



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

**DISEÑO TÉCNICO DEL SISTEMA DE CALENTADORES DE AGUA PARA EL  
ÁREA DE MATERNIDAD DEL HOSPITAL NACIONAL DE CHIMALTENANGO**

**Josman Giovanni Carreto Nájera**

Asesorado por el Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda

Guatemala, abril de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO TÉCNICO DEL SISTEMA DE CALENTADORES DE AGUA PARA EL  
ÁREA DE MATERNIDAD DEL HOSPITAL NACIONAL DE CHIMALTENANGO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**JOSMAN GIOVANNI CARRETO NÁJERA**

ASESORADO POR EL ING. EDWIN ESTUARDO SARCEÑO ZEPEDA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, ABRIL DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
EXAMINADOR	Ing. Milton Alexander Fuentes Orozco
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:

**DISEÑO TÉCNICO DEL SISTEMA DE CALENTADORES DE AGUA PARA EL  
ÁREA DE MATERNIDAD DEL HOSPITAL NACIONAL DE CHIMALTENANGO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 23 de febrero de 2015.



**Josman Giovanni Carreto Najera**



Guatemala, 22 de octubre de 2015  
Ref.EPS.DOC.715.10.15.

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
Director Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Rodríguez Serrano.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Josman Giovanni Carreto Nájera** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. 200313309, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **DISEÑO TÉCNICO DEL SISTEMA DE CALENTADORES DE AGUA PARA EL ÁREA DE MATERNIDAD DEL HOSPITAL NACIONAL DE CHIMALTENANGO..**

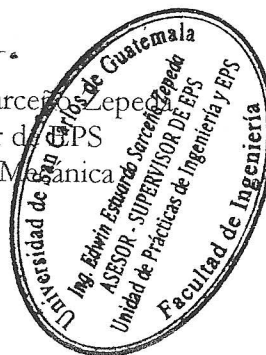
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Edwin Estuardo Sarceño Lepe  
Asesor-Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Mecánica



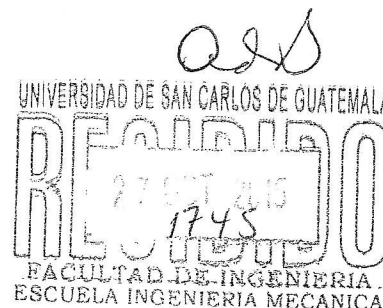
c.c. Archivo  
EESZ/ra



FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 22 de octubre de 2015  
REF.EPS.D.554.10.15

Ing. Roberto Guzmán  
Director Escuela de Ingeniería Mecánica  
Facultad de Ingeniería  
Presente



Estimado Ingeniero Guzmán:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado: **DISEÑO TÉCNICO DEL SISTEMA DE CALENTADORES DE AGUA PARA EL ÁREA DE MATERNIDAD DEL HOSPITAL NACIONAL DE CHIMALTENANGO.**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Josman Giovanni Carreto Nájera** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Edwin Estuardo Sarceño Zepeda.

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 Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
Director Unidad de EPS



SJRS/ra



**USAC**

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.059.2016

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor-Supervisor y del Director de la Unidad de EPS, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO TÉCNICO DEL SISTEMA DE CALENTADORES DE AGUA PARA EL ÁREA DE MATERNIDAD DEL HOSPITAL NACIONAL DE CHIMALTENANGO** del Estudiante **Josman Giovanni Carreto Nájera**, carné No. **2003-13309**, procede a la autorización del mismo para su revisión.

**"Id y Enseñad a Todos"**

  
Ing. Roberto Guzmán Ortiz  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, enero de 2016

/aej



**USAC**

TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

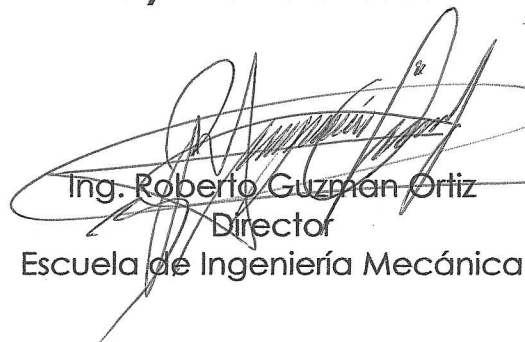
Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.134.2016

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor-Supervisor y del Director de la Unidad de EPS, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO TÉCNICO DEL SISTEMA DE CALENTADORES DE AGUA PARA EL ÁREA DE MATERNIDAD DEL HOSPITAL NACIONAL DE CHIMALTENANGO**, del estudiante **Josman Giovanni Carreto Nájera**, carné No. **2003-13309** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

**"Id y Enseñad a Todos"**

  
Ing. Roberto Guzman Ortiz  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala abril de 2016

/aej





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, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO TÉCNICO DEL SISTEMA DE CALENTADORES DE AGUA PARA EL AREA DE MATERNIDAD DEL HOSPITAL NACIONAL DE CHIMALTENANGO**, Presentado por el estudiante universitario: **Josman Giovanni Carreto Nájera**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

19/07/16  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano



Guatemala, abril de 2016

## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Dios**

Por bendecir e iluminar mi vida, permitiéndome cumplir este sueño, colmándome de sabiduría y amor en los momentos difíciles.

### **Mis padres**

Luis Arturo Carreto Solórzano y Loida Marina Nájera de Carreto, por todo su amor, esfuerzo y buen ejemplo que me ha llevado a ser la persona que ahora soy, sin ustedes no sería posible este logro.

### **Mis hermanos**

Rosa Marleny, Luis Fernando, María Mercedes, Jhon Jairo, Pablo David, Kisley Debora Noemí Carreto Najera, por su apoyo incondicional en todo momento y por la paciencia que me brindaron en el transcurso de mi carrera, los quiero mucho.

### **Mi abuela**

Rosalina Nájera, por su gran amor, paciencia y todos aquellos consejos que me brindó en cada momento de mi vida.

### **Mi novia**

Catherine Carolina Palencia Colindres, por estar siempre a mi lado en los momentos difíciles de mi carrera y por animarme a seguir adelante.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por haberme dado la oportunidad de realizarme como profesional.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por darme las herramientas del saber y por ser parte fundamental de mi aprendizaje
<b>Mis amigos de la Facultad</b>	Carlos Valentín, Adolfo Díaz, Otto Castillo, David Oseida, Francisco Cuyán, José Cabrera, Carlos Aroche, Luis Tello, Sergio López, Alejandro Cano, Stephania Barquín y otros amigos que de una u otra manera fueron parte de este logro. Gracias por todos los momentos y sufrimientos que compartimos juntos y que nos ayudaron a ser mejores personas
<b>Ing. Julio César Campos Paiz</b>	Por su ayuda desinteresada en el transcurso de mi carrera, por sus consejos y su apoyo constante.
<b>Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda</b>	Por su ayuda desinteresada en el proceso de mi trabajo de graduación y por todo el apoyo brindado.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN .....	XV
1. FASE DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1. Descripción de la institución .....	1
1.1.1. Ubicación .....	1
1.1.2. Historia .....	2
1.1.3. Misión .....	4
1.1.4. Visión.....	5
1.1.5. Valores .....	5
1.1.6. Organigrama.....	6
1.2. Tipos de mantenimiento .....	7
1.2.1. Mantenimiento preventivo.....	7
1.2.2. Mantenimiento correctivo.....	9
1.2.3. Mantenimiento predictivo .....	9
1.3. Administración de mantenimiento de hospitales.....	10
1.3.1. Ingeniería del mantenimiento hospitalario .....	10
1.4. Diagnóstico actual de las duchas del área de maternidad.....	12
1.4.1. Plano de ubicación del área encamamiento .....	12
1.4.2. Descripción general de las duchas eléctricas.....	14
1.4.3. Funcionamiento y uso de duchas .....	15

1.4.4.	Consumo energético .....	16
1.4.5.	Revisión de las tuberías de agua .....	17
1.4.6.	Revisión del sistema eléctrico .....	18
1.4.7.	Sistema de calentadores de agua actuales.....	19
1.4.7.1.	Partes de una ducha eléctrica .....	19
1.4.7.2.	Características técnicas .....	21
1.5.	Análisis de fallas .....	22
1.5.1.	Tipo de fallas frecuentes .....	22
1.5.2.	Disponibilidad de repuestos .....	23
1.6.	Método actual de mantenimiento .....	25
1.6.1.	Mantenimiento a duchas eléctricas .....	25
1.6.2.	Falta de plan de mantenimiento preventivo.....	25
1.6.3.	Costo del mantenimiento correctivo .....	27
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL.....	29
2.1.	Diseño técnico del sistema de calentadores de agua tipo solar .....	29
2.1.1.	Condiciones mínimas de funcionamiento.....	29
2.1.2.	Tipos de calentadores solares de agua.....	31
2.1.3.	Ventajas y desventajas.....	35
2.1.4.	Selección del calentador solar de agua.....	36
2.1.4.1.	Partes de un calentador solar de agua .....	36
2.1.4.2.	Especificaciones técnicas.....	38
2.1.4.3.	Diseño de tubería de agua caliente .....	40
2.1.5.	Cálculo de materiales.....	43
2.1.5.1.	Listado de materiales .....	43
2.1.6.	Costo de propuesta del sistema de calentadores solares.....	44

2.2.	Diseño técnico del sistema de calentadores de agua a gas ....	46
2.2.1.	Condiciones mínimas de funcionamiento .....	46
2.2.2.	Ventajas y desventajas .....	47
2.2.3.	Selección del calentador de agua a gas .....	48
2.2.3.1.	Partes de un calentador de agua a gas .....	48
2.2.3.2.	Especificaciones técnicas del calentador de agua a gas .....	53
2.2.3.3.	Diseño de tubería de agua caliente ....	55
2.2.3.4.	Diseño de tubería de agua fría .....	55
2.2.4.	Cálculo de materiales .....	57
2.2.4.1.	Listado de materiales.....	57
2.2.4.2.	Solicitud de pedido .....	58
2.2.5.	Costo de propuesta de calentadores de agua a gas.....	59
2.3.	Recomendaciones para instalación de calentadores de agua a gas.....	61
3.	FASE DE DOCENCIA .....	63
3.1.	Plan de mantenimiento preventivo de calentadores de agua a gas.....	63
3.2.	Capacitación al personal de mantenimiento .....	64
3.3.	Formato de orden de trabajo .....	65
3.4.	Formato de rutina de mantenimiento .....	65
3.5.	Presentación de mejoras y avances.....	67
	CONCLUSIONES .....	69
	RECOMENDACIONES.....	71
	BIBLIOGRAFÍA.....	73

APÉNDICES.....75  
ANEXOS.....79

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Ubicación del Hospital Nacional de Chimaltenango.....	2
2.	Organigrama del Hospital Nacional de Chimaltenango.....	7
3.	Plano de área de encamamiento de maternidad, ala este .....	13
4.	Plano de encamamiento de maternidad, ala oeste .....	14
5.	Varios tipos de duchas eléctricas comerciales.....	15
6.	Vista de ducha eléctrica en baños del área de maternidad.....	18
7.	Vista de cableado eléctrico de duchas eléctricas.....	19
8.	Partes internas de una ducha eléctrica .....	20
9.	Características técnicas ducha eléctrica modelo Maxi Ducha.....	21
10.	Diseño técnico de la ducha eléctrica Lorenzetti .....	22
11.	Vista de resistencia eléctrica dañada .....	23
12.	Resistencia eléctrica para ducha .....	24
13.	Instalación de resistencia eléctrica a ducha .....	24
14.	Evidencia de falta de mantenimiento preventivo a duchas eléctricas ..	26
15.	Ubicación para el sistema de calentadores solares .....	30
16.	Calentador solar tipo placa plana de taller .....	32
17.	Calentador solar tipo placa plana industrial.....	32
18.	Calentador solar de tubo de vacío .....	34
19.	Vista de sección de tubos de vacío.....	34
20.	Componentes de calentador solar tubo de vacío .....	39
21.	Ficha técnica para calentador solar de tubo de vacío .....	40
22.	Diámetros nominales de tubería CPVC.....	41
23.	Temperatura y presión para tubería CPVC .....	42



24.	Vista de tubería de CPVC .....	42
25.	Ubicación física para los calentadores de agua a gas .....	47
26.	Vista interior de calentador de agua a gas.....	52
27.	Vista frontal de calentador de agua a gas comercial .....	53
28.	Solicitud de pedido materiales para propuesta de calentadores de agua a gas .....	59
29.	Costo de propuesta de calentadores de agua a gas .....	60
30.	Modelo de orden de trabajo para calentador de agua a gas.....	65
31.	Formato de rutina de mantenimiento preventivo a calentador .....	66

## **TABLAS**

I.	Costo de mantenimiento correctivo mensual .....	27
II.	Costo de propuesta de calentadores de agua tipo solar .....	45

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
Q	Calor
U	Coeficiente de transferencia de calor
$\Phi$	Diámetro
GPM	Galones por minuto
°C	Grado centígrado
°F	Grado Fahrenheit
Hr	Hora
Lb	Libra
PSI	Libra sobre pulgada cuadrada
m	Metro
mm	Milímetro
PPM	Parte por millón
PVC	Policloruro de vinilo
CPVC	Policloruro de vinilo clorado
%	Porcentaje
Pulg	Pulgada
Seg	Segundo



## GLOSARIO

<b>Cabezal de ducha</b>	Boquilla perforada que distribuye el agua en un ángulo sólido grande en un punto de uso.
<b>Calentador solar</b>	Aparato que utiliza la radiación del sol para calentar alguna sustancia, como agua, aceite, salmuera, glicol o incluso aire.
<b>Costo</b>	Valor monetario de los consumos de factores que supone el ejercicio de una actividad económica destinada a la producción de un bien, servicio o actividad.
<b>Encamamiento</b>	Acción y efecto de meterse o permanecer en la cama, principalmente por enfermedad.
<b>Energía solar</b>	Energía que se obtiene mediante la captura de la luz y el calor que emite el sol.
<b>Maternidad</b>	Estado o circunstancia de la mujer que ha sido madre.
<b>Resistencia eléctrica</b>	Dispositivos que convierten energía eléctrica en calor.



