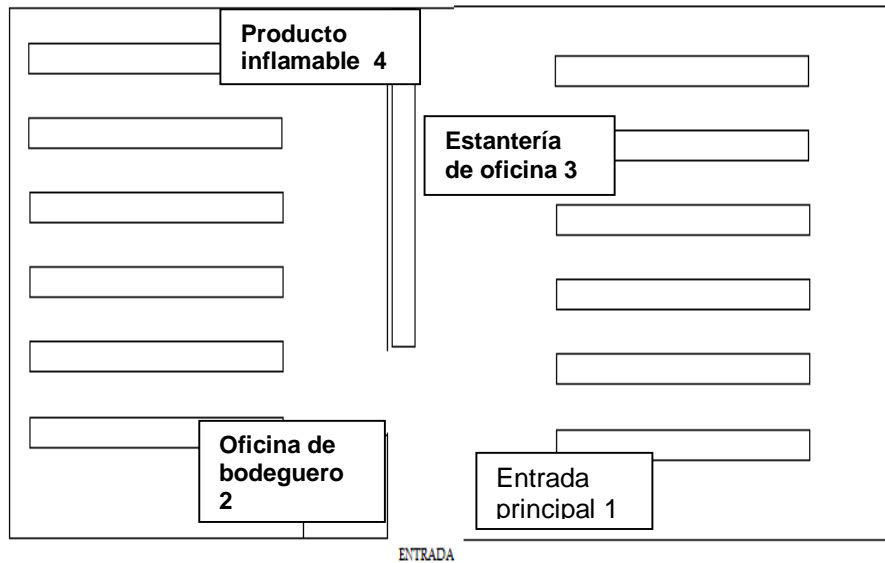
4.4.1. Extintores

- Tipos de Fuego
 - Sólidos: se denominan fuegos de clase A los que se producen en combustibles sólidos que producen brasas, por ejemplo: papel, cartón, madera, plásticos, entre otros.
 - Líquidos inflamables: corresponden los fuegos de clase B éstos se producen en combustibles líquidos, por ejemplo: aceites vegetales, derivados del petróleo, entre otros.
 - Gases: son fuegos de clase C los que se producen en gases, por ejemplo: butano, acetileno, metano, propano, entre otros.
 - Metales combustibles: son fuegos de clase D que se producen en metales y aleaciones, por ejemplo: magnesio, potasio, sodio, entre otros.

Por la variedad de materiales que se manejan en el Hospital General San Juan de Dios, se requiere dentro del almacén extinguidores de tipo ABC.

Los tamaños recomendados para ser utilizados son de 20 lb. , debido al espacio grande que se maneja dentro del almacén, siendo necesarios 4 extinguidores distribuidos como se indica en la figura 43.

Figura 43. **Plano ubicación de extintores en el almacén**



Fuente: elaboración propia.

4.4.2. Señalización

La señalización de seguridad tiene como misión llamar la atención sobre los objetos o situaciones que pueden provocar peligros así como para indicar el emplazamiento de dispositivos y equipos que tengan importancia desde el punto de vista de seguridad en los centros locales de trabajo.

Para la señalización los carteles del almacén se proponen de que sean de 20 cms. alto x 40 cms. de largo y 1 cm. de ancho quedando de la siguiente manera:

- Cuatro carteles para identificar la ubicación de los extintores figura 44.

Figura 44. **Cartel de señalización de extintor**



Fuente: elaboración propia.

- Dos carteles para señalar las salidas figura 45.

Figura 45. **Cartel de señalización de salidas**



Fuente: elaboración propia.

- Dos carteles para identificar producto tóxico, inflamable figura 46.

Figura 46. **Cartel para producto tóxico y producto inflamable**



Fuente: elaboración propia.

- Un cartel para identificar riesgos eléctricos figura 47.