## **RESUMEN**

Para iniciar el Ejercicio Profesional Supervisado, el reconocimiento de las actividades durante el primer mes será importante, para determinar cuáles son las principales necesidades. Se buscará la información del sistema de calentadores de agua eléctricos, planos, manuales, instalaciones y hojas rutinas de mantenimiento proporcionadas por el Departamento de Mantenimiento.

A continuación, se analizará la problemática actual del sistema de calentadores de agua eléctricos de las duchas, para determinar el nuevo diseño del sistema de calentadores de agua adecuado para el servicio de encamamiento. Esta área se analizará con el ingeniero de mantenimiento para ver que se cumplan con las condiciones mínimas necesarias de funcionamiento para instalar el nuevo sistema de calentadores y así trabajar de forma consciente con el ambiente y eficiente.

En la parte final del Ejercicio Profesional Supervisado, se procederá a evaluar el diseño técnico del sistema de calentadores de agua para las duchas del área de maternidad del Hospital Nacional de Chimaltenango, para determinar con base en el presupuesto, la implementación del nuevo sistema de calentadores de agua. Luego, el director ejecutivo y el gerente administrativo financiero analizarán y evaluarán la propuesta técnica realizada en el transcurso del Ejercicio Profesional Supervisado.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar el sistema de calentadores de agua para el área de maternidad del Hospital Nacional de Chimaltenango.

### **Específicos**

1. Diagnosticar la situación actual de los calentadores de agua eléctricos e interpretar los resultados.
2. Diseñar un sistema de calentadores de agua, para el área de maternidad, que sea eficiente y amigable con el medio ambiente.
3. Analizar la factibilidad de utilizar calentadores de agua solares y de gas.
4. Establecer los requerimientos técnicos mínimos de operación para el sistema de calentadores de agua solar y de gas.
5. Establecer los materiales necesarios para la instalación de la tubería de agua caliente.
6. Garantizar la funcionalidad del sistema de calentadores de agua del área de maternidad.





## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el Hospital Nacional de Chimaltenango cuenta con una nueva área de maternidad. Este edificio fue inaugurado en el 2010, acoge los servicios de recién nacidos, labor y partos, posparto, central de equipos, oficinas administrativas y el encamamiento de mujeres. Es de vital importancia que este edificio provea los servicios básicos de agua potable, energía eléctrica, instalaciones médicas, aire acondicionado y agua caliente para los pacientes que hacen uso de ellos para su recuperación total.

El Hospital Nacional de Chimaltenango, por medio del Departamento de Mantenimiento, busca mejorar el sistema de calentadores de agua para el área de duchas del área de posparto, ya que este ha presentado muchos problemas de funcionamiento y se pretende darle una solución final. Para esto se prevé reemplazar los 6 calentadores eléctricos de agua de las duchas del área de maternidad del encamamiento de mujeres de posparto.

Se realizará la recolección de datos que muestren detalladamente el funcionamiento del sistema actual de calentadores de agua eléctricos, su eficiencia, rutina de mantenimiento, costos de operación e información sobre las posibles modificaciones que puedan realizarse para mejorar el proceso. Con estos datos se procederá al diseño del sistema de calentadores, que mostrando a detalle el funcionamiento y desempeño del sistema actual.



# **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Descripción de la institución**

El Hospital Nacional de Chimaltenango consta de dos edificios, en el primero se encuentran todas las áreas administrativas y de atención al paciente, como Dirección Ejecutiva, Gerencia Administrativa, presupuesto, laboratorio, rayos x, pediatría, quirófanos, cocina, casa de máquinas. Este edificio abarca un área superficial total de 3 575 metros cuadrados.

En el segundo edificio cuenta con un encamamiento para ginecología y obstetricia, sala de partos, dos quirófanos, sala de *shock*, cuidados intensivos para recién nacidos, encamamientos para posparto y otros servicios de apoyo. Este edificio abarca un área superficial de 2 350 metros cuadrados.

### **1.1.1. Ubicación**

El Hospital Nacional de Chimaltenango se encuentra ubicado en la ciudad de Chimaltenango frente al estadio municipal, camino a la Alameda zona 5, municipio de Chimaltenango, departamento de Chimaltenango.

Figura 1. **Ubicación del Hospital Nacional de Chimaltenango**



Fuente: Google Maps. <https://www.google.com/maps>. Consulta: 7 de marzo de 2015.

### **1.1.2. Historia**

En la década de 1940 se estableció en la ciudad de Chimaltenango la primera institución de salud, la cual recibió el nombre de Delegación Técnica de Sanidad Pública, desarrollando programas de prevención únicamente.

En julio de 1945, se le cambió el nombre a Unidad Sanitaria, realizando, además de los programas de prevención, la atención de partos normales.

En febrero de 1958, se inauguró el Centro de Salud años más tarde, por el tipo de servicio que se prestaba, se le denominó Centro de Salud Tipo A y Maternidad Anexa. En 1978 se implementaron los servicios de pediatría, medicina y emergencias. El 31 de diciembre de 1982, según decreto ley numero 107-82, se convierte en Hospital Integrado de Chimaltenango, al cubrir los programas de atención primaria y curativa.

El 23 de marzo de 1983, se inauguran las nuevas instalaciones, el 10 de mayo se trasladan las oficinas administrativas y el 10 de junio del mismo año el área total de servicios de encamamiento y apoyo.

Actualmente recibe el nombre de Hospital Nacional u Hospital Integrado de Chimaltenango, desarrollando, desde su inauguración, programas de promoción, prevención y rehabilitación de la salud, proyectándose de esta forma a la comunidad, a través de la atención primaria en salud.

Para dar respuesta a la demanda de servicios hospitalarios, la cual ha ido en aumento progresivo desde la inauguración, el primero de septiembre de 1987, en oficio número 222-89, se presentó al despacho del señor ministro de esa época un proyecto de ampliación, el cual nunca fue tomado en cuenta.

Situación similar ocurrió con otros proyectos de ampliación presentados ante la Gobernación Departamental y Consejo de Desarrollo del departamento, en oficios 022-89, del 21 de febrero de 1989 y número 22-90 del 25 de enero de 1990. Se insistió de nuevo en 1991, ante el despacho ministerial, aunque se ignoran los motivos por los cuales a la fecha no se le ha puesto la atención necesaria al proyecto, a pesar de ser una necesidad imprescindible de resolver, ya que afecta una gran población, catalogada en su mayoría de escasos recursos.

En marzo de 2005 se revisa nuevamente la posibilidad de habilitar el edificio de la antigua maternidad y remodelarlo, proyecto que quedó olvidado a raíz de que se le declaró albergue materno, sin mayor inversión, únicamente se pintó el edificio, con lo cual nuevamente se dejó a la población del departamento de Chimaltenango marginada en cuestiones de salud.

Para 2006 por orden del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social se incrementa el número de camas de 70 a 98, con la promesa de proveer de todos los insumos necesarios, tanto materiales como humanos, sin que a la fecha se hayan cumplido los ofrecimientos, creando de esta manera más presión sobre los recursos existentes.

A finales del 2007 se iniciaron las gestiones para la construcción del Hospital Materno Infantil a través de la Agencia de Cooperación Internacional KOICA de Corea. El 28 de mayo de 2008 se principia con la demolición de lo que fueran las instalaciones del Centro de Salud Tipo A, con el fin de contar con el espacio físico para la construcción de las nuevas instalaciones.

El 28 de enero de 2010 se inauguraron las nuevas instalaciones, con lo que se hace realidad la tan esperada ampliación. El nuevo edificio cuenta con un encamamiento para ginecoobstetricia y recién nacidos, sala de partos, dos quirófanos, sala de *shock*, cuidados intensivos para recién nacidos, encamamientos posparto y otros.

### **1.1.3. Misión**

La misión del Hospital Nacional de Chimaltenango es “mejorar las condiciones de salud de las personas habitantes del departamento de Chimaltenango, de las que consultan para hacerlos personas, capaces de contribuir al desarrollo de sus familias y la sociedad, a través de los servicios de prevención y recuperación de la salud que se les ofrece”.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Misión proporcionada por el Hospital Nacional de Chimaltenango.

#### **1.1.4. Visión**

La visión del Hospital Nacional de Chimaltenango es “mejorar la calidad de vida de la población del departamento de Chimaltenango, es sus aspectos físico, mental y social enfocados en la recuperación y mantenimiento de una población sana.”<sup>2</sup>

#### **1.1.5. Valores**

Toda institución posee valores en los cuales cree y fundamenta su forma de ser y de actuar en su desempeño organizacional. Estos son el faro que ilumina el camino por el cual ha de transitar la institución y sin ellos no sería posible su existencia.

El objetivo general de la institución es “mejorar los servicios de atención en salud forma eficiente y de calidad a la población del departamento de Chimaltenango, a un mediano plazo a través de nuestro recurso humano y actividades programadas.”<sup>3</sup>

Los objetivos específicos son:

- Ampliar la cobertura en servicios de encamamiento, consulta externa y emergencias.
- Mejorar la capacidad de ejecución operativa del recurso humano, a corto plazo, mediante acciones de capacitación y motivación.

---

<sup>2</sup> Visión proporcionada por el Hospital Nacional de Chimaltenango.

<sup>3</sup> Objetivo proporcionado por el Hospital Nacional de Chimaltenango.



- Mejorar la imagen y credibilidad de la institución, a través de la calidad de atención a la población del departamento de Chimaltenango.

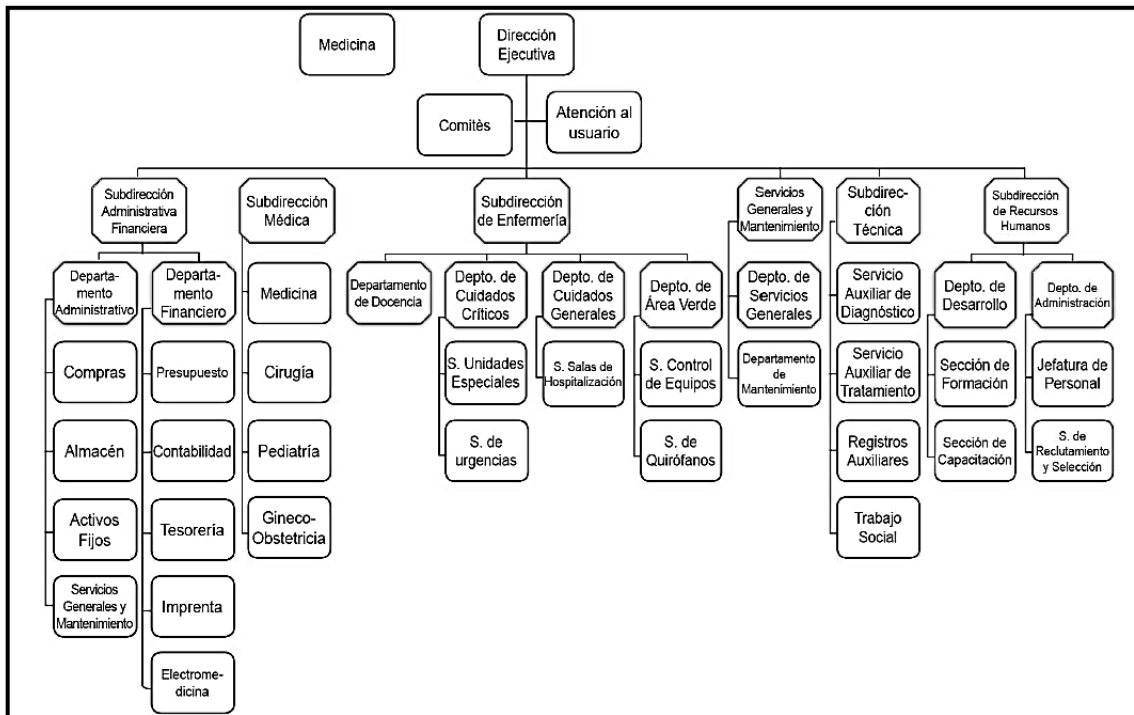
Entre las estrategias que utiliza la institución están las siguientes:

- Incrementar los recursos financieros a través de un mayor presupuesto, que asegure una dotación mayor de recursos humanos y materiales.
- Apoyar las políticas y problemas del ministerio del ramo, con relación a la modernización del Estado.
- Implementar de acciones encaminadas a fortalecer la participación de la población de Chimaltenango, en los programas o actividades de salud planificados.

#### **1.1.6. Organigrama**

A continuación se presenta el organigrama actual del Hospital Nacional de Chimaltenango.

Figura 2. Organigrama del Hospital Nacional de Chimaltenango



Fuente: Subdirección de Recursos Humanos, Hospital Nacional de Chimaltenango.

## 1.2. Tipos de mantenimiento

A continuación se presentan las definiciones y objetivos de los diferentes tipos de mantenimiento más utilizados en la actualidad.

### 1.2.1. Mantenimiento preventivo

En las operaciones de mantenimiento, el mantenimiento preventivo es el destinado a la conservación de equipos o instalaciones mediante la revisión y reparación que garanticen su buen funcionamiento y fiabilidad. El mantenimiento preventivo se realiza en equipos en condiciones de

funcionamiento, por oposición al mantenimiento correctivo que repara o pone en condiciones de funcionamiento aquellos que dejaron de funcionar o están dañados.

El primer objetivo del mantenimiento es evitar o mitigar las consecuencias de los fallos del equipo, logrando prevenir las incidencias antes de que estas ocurran. Las tareas de mantenimiento preventivo incluyen acciones como cambio de piezas desgastadas, cambios de aceites y lubricantes, entre otras. El mantenimiento preventivo debe evitar los fallos en el equipo antes de que estos ocurran.

Algunos de los métodos más habituales para determinar qué procesos de mantenimiento preventivo deben llevarse a cabo son las recomendaciones de los fabricantes, la legislación vigente, las recomendaciones de expertos y las acciones llevadas a cabo sobre activos similares.

Uno de los auxiliares que se hace muy necesario para el mejoramiento del mantenimiento preventivo es el mantenimiento predictivo o monitoreo de condición. Este se puede implementar para hacer más eficientes las tareas de mantenimiento preventivo.

En el preventivo se estiman tiempos para cambio de piezas o partes, de acuerdo a la recomendación del fabricante o por experiencia propia.

El mantenimiento predictivo ayuda a monitorear las piezas que van a ser cambiadas y permite predecir el momento exacto en que se debe cambiar, es decir que el tiempo para recambio de piezas o lubricantes puede aumentar, lo que provoca una reducción de gastos en materiales para mantenimiento y mayor productividad de la maquinaria.

Actualmente existen aparatos de medición sumamente precisos, que permiten analizar ruidos y vibraciones, aceites o espesores de chapa, mediante las aplicaciones de la electrónica en equipos de ultrasonido, cromatografía líquida y gaseosa, termografía y otros métodos.

### **1.2.2. Mantenimiento correctivo**

Es aquel que corrige los defectos observados en los equipamientos o instalaciones, es la forma más básica de mantenimiento y consiste en localizar averías o defectos y corregirlos o repararlos. Históricamente, es el primer concepto de mantenimiento y el único hasta la Primera Guerra Mundial, dada la simplicidad de las máquinas, equipamientos e instalaciones de la época. El mantenimiento era sinónimo de reparar aquello que estaba averiado.

Este mantenimiento se realiza luego de que ocurra una falla o avería en el equipo que por su naturaleza no puede planificarse en el tiempo, lo cual representa costos por reparación y repuestos no presupuestados, pues implica el cambio de algunas piezas del equipo.

### **1.2.3. Mantenimiento predictivo**

Está basado en la determinación de la condición técnica del equipo en operación. El concepto se basa en que las máquinas darán un tipo de aviso antes de que fallen y este mantenimiento trata de percibir los síntomas, para después tomar acciones y decisiones de reparación o cambio antes de que ocurra una falla.

Se realiza antes de que ocurra una falla o avería, con la finalidad de mantener los equipos trabajando y reducir las posibilidades de ocurrencias o

fallas. Consiste en la revisión periódica de ciertos aspectos, de los componentes de un equipo, que influyen en el desempeño fiable del sistema y en la integridad de su infraestructura.

Esta modalidad de mantenimiento se ocupa en la determinación de las condiciones operativas de durabilidad y confiabilidad de un equipo. Su primer objetivo es evitar o mitigar las consecuencias de las fallas del equipo, logrando prevenir las incidencias antes de que estas ocurran. Las tareas incluyen acciones como revisiones del mecanismo, limpieza e incluso cambios de piezas desgastadas.

El mantenimiento predictivo es una técnica para pronosticar el punto futuro de falla de un componente de una máquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle. Así, el tiempo muerto del equipo se minimiza y el tiempo de vida del componente se maximiza.

### **1.3. Administración de mantenimiento de hospitales**

A continuación se presenta la definición y objetivos específicos de la ingeniería de mantenimiento hospitalario, en la cual se basa el desarrollo del presente trabajo de graduación.

#### **1.3.1. Ingeniería del mantenimiento hospitalario**

La complejidad de las instalaciones, los edificios y hospitales es lo que ha hecho realmente evolucionar y cambiar en gran parte el concepto del ingeniero hospitalario, sobre todo por el equipamiento de alta tecnología que se ha ido incorporando en todos los procesos sanitarios. Esta problemática se ha ido

subsano de varias formas en función de las decisiones organizativas de cada institución, pero la más común es tener un primer escalón de intervención capaz de subsanar aquellos equipos a su alcance de cierto nivel tecnológico.

En algunos casos, estos servicios son propios de la institución y en otros casos se contratan empresas especializadas del mercado. Estas son las encargadas de realizar una valoración, seguimiento y diagnóstico de aquellos equipamientos que han de ser intervenidos por los propios servicios técnicos de los fabricantes por ser instalaciones y aparatos de alta tecnología. Los servicios de electromedicina desarrollan labores de:

- Evaluación de equipos: tanto en el caso de requerimientos técnicos como de adecuación de las necesidades médicas.
- Mantenimiento y reparación: Mantenimiento preventivo, inspección, reparación y condiciones de seguridad.

El mantenimiento hospitalario ha evolucionado desde la cultura del funcionamiento hasta el agotamiento o final de la vida útil. Se prevén circunstancias anómalas con equipos gemelos o de repuesto y un puro mantenimiento correctivo, hasta llegar a la planificación actual que es una simbiosis de los tres modelos que a continuación se detallan.

TPM (mantenimiento productivo total): es un método para la realización de mantenimiento productivo mediante la colaboración de todos los empleados, a través de actividades en pequeños grupos.

RCM (mantenimiento basado en la fiabilidad): es un método utilizado para determinar las necesidades de mantenimiento de cualquier tipo de activo físico en su entorno de operación.

*Outsourcing*: es una opción más compleja de lo que parece en un principio y que no aporta la solución al problema del mantenimiento, aunque si su uso es razonado puede mejorar los servicios. La subcontratación de servicios debe ejecutarse desde un correcto crisol que dé un punto de vista claro de su utilidad. Normalmente, el uso de este sistema se adopta por la disminución de los costos respecto del uso de personal propio.

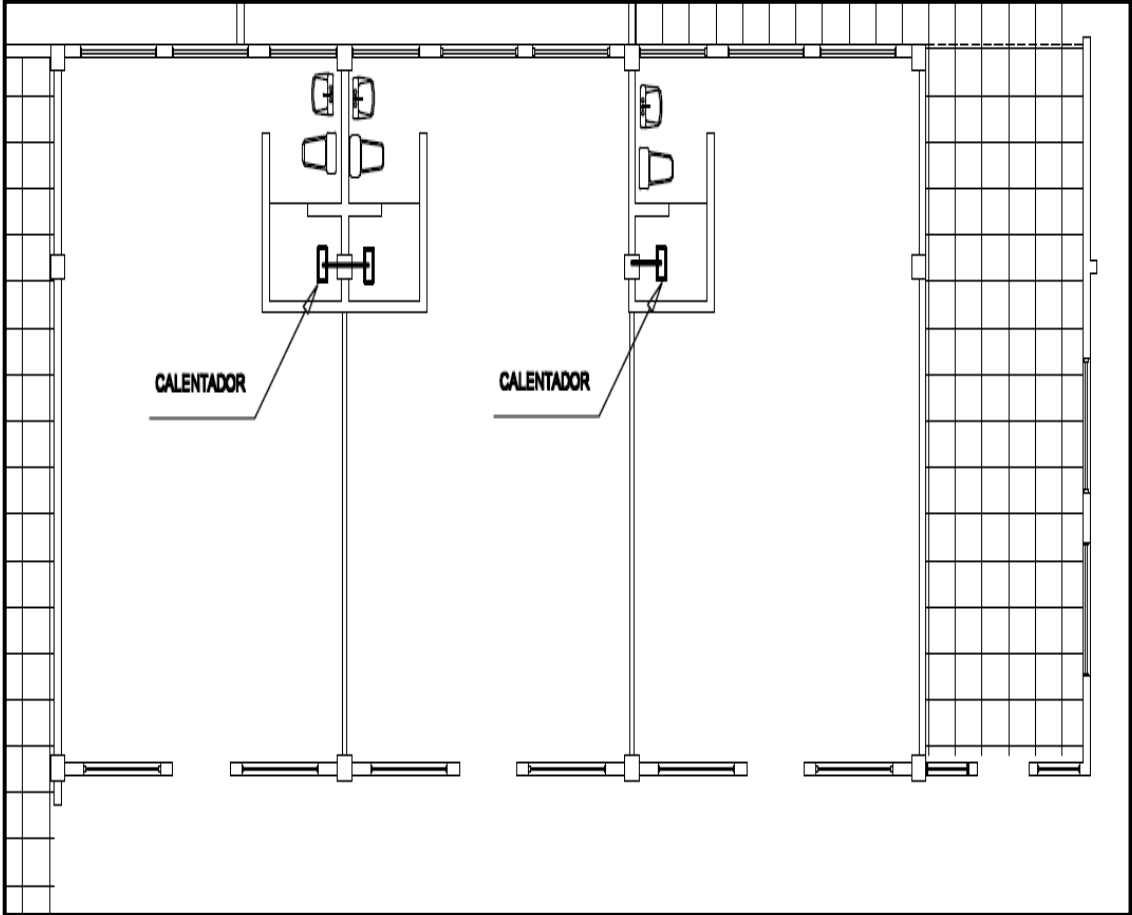
#### **1.4. Diagnóstico actual de las duchas del área de maternidad**

A continuación se presenta el diagnóstico actual de las duchas del área de maternidad del Hospital Nacional de Chimaltenango.

##### **1.4.1. Plano de ubicación del área encamamiento**

A continuación se presentan los planos del encamamiento del área de maternidad del Hospital Nacional de Chimaltenango, donde se encuentran instalados los calentadores eléctricos actuales.

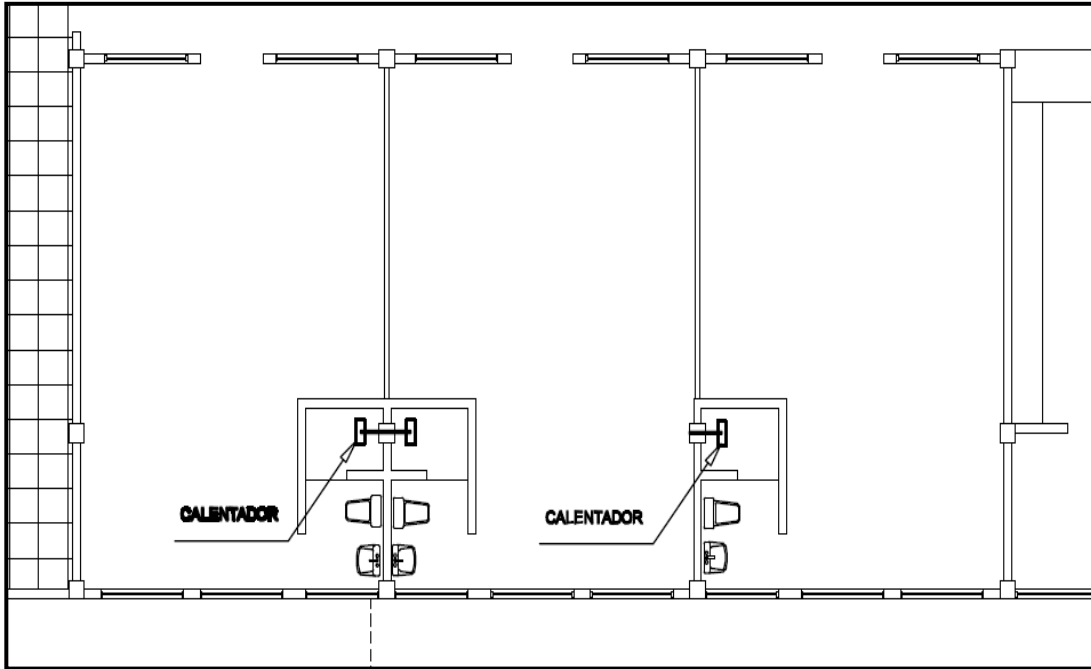
Figura 3. Plano de área de encamamiento de maternidad, ala este



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.



Figura 4. **Plano de encamamiento de maternidad, ala oeste**

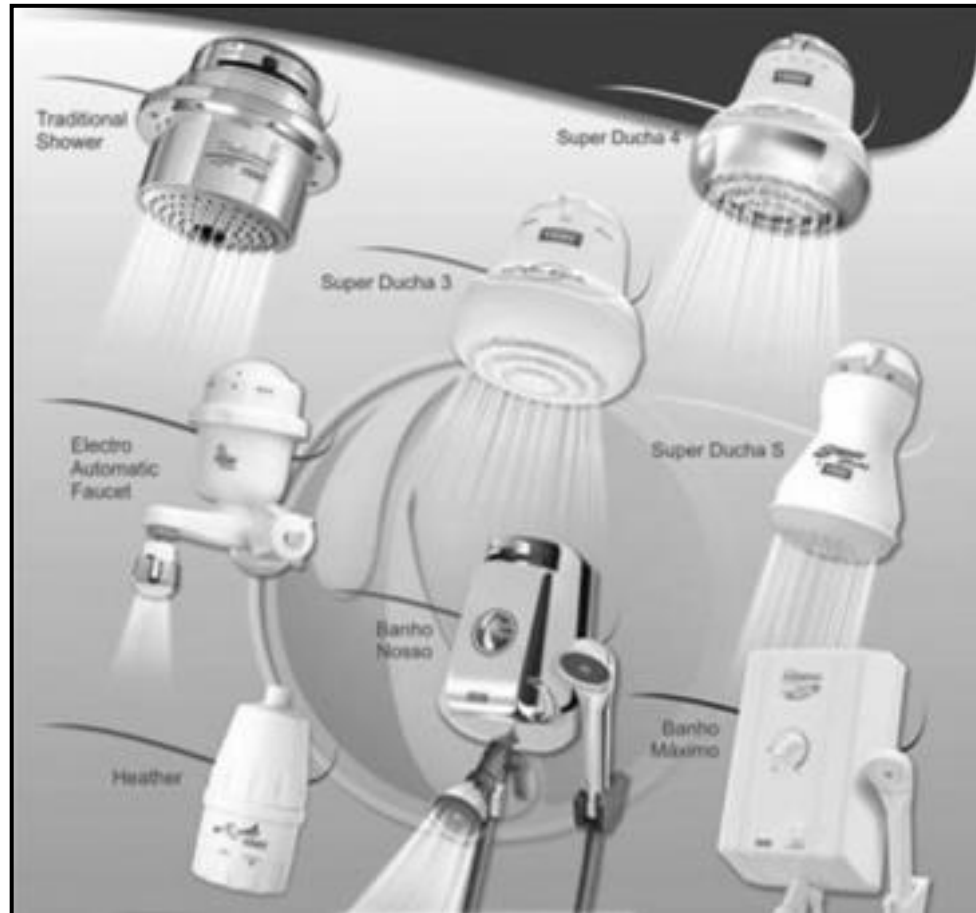


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

#### **1.4.2. Descripción general de las duchas eléctricas**

Las duchas eléctricas son útiles sobre todo en los baños que carecen de tubería para agua caliente, en los que solo existe un tubo que llega a la ducha. Su instalación es sumamente fácil y se evita romper pisos y paredes para colocar otra tubería. La ducha eléctrica se coloca al final de la tubería de agua fría, que, por lo regular en el país, es de PVC o galvanizada.