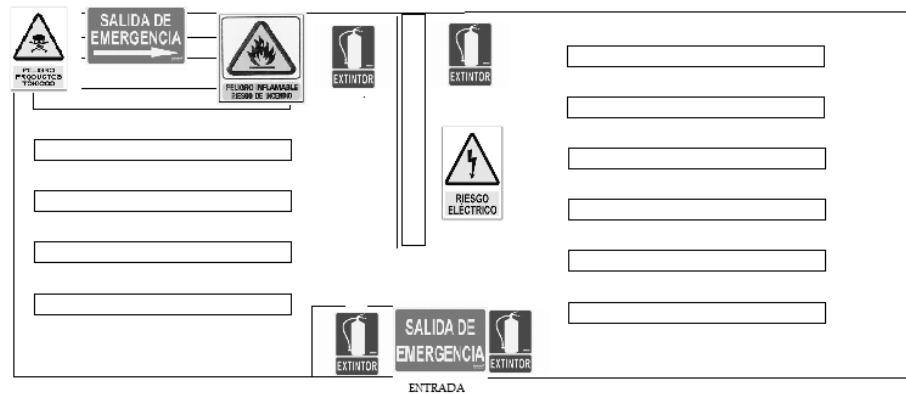
Figura 47. **Cartel para riesgos eléctrico**



Fuente: elaboración propia.

A continuación en la figura 48 se muestra un plano donde serán ubicados los carteles

Figura 48. **Plano ubicación de carteles**



Fuente: Elaboración personal.

4.4.3. **Equipo de protección**

El equipo de protección personal es toda aquella prenda de protección que el trabajador debe utilizar durante el desarrollo de sus actividades diarias dentro de la empresa para el resguardo de su integridad física.

Cualquier equipo de protección deberá cumplir, por lo menos con las siguientes condiciones:

- Ser homologado
- Fácil de manejar, cómodo
- Que no interfiera con el trabajo
- Sencillo para darle mantenimiento

Dentro de la bodega o almacén se encuentran laborando 3 personas. En la actualidad no se poseen ningún equipo de protección, por lo cual se hace necesario la compra del mismo, para ser utilizado dentro de la bodega y resguardar la seguridad de los trabajadores. El equipo mínimo de seguridad, debe contener:

- Tres pares de botas marca Rhino con punta de acero
- Tres cascos
- Tres pares de guantes de cuero

4.5. Costos de implementación

Como parte de los costos que se deberán de incurrir directamente será la compra de los siguientes equipos:

Tabla XXXII. **Cuadro resumen de costos en compra de equipo de seguridad**

| Equipo | Cantidad | Costo unitario | Costo total |
|----------------------|-----------------|-----------------------|--------------------|
| Extintores de 20 lb. | 4 | Q. 700,00 | Q. 3 200,00 |
| Letreros de avisos | 9 | Q. 25,00 | Q. 225,00 |
| Par de botas | 3 | Q. 250,00 | Q. 750,00 |
| Par de guantes | 3 | Q. 40,00 | Q. 120,00 |
| Casco protector | 3 | Q. 70,00 | Q. 210,00 |
| | | TOTAL | Q. 4 505,00 |

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. El principal problema que se pudo identificar en la red de distribución de agua fría, fueron los constantes cortes de agua reportados por el personal médico, que en ocasiones ya no garantizaba su buen funcionamiento, por ello, con la compra de las nuevas válvulas se garantiza un mejor servicio prestado a la población que asiste al hospital, asimismo, se comprobó, mediante fórmulas, que el sistema de bombeo, diámetro de la tubería y depósitos de agua, son funcionales para el edificio.
2. Un descontrol de una bodega desabastecida o con exceso de productos es perjudicial para cualquier empresa o institución, por ello con el nuevo diseño de control de máximos y mínimos en el manejo de materiales, ayudó a mejorar la manera en que se realizan los pedidos de repuestos y suministros.
3. Realización de cuadros en Excel para hacer los cálculos en forma eficiente sobre los datos de máximos y mínimos de los pedidos de los repuestos y suministros que se necesite para el equipo médico más importante.
4. A través de la elaboración del manual de mantenimiento de la red de distribución de agua fría, podrá dársele soporte al proceso del mantenimiento preventivo.

5. Es importante el uso de normas de seguridad y la compra de su respectivo equipo, para el área del almacén general, el cual no cuenta con ningún tipo de rotulación, extintores, ni equipo de protección para el personal que labora dentro del área, como botas, guantes o casco.

6. Como complemento del rediseño de la red de distribución de agua fría se actualizaron los planos de la red de distribución de agua fría con la simbología de las válvulas.

RECOMENDACIONES

1. Debido a la falta del recurso monetario que afronta la institución, se vio limitada la compra de todo el equipo requerido, por lo cual es conveniente darle seguimiento al proyecto, ya que esta institución necesita de profesionales para que preste un servicio de calidad a la población guatemalteca.
2. Con el manual de mantenimiento para las válvulas, tanto de compuerta como de globo, es de suma importancia que el personal de plomería en general, lo utilice para poder garantizar un mayor tiempo de vida útil de las válvulas.
3. Al la Gerencia del Departamento de Mantenimiento, que la contratación del personal sea calificado para las distintas áreas de trabajo debido a que el personal actual no se da abasto con las funciones que desempeña y en algunos casos, no está calificado para realizar su trabajo.
4. El diseño del programa utilizado para el control de máximos y mínimos se puede utilizar para cualquier tipo de material, siendo de gran utilidad para el personal del área de bodega y suministros.
5. Utilizar los planos actualizados con la nueva simbología de la red de distribución de agua fría, para poder ubicar las válvulas, si se desea hacer alguna modificación o reparación.

6. Verificar que la misión, visión y valor que sean los adecuados a la realidad y que sus objetivos estén enfocados en los miembros del hospital, para generar un compromiso compartido dentro de la cultura del Hospital General San Juan de Dios.