Figura 5. **Varios tipos de duchas eléctricas comerciales**



Fuente: *Tipos de duchas eléctricas*. <http://www.guiadacasa.com/blog/wp-content/gallery/duchas-fame/duchas-fame-3.jpg>. Consulta: 4 de mayo de 2015.

### **1.4.3. Funcionamiento y uso de duchas**

El funcionamiento de una ducha eléctrica es bastante simple. Una resistencia eléctrica es colocada dentro de una cavidad que calienta el agua acumulada allí.

Al abrir la llave que controla el flujo del agua hacia la ducha, entra agua a presión en el cuerpo principal, lo que hace que se mueva un diafragma ubicado en su interior. Este, a su vez, acciona mecánicamente un soporte ubicado en la cavidad superior al que llegan el par de conductores (fase y neutro) que alimenta a la resistencia eléctrica, haciendo que las terminales de los alimentadores hagan contacto con las terminales de la resistencia eléctrica energizándola, produciéndose calor con ello.

Si el agua no tiene suficiente presión, el diafragma no alcanza a moverse lo suficiente para unir ambos pares de terminales.

El agua caliente sale por el tubo de salida de agua hacia el distribuidor o esparcidor. Si no hay suficiente presión del agua, de cualquier manera alcanza a mover el diafragma consiguiendo salir, pero la resistencia no logrará energizarse.

El Hospital Nacional de Chimaltenango cuenta con un tanque elevado con capacidad de almacenaje de 27 500 galones de agua potable.

#### **1.4.4. Consumo energético**

Las duchas eléctricas que están en el área de maternidad del Hospital Nacional de Chimaltenango se utilizan en un promedio diario de 8 minutos por cada baño y son 60 baños diarios, por lo tanto, cada ducha eléctrica proporciona 10 baños diarios, con una potencia aproximada de 7 500 watts ( $7\ 500\text{W} = 7\ 500/1\ 000\ \text{kW} = 7,5\ \text{kW}$ ). Serían 480 minutos de uso de calentador eléctrico diario en el área de la maternidad ( $480\ \text{minutos}/60\ \text{minutos} = 1,33$  horas al día x 6 calentadores = 8 horas diarias de funcionamiento entre las 6 duchas eléctricas).

$$\text{Energía total (kW.h)} = (7,5 \text{ kW} \times 8 \text{ horas}) = 60 \text{ kWh}$$

Se tiene un consumo de 60 kWh por concepto de consumo energético diario, en el área de maternidad del Hospital Nacional de Chimaltenango llegando al cálculo del consumo total de kilowatts hora (ver anexo 2).

$$\text{Energía total mensual} = (60 \text{ kWh} \times 30 \text{ días}) = 1\ 800 \text{ kWh}$$

$$\text{Precio por consumo energético} = (1\ 800 \text{ kWh} \times \text{Q}1,99) = \text{Q} 3\ 582,00$$

Se establece que el costo del consumo energético actual de las duchas eléctricas en el área de maternidad del Hospital Nacional de Chimaltenango asciende a Q 3 582,00 mensuales.

#### **1.4.5. Revisión de las tuberías de agua**

Se realizó la revisión del sistema de distribución de agua fría que comprende la red de tuberías de distribución necesarias para alimentar las duchas eléctricas para el servicio de encamamiento del área de maternidad, encontrado lo siguiente.

La instalación de la tubería de agua fría que actualmente se utiliza es de cloruro de polivinilo estándar 1120 SDR CR-256-63 y ASTM-D 2241-68, la medida de la tubería es de ½", con presión máxima de 315 PSI y tubo galvanizado de ½" para extender el calentador eléctrico de la pared a 60 cm. El sistema de agua fría que abastece a las duchas de los encamamientos proviene del tanque elevado principal del Hospital Nacional, el cual provee un caudal y presiones necesarias para hacer funcionar los calentadores eléctricos de agua.

Figura 6. **Vista de ducha eléctrica en baños del área de maternidad**

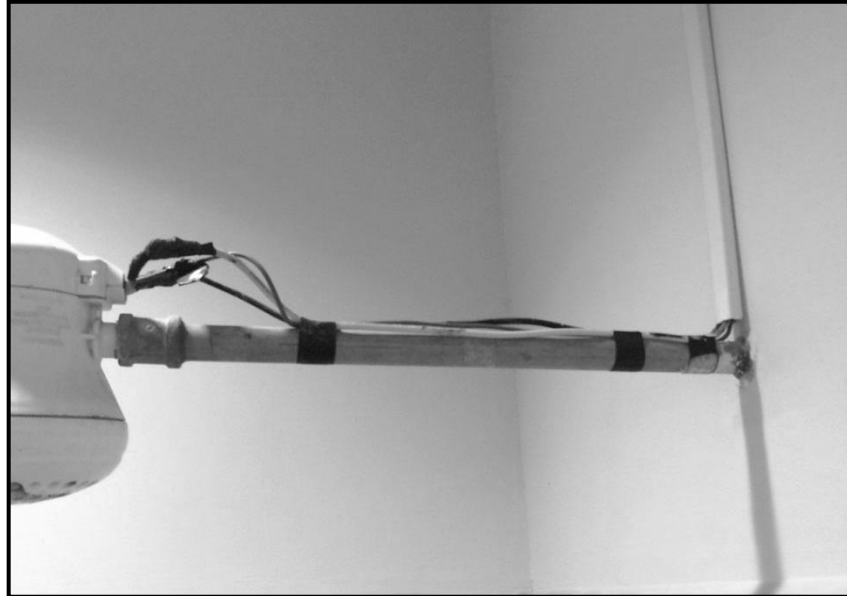


Fuente: baño para pacientes, área de maternidad del Hospital Nacional de Chimaltenango.

#### **1.4.6. Revisión del sistema eléctrico**

Se realizó la revisión del cableado eléctrico de las duchas eléctricas, encontrando que el calibre del cable es el AWG número 10, el suministro eléctrico proviene de un tablero de flipones principal que se encuentra en el pasillo del encamamiento de maternidad, el cual conduce un voltaje de 220 voltios. Cuenta con una canaleta que va empotrada a la pared que en su interior conduce los cables eléctricos para evitar un contacto entre el agua y la corriente eléctrica, cuidando la estética del baño.

Figura 7. **Vista de cableado eléctrico de duchas eléctricas**



Fuente: baño para pacientes, área de maternidad del Hospital Nacional de Chimaltenango.

#### **1.4.7. Sistema de calentadores de agua actuales**

En los siguientes incisos se presentan las partes que conforman una ducha eléctrica, características técnicas y demás especificaciones técnicas.

##### **1.4.7.1. Partes de una ducha eléctrica**

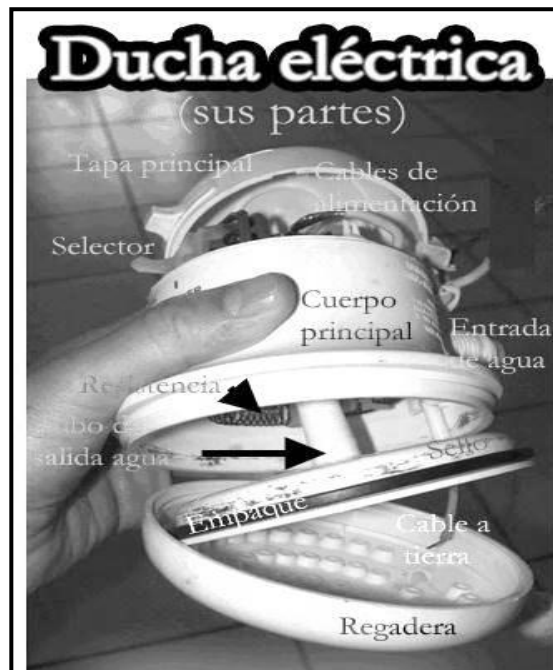
Las partes principales de una ducha eléctrica son:

- Tapa principal
- Cables de alimentación
- Selector de temperatura
- Cuerpo principal

- Entrada de agua
- Resistencia eléctrica
- Tubo de salida de agua
- Empaque
- Sello
- Cable de tierra
- Regadera

En la figura 8, se ilustran las partes de una ducha eléctrica, las cuales hacen referencia a las que están instaladas en los baños del área de maternidad del Hospital Nacional de Chimaltenango.

Figura 8. Partes internas de una ducha eléctrica



Fuente: *Ducha eléctrica*. <https://iguerrero.files.wordpress.com/2011/01/ducha1.gif>. Consulta: 8 de mayo de 2015.

### 1.4.7.2. Características técnicas

Se presentan las características técnicas de la ducha eléctrica modelo Maxi Ducha, marca Lorenzetti, que son las que están instaladas en el encamamiento del área de maternidad del Hospital Nacional de Chimaltenango.

Figura 9. Características técnicas ducha eléctrica modelo Maxi Ducha

Características Técnicas			
Presión de Funcionamiento	10 a 400kPa(1 a 40mca <sup>***</sup> )		
Grado de protección	IP 24		
Sistema de puesta a tierra	Si		
Manguera con Ducha Manual	Si		

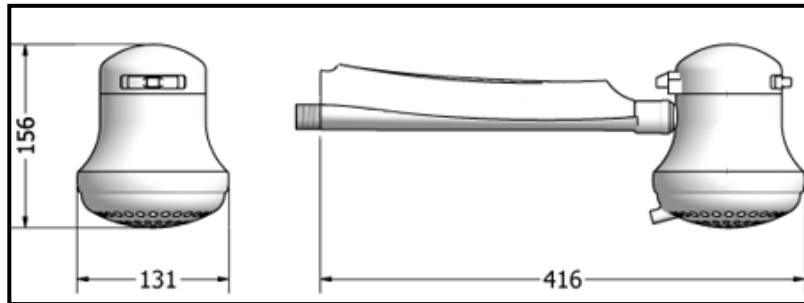
Características Eléctricas			
Tensión (Voltios)	Potencia (Wattios)	Cables(mm2)**	Disyuntor(A)
127	3200	4	30
127	4500	6	40
127	5500	10	50
220	3200	2,5	20
220	4500	4	25
220	5500	4	30

\*\* Para distancia superior a 30m, usar conductores de mayor sección. \*\*\*mca: metro de columna de agua.

Fuente: *Características técnicas Maxi Ducha*. [http://www.lorenzetti.com.br/es/ Detalles\\_Produto.aspx?id=258](http://www.lorenzetti.com.br/es/ Detalles_Produto.aspx?id=258). Consulta: 12 de mayo de 2015.



Figura 10. **Diseño técnico de la ducha eléctrica Lorenzetti**



Fuente: *Ducha Lorenzetti*. [http://www.lorenzetti.com.br/es/Detalhes\\_Produto.aspx?id=256](http://www.lorenzetti.com.br/es/Detalhes_Produto.aspx?id=256).

Consulta: 15 de mayo de 2015.

## 1.5. Análisis de fallas

A continuación se presenta el resultado del análisis de fallas realizado al sistema actual de calentadores de agua para duchas en el área de maternidad del Hospital Nacional de Chimaltenango.

### 1.5.1. Tipo de fallas frecuentes

La principal falla de las duchas eléctricas instaladas en los baños del área de maternidad del Hospital Nacional de Chimaltenango es que se quiebra la resistencia, por la poca presión de agua o sobrecalentamiento de la resistencia eléctrica. Hay resistencias de diferentes formas y tamaños, si no se elige la adecuada, puede provocar el sobrecalentamiento de la resistencia y derretir el cuerpo principal del calentador eléctrico, como ha pasado regularmente. Generalmente, el reemplazo de la resistencia eléctrica se hace con facilidad y en forma de enchufe. Si se instala mal la resistencia provocará daños al calentador, al punto de quedar inservible y aumentando los costos por una ducha nueva.

Figura 11. **Vista de resistencia eléctrica dañada**



Fuente: taller de mantenimiento, Hospital Nacional de Chimaltenango.

### **1.5.2. Disponibilidad de repuestos**

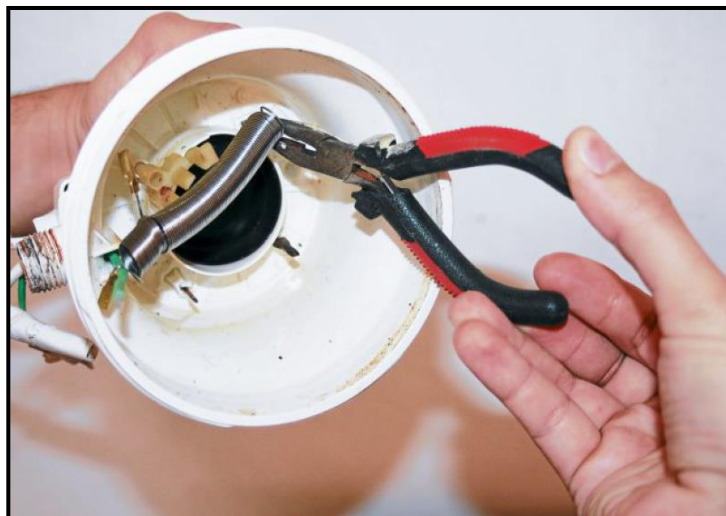
La disponibilidad de repuestos para la reparación de los calentadores eléctricos es constante, ya que por parte del Departamento de Mantenimiento se hacen las solicitudes de pedido de los repuestos, siendo los más pedidos las resistencias y los calentadores eléctricos nuevos. Después de la autorización de la Gerencia Administrativa Financiera, los repuestos son cotizados en ferreterías cercanas al centro asistencial por el Departamento de Compras, quien hace la orden de compra respectiva para que el Hospital Nacional de Chimaltenango pueda adquirir los repuestos que serán utilizados por el personal de mantenimiento del Hospital.