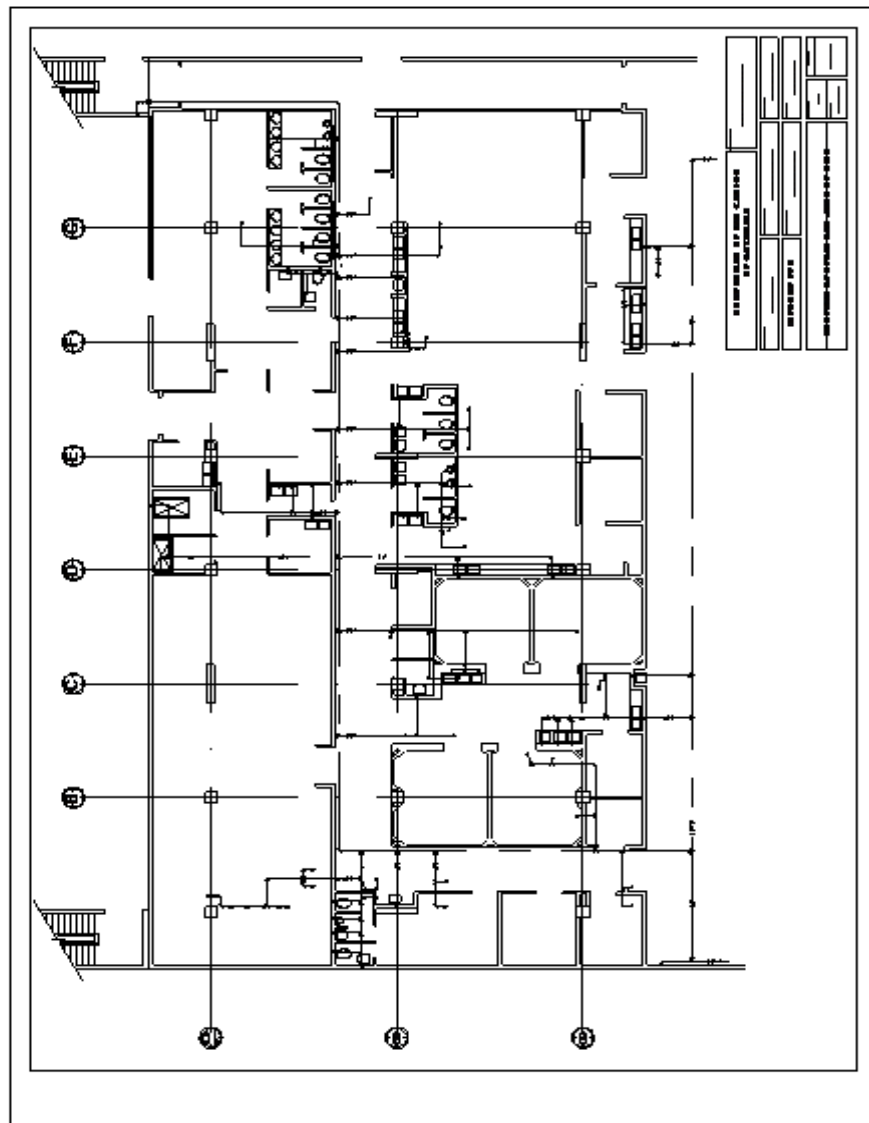
BIBLIOGRAFÍA

1. *Accesorios de tuberías*. [en línea]: www.arqhys.com/tuberias. [Consulta: 20 de enero de 2007].
2. CORCHO, Freddy; ROMERO, José Ignacio; DUQUE, Serna. *Acueductos teoría y diseño*. 2a ed. Colombia: Universidad de Medellín, 1997. 639 p.
3. CUYÁN 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. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería 2006. 149 p.
4. DESSLER, Gary. *Administración de personal*. 4a ed. México: Prentice-Hall Hispanoamérica, 1996. 424 p.
5. HILLIER, Frederick; LIBERMAN, Gerald. *Investigación de operación*. México: McGraw-Hill, 2002. 1193 p.
6. MAYNARD. *Manual del ingeniero industrial*. 2a ed. México: McGraw-Hill, 1996. 222 p.
7. MOTT, Robert L. *Mecánica de los fluidos*. 6a ed. México: Pearson Prentice-Hall, 2006. 623 p.

8. NARASIMHAN, Seetharama; MC IEAVERY, W Billington. *Planeación de producción y control de inventarios*, México: Prentice-Hall, 1996. 716 p.
9. TORRES, Sergio. *Control de la producción*. Guatemala: Palacios, 1998. 82 p.

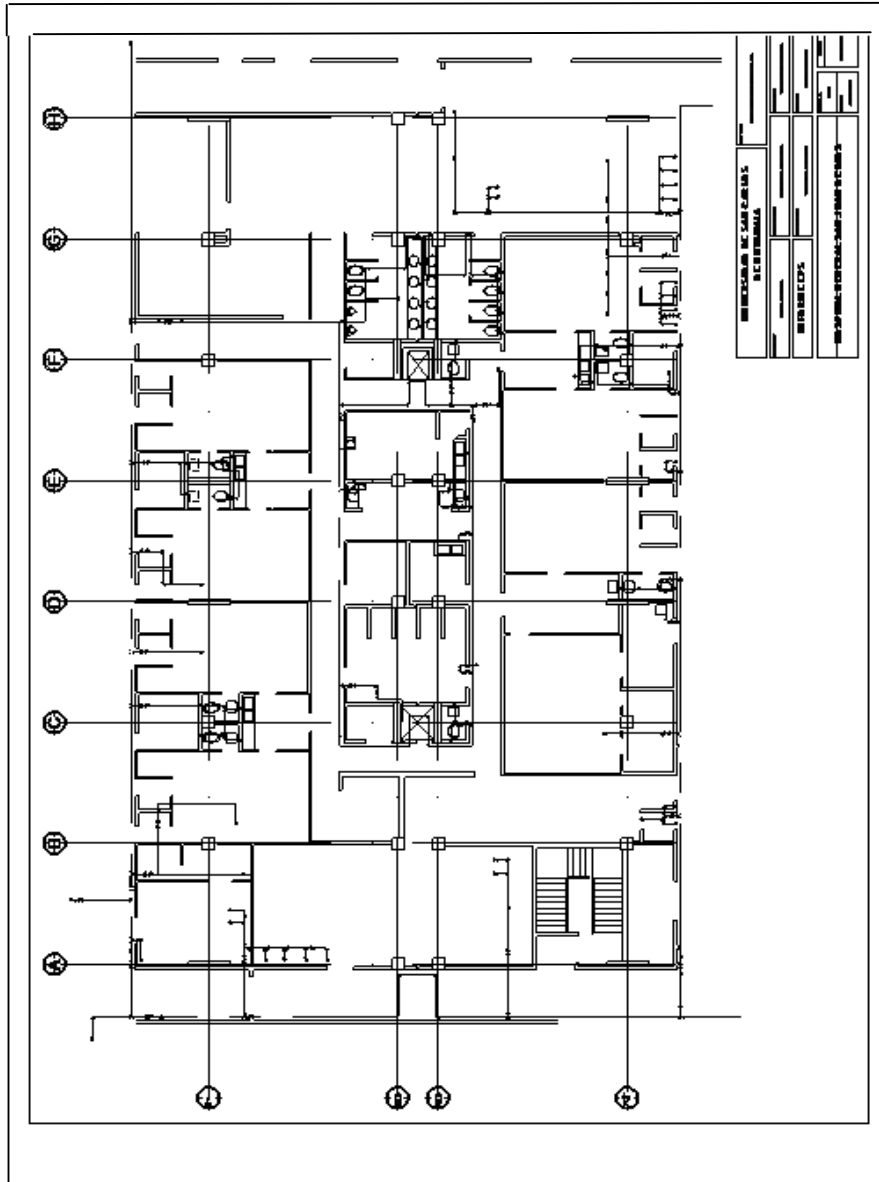
APÉNDICES

Apéndice 1. Plano edificio servicios médicos nivel 1-A



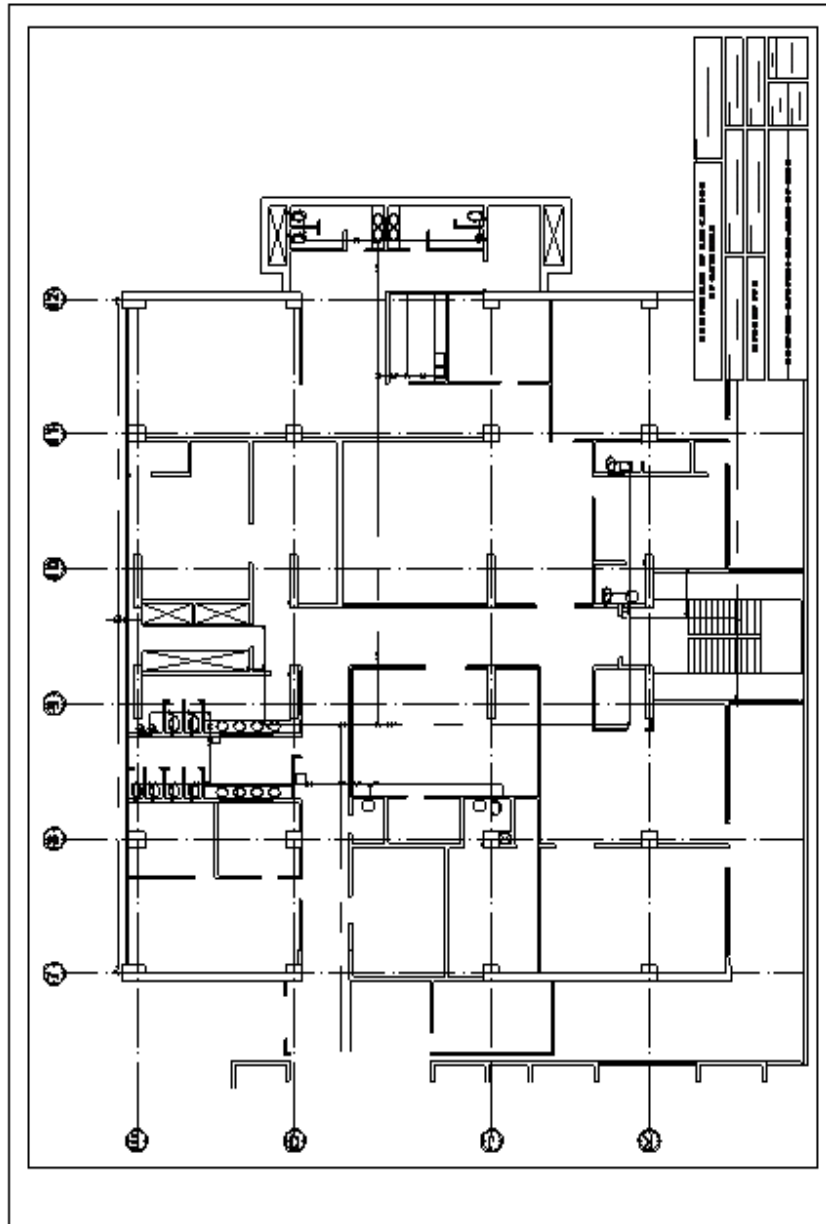
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Plano edificio servicios médicos nivel 1-B**