Figura 12. Resistencia eléctrica para ducha



Fuente: taller de mantenimiento, Hospital Nacional de Chimaltenango.

Figura 13. Instalación de resistencia eléctrica a ducha



Fuente: taller de mantenimiento, Hospital Nacional de Chimaltenango.

## **1.6. Método actual de mantenimiento**

A continuación se presenta el método actual de mantenimiento para el sistema de calentadores de agua en el área de maternidad del Hospital Nacional de Chimaltenango.

### **1.6.1. Mantenimiento a duchas eléctricas**

El tipo de mantenimiento que se ha observado en la fase de investigación del desarrollo del presente EPS es de tipo correctivo, con base en las entrevistas al personal de mantenimiento y lo visto en el desarrollo de las reparaciones a calentadores eléctricos, es evidente la falta de un programa de mantenimiento preventivo a las duchas eléctricas. El ingeniero a cargo del Departamento justificó la falta de mantenimiento preventivo a las duchas eléctricas por la falta de presupuesto asignado al Departamento de Mantenimiento, lo que impide contar con los insumos necesarios, con lo cual se invierten más recursos en mantenimientos correctivos al sistema actual de calentadores eléctricos de agua.

### **1.6.2. Falta de plan de mantenimiento preventivo**

Un buen diseño de un plan de mantenimiento preventivo pretende aumentar la vida útil de un equipo con base en rutinas de mantenimiento preventivo programadas, con los insumos adecuados y mano de obra calificada para el objetivo, lo cual ayuda a reducir los costos de operación y de mantenimiento correctivo.

Se evidencia que en el Hospital Nacional de Chimaltenango no se cuenta con este plan de mantenimiento preventivo a las duchas eléctricas, por lo cual, un objetivo principal del desarrollo del presente EPS es reducir el consumo energético y el diseño técnico de un nuevo sistema de calentadores de agua para el área de maternidad para el Hospital Nacional de Chimaltenango. De aquí en adelante se darán los lineamientos para reemplazar el sistema actual de duchas eléctricas del servicio de maternidad por un sistema que sea amigable con el medio ambiente y que reduzca el consumo energético.

Se evidencia que algunas duchas eléctricas no reciben ningún tipo de mantenimiento preventivo, en algunos casos los conserjes se encargan de limpiar externamente las duchas y tuberías.

Figura 14. **Evidencia de falta de mantenimiento preventivo a duchas eléctricas**



Fuente: encamamiento del área de maternidad, Hospital Nacional de Chimaltenango.

### 1.6.3. Costo del mantenimiento correctivo

Se presenta una tabla en donde se demuestra el costo del mantenimiento correctivo mensual realizado, del dos de marzo al tres de abril de 2015, a las duchas eléctricas del área de maternidad del Hospital Nacional de Chimaltenango.

Tabla I. Costo de mantenimiento correctivo mensual

HOSPITAL NACIONAL DE CHIMALTENANGO			MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL				DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		 Ministerio de Salud Pública República de Guatemala	
COSTO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO A DUCHAS ELECTRICAS										
MANO DE OBRA							INFORMACIÓN TÉCNICA			
FECHA	NOMBRE TÉCNICO	CANTIDAD EN HORAS	COSTO POR HORA	VALOR DE MANO DE OBRA	VALOR DE REPUESTOS	TOTAL	FALLAS DETECTADAS			
							EQUIPO	INSTALACIONES		
4 de marzo de 2015	Rodolfo Pineda	4	Q 12,50	Q 50,00	Q 260,00	Q 310,00	1. ENVEJECIMIENTO	1. ENVEJECIMIENTO		
10 de marzo de 2015	Salvador Lastor	3	Q 12,50	Q 37,50	Q 145,00	Q 182,50	2. DESGASTE	2. DESGASTE		
24 de marzo de 2015	Salvador Lastor	4	Q 12,50	Q 50,00	Q 420,00	Q 470,00	3. OPERACIÓN INDEBIDA	3. PINTURA		
2 de abril de 2015	Agusto Sunun	3	Q 12,50	Q 37,50	Q 225,00	Q 262,50	4. MEDIO AMBIENTE	4. ROTURA		
							5. CONSTRUCCIÓN	5. SOLDADURA		
							6. BATERÍA	6. OTRAS		
							X 7. USO			
							8. OTRAS			
REPUESTOS Y MATERIALES UTILIZADOS										
DESCRIPCION-UNIDAD DE MEDIDA						CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL FINAL		
Resistencia eléctrica para ducha						1	Q 65,00	<b>Q 1 225,00</b>		
Teflón						1	Q 15,00			
Accesorios						1	Q 25,00			

Fuente: elaboración propia.

La tabla indica que el valor total del mantenimiento correctivo mensual es de Q 1 125,00. Este costo es variable, ya que, en una entrevista, el encargado de mantenimiento indicó que por lo regular cada 2 meses se han tenido que comprar nuevas duchas eléctricas, por lo que el costo de mantenimiento correctivo es más alto. El cambio de resistencia es la falla más frecuente en este sistema de calentadores de agua eléctricos.



## **2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

### **2.1. Diseño técnico del sistema de calentadores de agua tipo solar**

A continuación se presenta el estudio técnico del sistema de calentadores de agua tipo solar, propuesto para el área de maternidad del Hospital Nacional de Chimaltenango.

#### **2.1.1. Condiciones mínimas de funcionamiento**

A partir de este inciso se dará a conocer la propuesta del diseño técnico del nuevo sistema de calentadores de agua. Se desarrollará la propuesta del sistema de calentadores de agua tipo solar. Detallando los equipos y materiales necesarios para su realización y posterior presentación de los resultados obtenidos a las máximas autoridades del Hospital Nacional de Chimaltenango, para su evaluación e inicio del trámite administrativo para la realización de la propuesta que ellos decidan en conjunto realizar.

Estas propuestas son desarrolladas y asesoradas por el ingeniero del Departamento de Mantenimiento del Hospital Nacional de Chimaltenango, quien conoce la problemática actual y las instalaciones arquitectónicas del edificio del área de maternidad, por lo que se plantean las soluciones más viables al problema actual.



Las condiciones mínimas de funcionamiento de un calentador de agua tipo solar para el área de maternidad del Hospital Nacional de Chimaltenango son las siguientes.

- Condiciones de diseño de operación mínimas:
  - Temperatura de salida de agua caliente en ducha: 38 °C
  - Caudal mínimo de agua en salida de ducha: 2,5 L/min
  - Caudal máximo de agua en salida de ducha: 6 L/min

La ubicación física del sistema de calentadores solares será importante, por ello se condiciona que se instale en la terraza del tercer nivel del edificio materno infantil, para que el sistema funcione eficientemente, se aprovechan al máximo los rayos solares y esté lo más cercano posible a los encamamientos del área de maternidad del Hospital Nacional de Chimaltenango.

Figura 15. **Ubicación para el sistema de calentadores solares**



Fuente: tercer nivel, edificio materno infantil del Hospital Nacional de Chimaltenango.

### **2.1.2. Tipos de calentadores solares de agua**

El clima de la ciudad de Chimaltenango es templado, en los últimos años, a raíz del cambio climático, se ha ido modificando la tendencia del clima, en la época de invierno todavía se siente el calor. Esta es una condición de funcionamiento de vital importancia al momento de decidir instalar calentadores solares, ya que la fuente de energía solar estará disponible la mayor parte del año.

En el mercado guatemalteco existen varios tipos básicos de calentadores solares, siendo los siguientes los que con más frecuencia se instalan en plantas industriales, en algunos casos, en viviendas.

- Calentadores solares con colectores de tecnología de placa plana

En este tipo de colectores, el absorbedor, elemento del colector encargado de transformar los rayos del sol en calor sensible, está formado por una placa metálica de color negro mate montada sobre una parrilla de conductos por los que circula el agua.

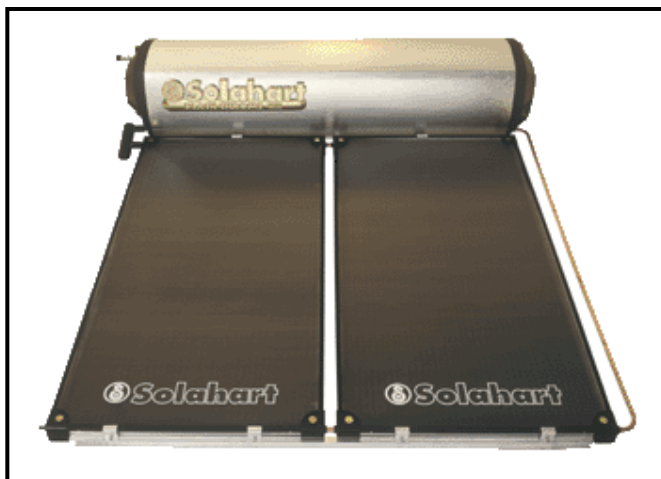
Entre este grupo se distinguen dos clases de calentadores, dependiendo de donde estén fabricados: los calentadores solares de taller y los industriales.

Figura 16. **Calentador solar tipo placa plana de taller**



Fuente: *Calentador solar tipo placa*. <http://www.sitiosolar.com/wp-content/uploads/2014/01/IMAGcalentadortaller-corregido-bueno.jpg>. Consulta: 5 de abril de 2015.

Figura 17. **Calentador solar tipo placa plana industrial**



Fuente: *Calentador solar tipo placa*. <http://www.sitiosolar.com/wp-content/uploads/2014/01/imagen-calentador-solahart.gif>. Consulta: 4 de abril de 2015.

- Calentadores solares de tubo de vacío

En este tipo de calentadores, la tecnología de captación de la energía solar es diferente. Para ello se emplean los llamados tubos de vacío, dentro de los cuales se encuentra la superficie absorbadora. Están provistos de una cámara al vacío en las paredes del tubo, para minimizar las pérdidas de calor a la atmósfera. La parte superior del tubo calórico va introducida en el agua del tanque-termo o cabezal. De esta forma, cuando la parte que está expuesta a la radiación solar (dentro del tubo de vidrio al vacío) se calienta, genera vapor y este sube.

Cuando el vapor se pone en contacto con el agua del termotanque, que está más fría, se condensa, bajando en forma líquida por gravedad a la parte baja del tubo calórico, de esta forma se completa el ciclo.

Por la ventaja de ser más comerciales en el departamento de Chimaltenango y por contar con agencias especiales para su instalación y servicio, se recomienda para la nueva propuesta del sistema de calentadores de agua, el calentador solar de tubo de vacío.

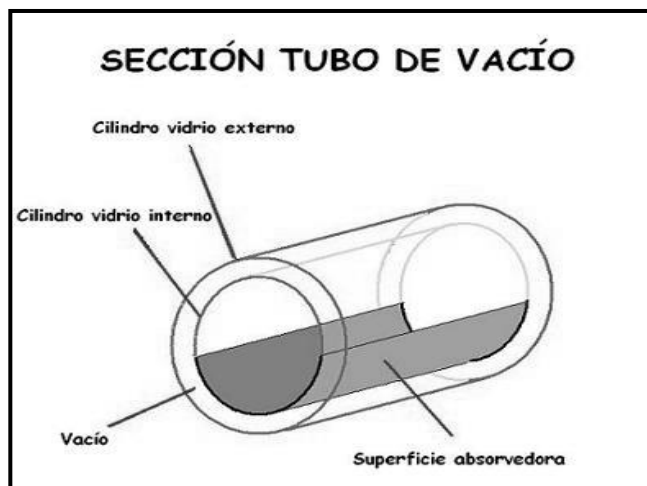
Para el área de encamamiento del área de maternidad del Hospital Nacional de Chimaltenango, en el siguiente inciso se detallarán las ventajas y desventajas de este tipo de calentadores solares.

Figura 18. **Calentador solar de tubo de vacío**



Fuente: *Calentador solar de tubo de vacío*. <http://www.sitiosolar.com/wp-content/uploads/2014/01/tubodevacioreducida.jpg>. Consulta: 9 de mayo de 2015.

Figura 19. **Vista de sección de tubos de vacío**



Fuente: *Tipos de tubos de vacío*. <http://www.sitiosolar.com/wp-content/uploads/2014/01/detalle-tubo-de-vacio.jpg>. Consulta: 14 de mayo de 2015.

### 2.1.3. Ventajas y desventajas

Las ventajas de los calentadores de tubos al vacío son:

- Ofrecen el mejor rendimiento de todos tipos de calentadores solares a un precio razonable y económico.
- Suelen ser probados en laboratorios para medir su rendimiento.
- Son productos de alta calidad y dada la baja emisividad del tubo (0,08), su alta absorbencia (0,93) y su aislamiento por vacío, se consiguen rendimientos superiores a otros tipos de calentadores solares.
- El aprovechamiento de la luz difusa permite lograr temperaturas por encima de 40 °C en días totalmente nublados.
- El comportamiento térmico es superior a otros colectores solares que se comercializan, pudiendo trabajar a temperaturas superiores a los 80 °C, con una eficiencia superior al 50 %.
- La curvatura del tubo de vidrio (de 30 a 40 mm de diámetro) ofrece una mayor resistencia a los impactos que los colectores planos. Su montaje es muy sencillo.
- El mantenimiento es muy sencillo y solamente requiere de limpieza una vez al año. No son sensibles a las incrustaciones.

- Por la forma aerodinámica de los tubos, resisten vientos fuertes, por lo que si el montaje ha sido correcto, no es necesario desmontarlos durante fuertes lluvias, como las que se dan en el municipio de Chimaltenango durante la época de invierno.

Las desventajas de los calentadores de tubos al vacío son:

- Pueden ser muy sensibles a la presión del agua.
- Son los menos resistentes de todos y al ser de fabricación extranjera, pueden llegar a haber dificultades a la hora de sustituir los tubos, en caso de desaparición de la empresa instaladora.
- El soporte suele tener una inclinación estandarizada en 45 grados, con lo que se desaprovecha parte de la energía solar en regiones tropicales.

#### **2.1.4. Selección del calentador solar de agua**

A continuación se presenta la selección del calentador de agua tipo solar con base en los criterios de diseño y elección para el área de maternidad del Hospital Nacional de Chimaltenango.

##### **2.1.4.1. Partes de un calentador solar de agua**

El funcionamiento del calentador solar de tubo de vacío es sencillo y efectivo. El calentador consta de dos partes fundamentales.

La primera parte es el colector o tubo al vacío, este elemento es el encargado de captar la energía del sol y transformarlo en calor. Por medio de una estructura metálica se dota a los colectores de una inclinación idónea para lograr que la captación sea óptima durante todo del año.

La segunda parte el acumulador, o termotanque, es el depósito donde se almacena el agua caliente para su consumo. El tanque acumulador está diseñado para mantener la temperatura apropiadamente y evitar que el agua pierda su calor durante la noche.

El acumulador y los tubos colectores están unidos entre sí. El proceso de calentamiento del agua se inicia cuando los rayos solares inciden sobre la superficie de los tubos colectores, con la tecnología de punta de tricapa con la cual están elaborados, elevan la temperatura del agua.

El agua al calentarse pierde densidad y asciende al acumulador o termotanque. El agua fría más densa tiende a bajar a su vez, remplazando al agua más caliente, produciéndose así un ciclo permanente de calentamiento del agua mientras los rayos solares incidan en el colector.

Así se establece un circuito natural, en el cual toda la energía solar captada en el colector pasa al tanque. Al final del día hay agua caliente, entre 45 y 75 grados centígrados, almacenada en el termotanque sellado. Se estima que la pérdida media de temperatura durante la noche en el interior del tanque es de entre 3 y 7 grados centígrados, dependiendo de la ubicación geográfica en donde esté instalado, por lo tanto, se puede disfrutar de agua caliente almacenada durante la madrugada o por la mañana antes de que vuelva a salir el sol.



En el caso del Hospital Nacional de Chimaltenango, los calentadores solares se instalarán en la terraza del tercer nivel del edificio del ala materno infantil para que sea aprovechada al máxima la luz solar.

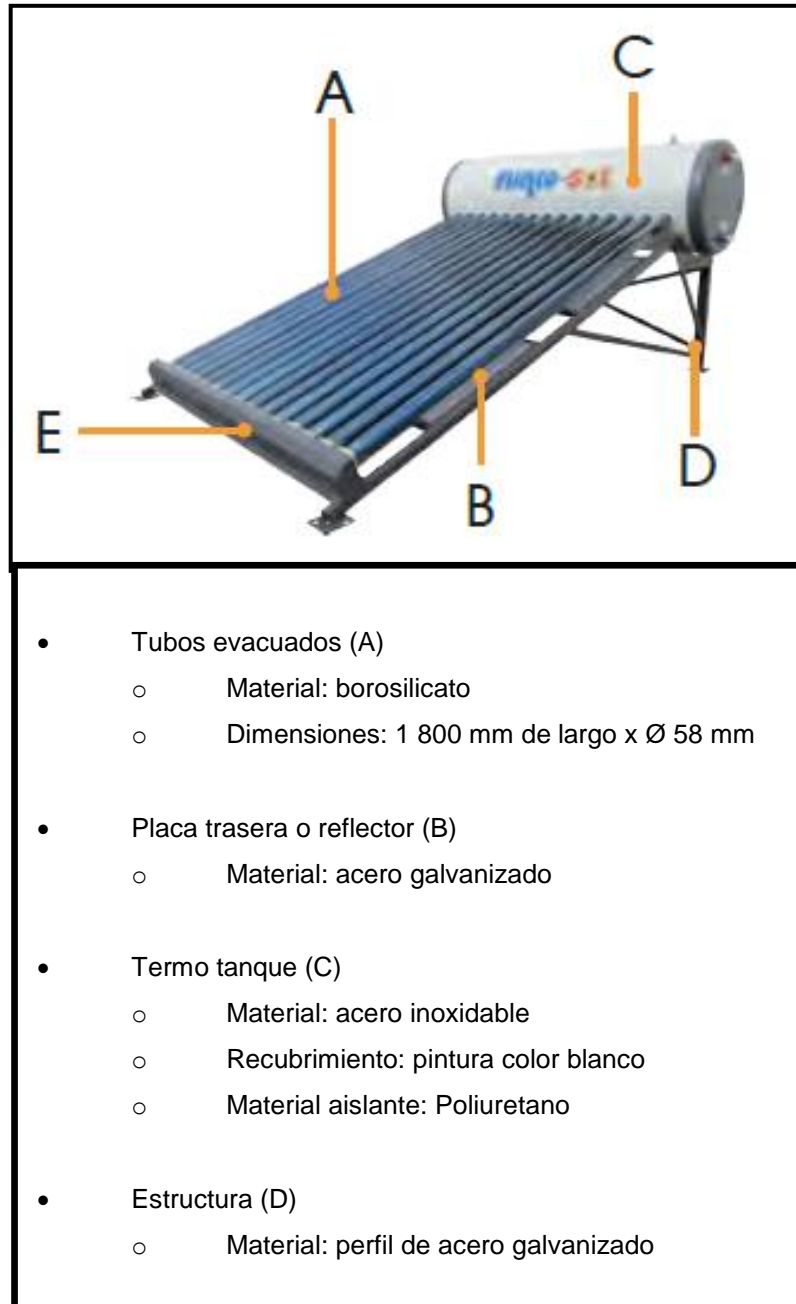
#### **2.1.4.2. Especificaciones técnicas**

A continuación se presentan las especificaciones técnicas con la cuales debe cumplir el calentador solar de tubo de vacío, para que pueda ser tomado en cuenta en el proyecto del nuevo sistema de calentadores de agua para el área de maternidad del Hospital Nacional de Chimaltenango.

Características que deben cumplir los calentadores de agua solares:

- Ecológico
- Hasta 80 °C de temperatura en el agua
- Instalación fácil y rápida
- Vida útil de 20 años
- Amortizable en menos de 2 años
  
- Componentes
  - Tubos evacuados
  - Placa trasera o reflector
  - Termo tanque
  - Estructura
  - Base para soporte de tubos

Figura 20. Componentes de calentador solar tubo de vacío



Fuente: Partes calentador solar. [http://www.calordehogar.com/archivos %20pdf/Ficha %20tecnica% 20solares.pdf](http://www.calordehogar.com/archivos%20pdf/Ficha%20tecnica%20solares.pdf). Consulta: 20 de mayo de 2015.

Figura 21. **Ficha técnica para calentador solar de tubo de vacío**

No. de tubos	20	25	30
Termotanque	Ø - 475 mm L - 1810 mm	Ø - 475 mm L - 2200 mm	Ø - 475 mm L - 2680 mm
Capacidad	200 L	250 L	300 L
Rendimiento	5 servicios simultáneos	6 servicios simultáneos	7 servicios simultáneos
Área de colección			4,2 m <sup>2</sup>
Volumen*	A - 1810 L - 2100 H - 1100	A - 2200 L - 2100 H - 1100	A - 2680 L - 2100 H - 1100

Fuente: *Ficha técnica*. [http://www.calordehogar.com/archivos %20pdf/Ficha% 20tecnica %20solares.pdf](http://www.calordehogar.com/archivos%20pdf/Ficha%20tecnica%20solares.pdf). Consulta: 23 de mayo de 2015.

### 2.1.4.3. **Diseño de tubería de agua caliente**

El diseño de la tubería de agua caliente consiste en la elección adecuada de la tubería que direccionará el agua caliente proveniente del calentador solar hacia las duchas del área de la maternidad. Por lo tanto, se tomarán en cuenta la tubería que cumpla con las siguientes normas técnicas:

- Tubería y conexiones

Las tuberías y conexiones deberán ser fabricadas con un compuesto de CPVC de alto impacto que garantiza un comportamiento excelente en los sistemas de distribución de agua fría y caliente. Una de las ventajas de las tuberías y conexiones es que se instalan muy fácilmente.

- Especificaciones técnicas

Los tubos y conexiones de CPVC deben cumplir con la norma ASTM D 2846 tubos de CPVC-CTS SDR 11, además deben cumplir con los requisitos para pruebas de laboratorio de alto impacto.

A continuación se presentan los tamaños y medidas de la tubería CPVC que se pueden emplear para la instalación de la tubería de agua caliente para el área de maternidad del Hospital Nacional de Chimaltenango.

Figura 22. **Diámetros nominales de tubería CPVC**

Diámetro Nominal Pulg.	Diámetro Externo Promedio mm.	Diámetro Interno Promedio mm.
1/2	15.9	12.3
3/4	22.2	18.1
1	28.6	23.4
1 1/4	34.9	28.6
1 1/2	41.3	33.8
2	54.0	44.2

Fuente: *Medidas nominales*. [http://durman.com/descargables/FT\\_CPVC\\_FGG\\_v2.pdf](http://durman.com/descargables/FT_CPVC_FGG_v2.pdf).

Consultado: 29 de mayo de 2015.

Los tubos y conexiones de tubería CPVC deberán cumplir con los siguientes rangos de temperatura y presión.

Figura 23. **Temperatura y presión para tubería CPVC**

Temperatura °C	Presión kg/cm <sup>2</sup>	Temperatura °F	Presión psi
23 °C	28 kg/cm <sup>2</sup>	73 ° F	400 psi
82 °C	7 kg/cm <sup>2</sup>	180 °F	100 psi

Fuente: *Especificaciones técnicas*. [http://durman.com/descargables/FT\\_CPVC\\_FGG\\_v2.pdf](http://durman.com/descargables/FT_CPVC_FGG_v2.pdf).  
Consulta: 29 de mayo de 2015.

Figura 24. **Vista de tubería de CPVC**



Fuente: *Medidas de tubo CPVC*. <http://macroelectric.com/images/Dibujotubos.jpg>. Consulta: 29 de mayo de 2015.

### **2.1.5. Cálculo de materiales**

A continuación se presenta el cálculo de materiales necesarios para realizar la instalación del sistema de calentadores de agua tipo solar propuesto para el área de maternidad.

#### **2.1.5.1. Listado de materiales**

A continuación se presentan los materiales necesarios para llevar a cabo la instalación de la propuesta del nuevo diseño del sistema de calentadores solares de tubo de vacío propuesto para el área de maternidad del Hospital Nacional de Chimaltenango.

Para la elección de los calentadores solares de agua, con base en la figura 21, se selecciona el calentador solar de tubo de vacío, el cual consta de 20 tubos de vacío y tiene un rendimiento para 5 servicios simultáneos. Dadas las condiciones climáticas de la ciudad de Chimaltenango y previendo que en la mayoría del año su clima es templado, se recomienda la instalación de 3 servicios simultáneos por cada calentador solar.

El cálculo de materiales se realiza para que el servicio de maternidad pueda contar con el servicio de agua caliente en 9 baños de los encamamientos del área de maternidad para el aseo personal de los pacientes, el listado es el siguiente:

- 3 calentadores solares de tubo de vacío con sus accesorios
- 75 metros de tubo CPVC de ½"
- 5 metros de tubo PVC de ½"
- 9 codos de 90° de CPVC de ½"

- 6 T de CPVC de ½”
- 9 codos de 90° de PVC de ½”
- 9 uniones de PVC de ½”
- ¼ de galón de pegamento para CPVC
- ¼ de galón de pegamento para PVC
- 4 rollos de teflón de ¾”
- 9 duchas
- 27 metros de tubo galvanizado de ½”
- 9 mezcladoras para agua fría y caliente
- 36 metros cuadrados de resane en paredes de baños

#### **2.1.6. Costo de propuesta del sistema de calentadores solares**

A continuación se presenta el cuadro que contiene el costo de la propuesta del nuevo sistema de calentadores de agua tipo solar para el encamamiento del área de maternidad del Hospital Nacional de Chimaltenango, el cual detalla la descripción de los materiales y precios unitarios.

Tabla II. Costo de propuesta de calentadores de agua tipo solar

<b>Hospital Nacional de Chimaltenango</b>					
<b>Proyecto: propuesta del sistema de calentadores de agua tipo solar</b>					
<b>Costo de la propuesta</b>					
Descripción	Medida	Cantidad	Precio unitario	Subtotal	Total final
Calentador solar, tipo tubo de vacío, Capacidad de 260 litros presurizado	Unidad	3	Q 12 500,00	Q37 500,00	
Tubo PVC de 1/2"	Metro lineal	5	Q 15,00	Q 75,00	
Tubo CPVC de 1/2"	Metro lineal	75	Q 22,00	Q 1 650,00	
Codos de 90° de CPVC de 1/2"	Unidad	9	Q 7,00	Q 63,00	
T de CPVC de 1/2"	Unidad	6	Q 7,00	Q 42,00	
Codos de 90° de PVC de 1/2"	Unidad	9	Q 3,00	Q 27,00	
Uniones de PVC de 1/2"	Unidad	9	Q 3,00	Q 27,00	
Pegamento para CPVC	1/4 Galón	1	Q 125,00	Q 125,00	
Pegamento para PVC	1/4 Galón	1	Q 85,00	Q 85,00	
Teflón de 3/4"	Unidad	4	Q 18,00	Q 72,00	
Duchas	Mes	9	Q 125,00	Q 1 125,00	
Tubo Galvanizado	Metro lineal	27	Q 18,00	Q 486,00	
Mezcladora para agua caliente y fría	Unidad	9	Q 375,00	Q 3 375,00	
Resane de paredes en baños	Mts <sup>2</sup>	36	Q 75,00	Q 2 700,00	
Mano de obra por instalación	Unidad	3	Q 1 250,00	Q 3 750,00	
<b>COSTO FINAL DE LA PROPUESTA DE CALENTADORES SOLARES TIPO TUBO DE VACÍO</b>					<b>Q 51 102,00</b>

Fuente: elaboración propia.