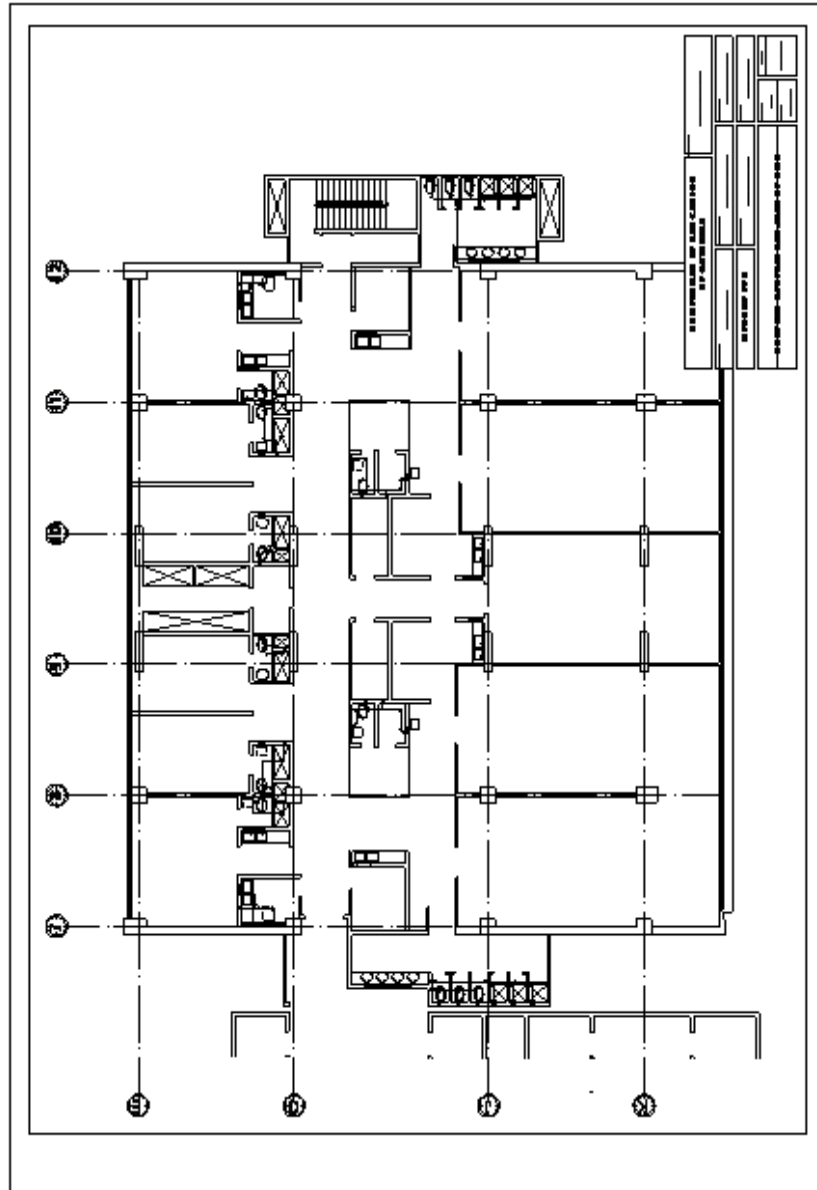
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Plano de Torre Norte nivel sótano**



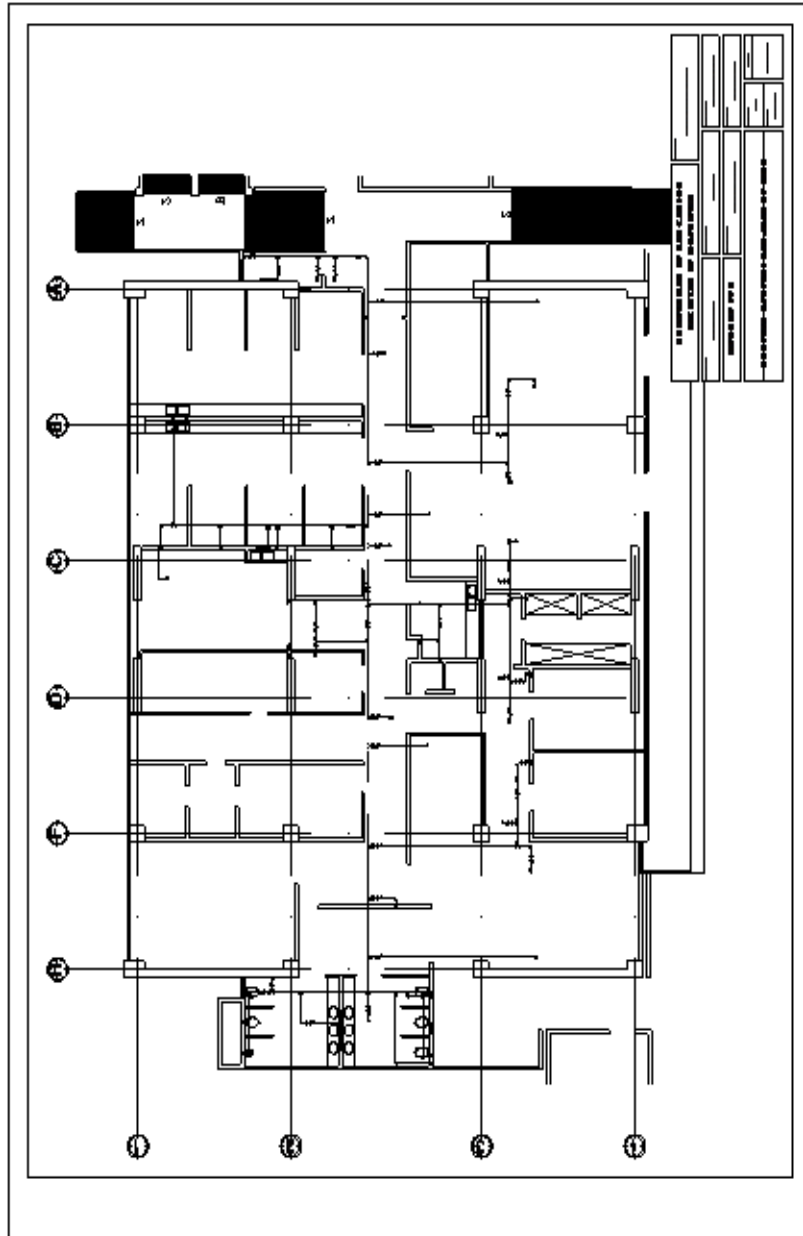
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. Plano de Torre Norte niveles del 3 al 7