El costo total de la propuesta del nuevo sistema de calentadores de agua tipo solar para el área de maternidad del Hospital Nacional de Chimaltenango asciende a un total de Q 51 102,00. Este costo deberá ser considerado en el presupuesto del año 2015 del Hospital Nacional para ejecutarse lo más pronto posible, dada la importancia de contar con este servicio, vital para la recuperación de los pacientes que hacen uso de las instalaciones de maternidad de este centro asistencial.



## **2.2. Diseño técnico del sistema de calentadores de agua a gas**

A continuación se presenta el estudio técnico del sistema de calentadores de agua a gas, propuesto para el área de maternidad del Hospital Nacional de Chimaltenango.

### **2.2.1. Condiciones mínimas de funcionamiento**

Las condiciones mínimas de funcionamiento de un calentador de agua a gas para el área de maternidad para el Hospital Nacional de Chimaltenango son las siguientes.

- Condiciones de operación mínimas:
  - Temperatura de salida de agua caliente en ducha: 42 °C
  - Caudal mínimo de agua en salida de ducha: 2 L/min
  - Caudal máximo de agua en salida de ducha: 18 L/min

La propuesta del diseño técnico del nuevo sistema de calentadores de agua a gas deberá contar con 3 calentadores independientes con su respectiva tubería de agua caliente y fría. Deberán estar capacitados para abastecer agua caliente a 3 duchas simultáneamente y contar cada uno con su propio cilindro de gas con capacidad de almacenaje de 100 lbs.

La ubicación de los calentadores de agua a gas debe ser en un espacio de fácil acceso para el cambio de los cilindros de gas, debe estar en el exterior del edificio y cerca del área de maternidad. Se cuenta con el espacio físico disponible en un corredor del segundo nivel cercano a los encamamientos del área de maternidad, el cual se presenta en la figura 25.

Figura 25. **Ubicación física para los calentadores de agua a gas**



Fuente: segundo nivel, edificio materno infantil del Hospital Nacional de Chimaltenango.

### **2.2.2. Ventajas y desventajas**

- Ventajas del calentador de agua a gas
  - La cantidad de agua caliente es ilimitada.
  - El gas es el más económico que la electricidad.
  - El calentador no se pica, ya que no hay acumulación de agua que genere corrosión.
  - Ahorran espacio, son ligeros, silenciosos y fáciles de transportar.
  - Larga vida útil de 20 años.
  - El manejo es simple.
  - Requiere un mantenimiento mínimo.

- Desventajas del calentador de agua a gas
  - La temperatura del agua puede variar inesperadamente
  - El agua tarda un tiempo en salir caliente
  - Necesita un caudal mínimo de agua para funcionar
  - La instalación necesita más revisiones periódicas
  - El gas y su combustión es potencialmente más peligroso

### **2.2.3. Selección del calentador de agua a gas**

A continuación se presentan las partes de un calentador de agua a gas, características técnicas y de operación para el área de maternidad del Hospital Nacional de Chimaltenango.

#### **2.2.3.1. Partes de un calentador de agua a gas**

Las cuatro partes principales del calentador de agua a gas son:

- Cuerpo de agua: posibilita el encendido automático del quemador principal en función de la demanda de agua caliente, realizada al abrir un grifo de la instalación de agua caliente.
- Cuerpo de gas: determina el funcionamiento del quemador principal en función de si es modulante o fijo. Incorpora elementos de seguridad y de encendido.
- Intercambiador: es el cuerpo donde se realiza el intercambio térmico entre los gases de la combustión del quemador principal y el agua que circula por el interior del serpentín.

- Campana extractora de gases: tolva de acero que recoge los gases para su evacuación.

El funcionamiento de los aparatos de gas del mercado actual se basa en la detección del paso del agua fría en el cuerpo de agua, al deformarse una membrana elástica (neopreno o silicona) que actúa sobre mecanismos que transmiten acciones al paso de gas

El conjunto del quemador está constituido por varios quemadores de llama azul construidos en acero inoxidable. La mezcla adecuada de gas y el aire se realiza en el cuerpo de cada uno de los quemadores, por mediación del diseño en la forma y por el efecto Venturi, para posteriormente salir por una rejilla.

El mando es el accionador manual para las funciones de apagado, encendido del piloto y funcionamiento normal.

El intercambiador de calor o serpentín se realiza en cobre con baño de estaño-plomo, para proteger de corrosiones por los ácidos que puedan producir los gases y el vapor de agua de la combustión.

La superficie de intercambio debe ofrecer un buen rendimiento térmico con el mínimo espacio, por eso se utiliza una plancha que forma el hogar de la combustión. Los calentadores suelen disponer de una sonda térmica en el intercambiador para detectar un sobrecalentamiento anormal.

La campana extractora debe permitir una buena recogida de los gases. Mediante el cortatiro que se incorpora, se debe evitar un posible retroceso de los gases de la combustión.

El sistema de extracción de gases debe completarse con la instalación de un conducto de evacuación que asegure el tiro de los gases por la temperatura que posean.

Algunos calentadores incorporan un ventilador para forzar la salida de los gases y una sonda diferencial para ponerlo en marcha. Otra sonda térmica se coloca en el cortatiro para detectar los retrocesos de gases calientes por una mala conducción al exterior. El flujo correcto de los gases quemados se produce cuando el tiro natural no tiene perturbaciones.

Cuando existen perturbaciones, por entrada de aire frío desde el conducto o cuando hay obstrucciones (nidos de aves u otros) en el mismo, el cortatiro actúa cortando el paso de gas y apagando totalmente el aparato.

La electroválvula es un elemento que, en combinación con el termopar, constituye el dispositivo de seguridad del aparato de gas. El termopar es un elemento que genera electricidad cuando recibe calor de la llama del quemador piloto y alimenta a la electroválvula que retiene la válvula de seguridad de gas.

La sonda de ionización es un elemento que constituye otro sistema de dispositivo de seguridad del aparato de gas, se instala en los calentadores automáticos modulantes. Se basa en la ionización (pérdida de electrones) de las moléculas del combustible al quemarse y en la conveniente colocación de unos electrodos para detectar la corriente que atraviesa la llama.

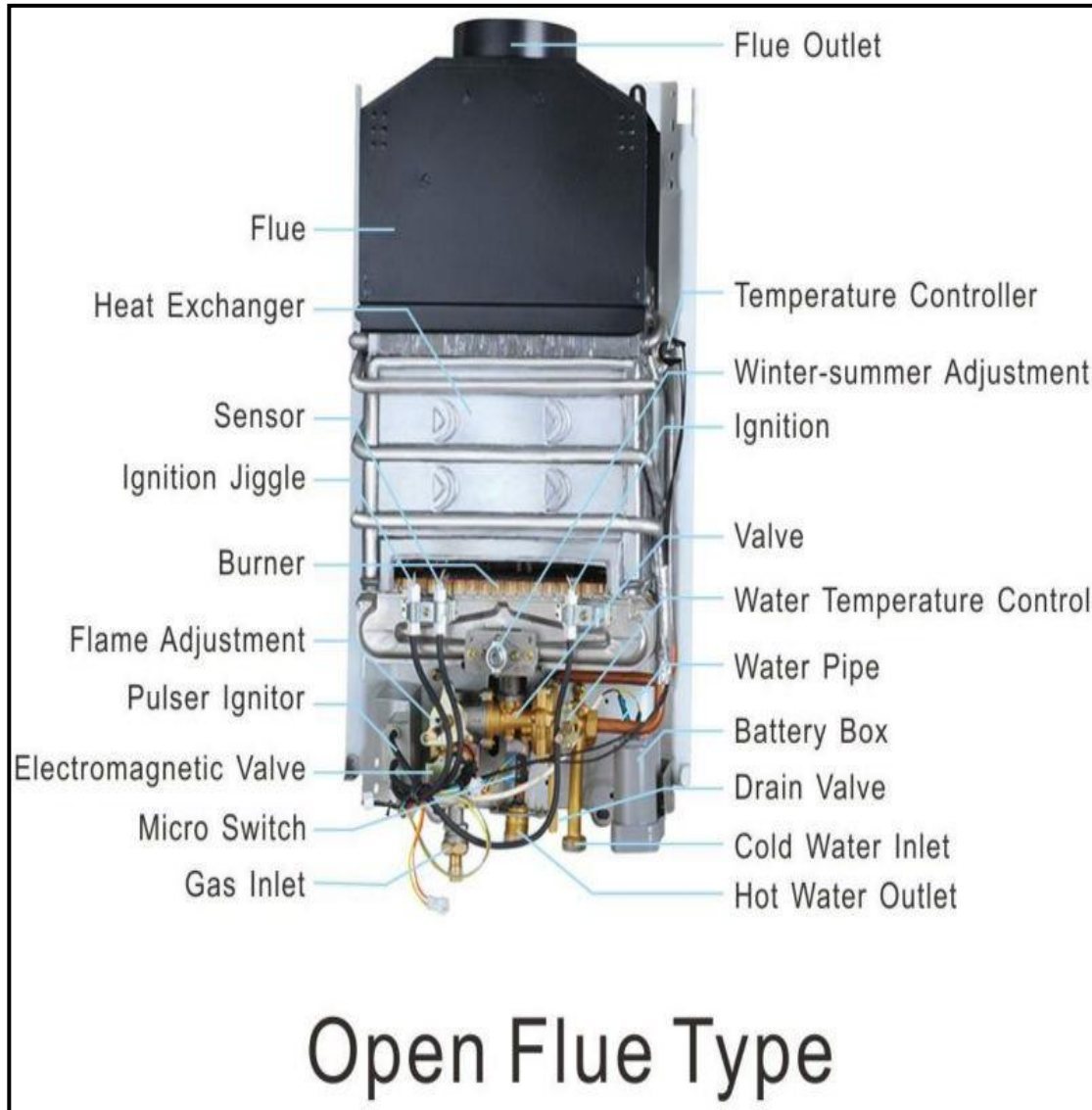
El uso de la sonda de ionización implica disponer de una pequeña central electrónica que amplifica la débil señal de la corriente que se produce por la ionización de la llama, además realiza otras funciones como el encendido y control de la temperatura.

El regulador de caudal de agua estabiliza el caudal en función de las variaciones de presión que puedan sobrevenir al cuerpo de agua. El sistema de encendido puede ser:

- De encendido manual con cerillas o mecheros de la llama piloto
- De encendido manual por dispositivo piezoeléctrico de la llama piloto
- De encendido manual por torrente de chispa de la llama piloto
- De encendido automático por torrente de chispa de la llama piloto
- De encendido automático por transformador de AT y bujía
- De encendido automático por dinamo

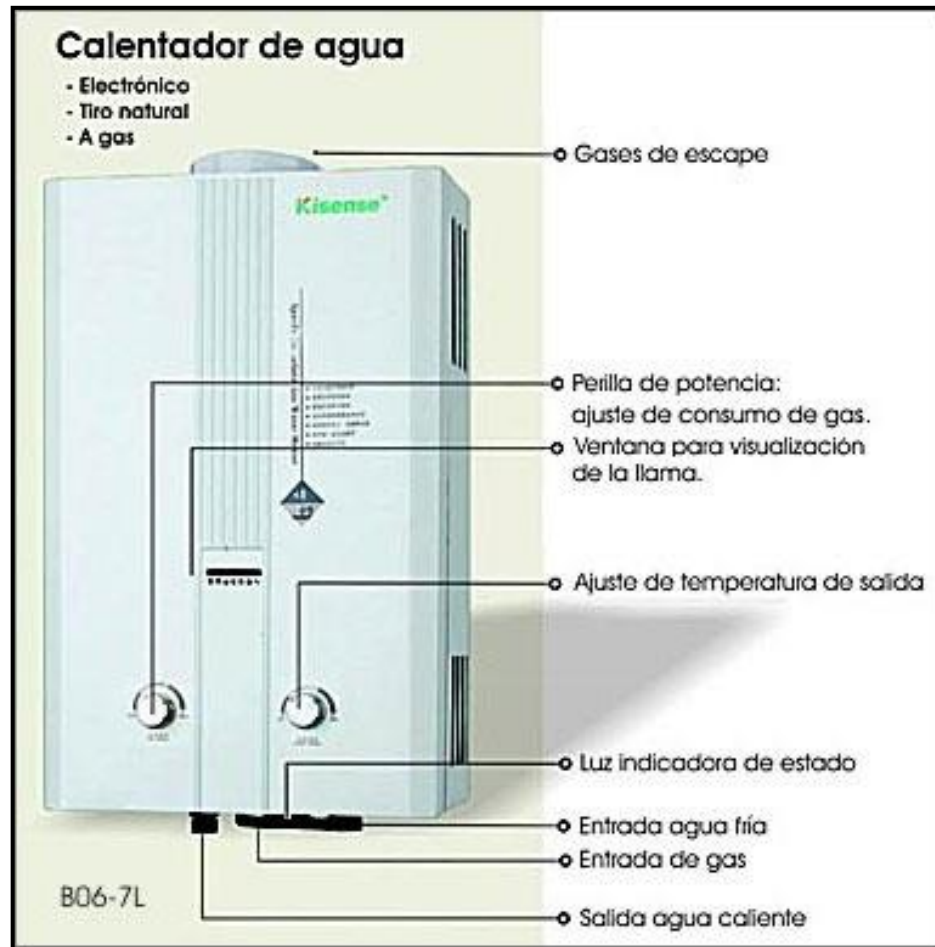
Los calentadores pueden ser de combustión abierta y estancos. Los calentadores estancos disponen de un doble tubo concéntrico, uno para la admisión de aire y el otro para la evacuación de los gases, y un ventilador accionado por un elemento de control.