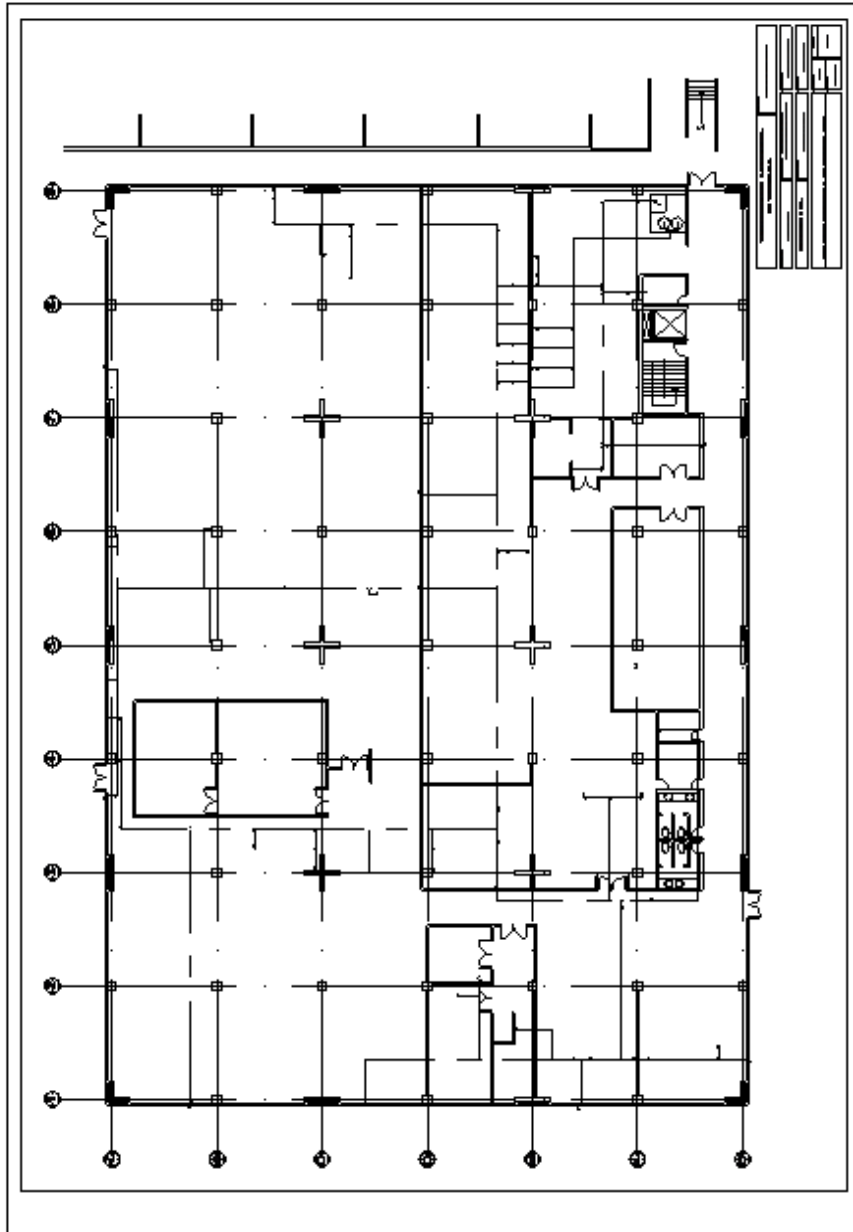
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 7. **Plano de Torre Sur nivel ingreso**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 8. **Plano edificio servicios de apoyo**



Fuente: elaboración propia.