Figura 26. **Vista interior de calentador de agua a gas**



Fuente: *Partes de calentador de agua a gas*. <http://g03.s.alicdn.com/kf/HT1Vxd0FOdbXXagOFbXQ/200130408/HT1Vxd0FOdbXXagOFbXQ.jpg>. Consulta: 4 de junio de 2015.

Figura 27. Vista frontal de calentador de agua a gas comercial



Fuente: *Calentador de agua*. <http://www.kisense.com.ve/espa/images/descrip2.jpg>.

Consulta: 6 de junio de 2015.

### 2.2.3.2. Especificaciones técnicas del calentador de agua a gas

El nuevo sistema de calentadores de agua a gas propuesto para el área de maternidad del Hospital Nacional de Chimaltenango debe cumplir con las siguientes especificaciones técnicas mínimas.



- Quemador hecho de acero inoxidable de alta calidad.
- Válvulas de aluminio con baño electrolítico para evitar corrosión.
- Intercambiador de calor fabricado en cobre y sumergido en baño de acero para aumentar la transferencia de calor al agua.
- Chimenea de hierro con baño de pintura de aluminio que la protegerá de la corrosión.
- Cobertor de hierro laminado calibre 26 y pintado con pintura a presión horneada, para darle esa apariencia satinada y de gran durabilidad.
- Válvula de seguridad que lo protege de picos de presión de agua (máximo 72,57 PSI).
- Dispositivo electrónico que cierra la válvula de gas cuando hay muy poca presión de agua (menos de 3,63 PSI) o cuando haya exceso de temperatura en el intercambiador.
- Interruptor de seguridad con el cual el cliente puede imposibilitar que el calentador haga chispa de ignición si van a salir de la casa por varios días.
- Rango de altas presiones para que funcione entre los 3,69 a los 72,75 PSI.
- Consumo energético de 0,41 PSI de gas licuado del petróleo.

- La capacidad del calentador de agua deberá de ser de 18 litros para poder abastecer a 5 duchas.

#### **2.2.3.3. Diseño de tubería de agua caliente**

El diseño de la tubería de distribución de agua caliente para el calentador de agua a gas será de CPVC de ½”, que debe cumplir con la Norma ASTM D 2846 tubos de CPVC-CTS SDR 11, además deben cumplir con los requisitos para pruebas de laboratorio de alto impacto.

La distribución de la tubería CPVC de ½” será aérea, de la terraza del tercer nivel bajará al segundo nivel, al servicio sanitario, específicamente en las duchas, donde irá acoplado a las mezcladoras de agua fría y caliente, rompiendo la pared para colocar la tubería. Al finalizar los trabajos de colocación de tubería se resanará la pared y se instalará azulejo color blanco.

#### **2.2.3.4. Diseño de tubería de agua fría**

El sistema de distribución de agua fría comprende la red de tuberías de distribución necesarias para alimentar el nuevo sistema de calentadores de agua a gas, con el gasto y presión requeridos.

Para la instalación de agua fría se utilizará tubería de cloruro de polivinilo estándar 1120 SDR CR-256-63 y ASTM-D 2241-68 de 250 PSI para diámetros de ¾” en adelante, mientras que para tubería de ½” se utilizará tubería de 315 PSI.

La tubería de PVC deberá almacenarse bajo techo, previendo una buena ventilación. Deberá almacenarse acostada en estantes donde tenga soporte continuo hasta el momento de su uso. Se pondrá especial cuidado en que las campanas de conexión queden alternas para evitar sobreesfuerzos.

Previamente a su instalación, la tubería deberá estar libre de tierra, pintura, aceite, polvo o cualquier otro material que se encuentre en su interior o en las caras exteriores de los extremos del tubo que se insertarán en las juntas correspondientes.

Las subidas en las paredes para suministro de los artefactos serán de tubo de PVC de ½" de diámetro, de acuerdo a lo señalado en los planos. Las subidas deben estar convenientemente ancladas para evitar movimientos que puedan causar roturas de la tubería.

Toda la instalación de tubería deberá ser probada para resistencia y estanqueidad, sometiéndola a presión interna por agua antes de hacer el relleno total de las zanjas. Se deberá rellenar previamente, solo aquellas partes en las que se necesita soporte del suelo como anclaje de la tubería.

Para la desinfección, se deberá comenzar a vaciar la tubería llenándola después con agua que contenga 300 ppm de cloro, la que se mantendrá 24 horas en la tubería. Cuando no se pueda vaciar previamente la tubería, se introducirá un volumen igual a dos veces el volumen contenido, proporcionando escapes en todos los extremos durante la aplicación de agua clorada para la desinfección.

## 2.2.4. Cálculo de materiales

A continuación se presenta el cálculo de materiales necesarios para realizar la instalación del sistema de calentadores de agua a gas propuesto para el área de maternidad.

### 2.2.4.1. Listado de materiales

El listado de materiales que se presenta a continuación es para llevar a cabo la instalación de 3 calentadores de agua a gas, distribuido en 9 baños del área de maternidad. Con esto se llevaría a cabo la propuesta final del nuevo sistema de calentadores de agua a gas para el área de maternidad del Hospital Nacional de Chimaltenango.

- 18 metros de tubo de PVC de  $\frac{3}{4}$ "
- 18 metro tubo de CPVC de  $\frac{3}{4}$ "
- 20 codos de CPVC de  $\frac{3}{4}$ "
- 9 tee de CPVC de  $\frac{3}{4}$ "
- 14 codos de PVC de  $\frac{3}{4}$ "
- 12 adaptadores macho de PVC de  $\frac{3}{4}$ "
- 12 adaptadores macho de CPVC de  $\frac{3}{4}$ "
- 2  $\frac{1}{4}$  de galones de pegamento CPVC
- 2  $\frac{1}{4}$  de galones de pegamento PVC
- 9 mezcladoras de agua caliente y fría
- 9 boquillas para ducha
- 3 reguladores de punta *pool*
- 15 rollos de teflón de  $\frac{1}{2}$ "
- 3 metros de tubo de cobre de  $\frac{3}{8}$ "
- 3 llaves de paso

- 6 codos de cobre de 3/8"
- 3 adaptadores de cobre de 3/8"
- 15 metros cuadrados de azulejo
- 5 bolsas de Pegamix
- 3 sacos de cemento gris
- 1 metro cúbico de arena de río
- 1 metro cúbico de piedrín

#### **2.2.4.2. Solicitud de pedido**

El primer paso administrativo para el desarrollo del proyecto, es elaborada por el Departamento de Mantenimiento, en ella se detallan las descripciones de los materiales solicitados, cantidades, unidades de medidas, costo, renglón financiero y otra información administrativa requerida para el trámite de la correspondiente solicitud. Después se imprime y el ingeniero de mantenimiento la revisa, firma y sella, se adjuntan 3 copias previamente firmadas y selladas por el jefe de mantenimiento.

Se presenta solicitud de pedido realizada por el Departamento de Mantenimiento para la realización del nuevo sistema de calentadores de agua a gas propuesto para el área de maternidad del Hospital Nacional de Chimaltenango.

Figura 28. **Solicitud de pedido materiales para propuesta de calentadores de agua a gas**

SOLICITUD DE PEDIDO							
Codigo Unidad:		237		Correlativo Sección de Compras			
Unidad Ejecutora: Hospital Nacional de Chimaltenango							
Departamento solicitante: MANTENIMIENTO							
Fecha de la solicitud: 29 de Mayo de 2015				Teléfono/ext. 79317474 extension 522/525			
					USO EXCLUSIVO		
					Financiero	Compras	
No.	Cantidad Solicitada	Cantidad Autorizada	Unidad de Medida	Descripción del bien o servicio solicitado	Reglón afectado	Valor estimado	Incluido en PAAC
1	18		Metro	Tubo de PVC de 3/4"			
2	18		Metro	Tubo de CPVC de 3/4"			
3	29		Unidad	Codos CPVC de 3/4"			
4	9		Unidad	Tee de CPVC de 3/4"			
5	14		Unidad	Codos PVC de 3/4"			
6	12		Unidad	Adaptadores macho PVC de 3/4"			
7	12		Unidad	Adaptadores macho CPVC de 3/4"			
8	2		1/4 Galon	Pegamento CPVC			
9	2		1/4 Galon	Pegamento PVC			
10	9		Unidad	Mezcladoras de agua caliente y fria			
11	9		Unidad	Boquillas para ducha			
12	3		Unidad	Regulador de punta pool			
13	3		Metro	Tubo de cobre de 3/8"			
14	3		Unidad	Llave de paso de 1/2"			
15	6		Unidad	Codo de cobre de 3/8"			
16	3		Unidad	Adaptador de cobre de 3/8"			
17	15		m2	Azulejo de 10 cms por 10 cms color blanco			
18	5		Bolsa	Pegamix			
19	3		Saco	Cemento Gris			
20	1		m3	Arena de rio			
21	1		m3	Piedrin			
<b>TOTAL</b>						<b>Q20,581.00</b>	
<b>Justificación/Observaciones:</b> Estos materiales son necesarios para realizar la instalacion de los calentadores a gas con capacidad de 18 litros en el segundo nivel del ala materno infantil para el area de maternidad de este centro asistencial							
<b>Solicitante:</b>							
Jose Luis Noj			Firma		Jefe de Mantenimiento		
Nombre completo Servidor Público					Cargo		
<b>Autorización:</b>							
Lic. Martin Alejandro Simaj Sal			Firma y sello		Gerente Administrativo Financiero.		
Administrativo Financiero UE					Cargo		

Fuente: Departamento de Mantenimiento, Hospital Nacional de Chimaltenango.

### 2.2.5. Costo de propuesta de calentadores de agua a gas

A continuación se presenta el cuadro final del costo de la propuesta del nuevo sistema de calentadores de agua a gas para el área de maternidad del Hospital Nacional de Chimaltenango.

Figura 29. Costo de propuesta de calentadores de agua a gas

<b>Hospital Nacional de Chimaltenango</b>					
<b>Proyecto: propuesta del sistema de calentadores de agua a gas</b>					
<b>Costo de la propuesta</b>					
Descripción	Medida	Cantidad	Precio unitario	Subtotal	Total final
Instalación y puesta en funcionamiento de calentador de agua a gas con capacidad de 18 litros	Unidad	3	Q 3 750,00	Q11 250,00	
Tubo de PVC de 3/4"	Metro lineal	18	Q 20,00	Q 360,00	
Tubo de CPVC de 3/4"	Metro lineal	18	Q 15,00	Q 270,00	
Codos CPVC de 3/4"	Unidad	20	Q 7,00	Q 140,00	
Tee de CPVC de 3/4"	Unidad	9	Q 7,00	Q 63,00	
Codos PVC de 3/4"	Unidad	14	Q 7,00	Q 98,00	
Adaptadores macho PVC de 3/4"	Unidad	12	Q 3,00	Q 36,00	
Adaptadores macho CPVC de 3/4"	Unidad	12	Q 7,00	Q 84,00	
Pegamento CPVC	1/4 Galón	2	Q 250,00	Q 500,00	
Pegamento PVC	1/4 Galón	2	Q 125,00	Q 250,00	
Mezcladoras de agua caliente y fría	Unidad	9	Q 375,00	Q 3 375,00	
Boquillas para ducha	Unidad	9	Q 125,00	Q 1 125,00	
Regulador de punta pool	Unidad	3	Q 75,00	Q 225,00	
Teflón de 1/2"	Rollo	15	Q 8,00	Q 120,00	
Tubo de cobre de 3/8"	Metro lineal	3	Q 125,00	Q 375,00	
Llave de paso	Unidad	3	Q 45,00	Q 135,00	
Codo de cobre de 3/8"	Unidad	6	Q 45,00	Q 270,00	
Adaptador de cobre de 3/8"	Unidad	3	Q 55,00	Q 165,00	
Azulejo	Mts <sup>2</sup>	15	Q 55,00	Q 825,00	
Pegamix	Bolsa	5	Q 75,00	Q 375,00	
Cemento Gris	Saco	3	Q 80,00	Q 240,00	
Arena de río	Mts <sup>3</sup>	1	Q 125,00	Q 125,00	
Piedrín	Mts <sup>3</sup>	1	Q 175,00	Q 175,00	
<b>Costo final de la propuesta del sistema de calentadores de agua a gas</b>					<b>Q 20 581,00</b>

Fuente: elaboración propia.

El costo total de la propuesta del nuevo sistema de calentadores de agua a gas para el área de maternidad del Hospital Nacional de Chimaltenango asciende a un total de Q 20 581,00. Cabe mencionar que el costo de la mano de obra por instalación y puesta en funcionamiento no se toma, debido a que el personal de mantenimiento realizará la instalación y puesta en funcionamiento del nuevo sistema de calentadores de agua a gas.

Este costo final deberá ser considerado en el presupuesto del año 2015 del Hospital Nacional para ejecutarse lo más pronto posible, dada la importancia de contar con este servicio, vital para la recuperación de los pacientes que hacen uso de las instalaciones de maternidad de este centro asistencial.

### **2.3. Recomendaciones para instalación de calentadores de agua a gas**

Para el óptimo funcionamiento de la propuesta del nuevo sistema de calentadores de agua a gas y seguridad de todo el personal del área de maternidad se dan las siguientes recomendaciones para su instalación:

- Los calentadores a gas deberán instalarse en la parte externa del edificio de maternidad para que posean una adecuada ventilación y sea de fácil acceso al momento de realizar algún mantenimiento preventivo y limpieza, este edificio ya cuenta con esta área.
- La tubería de PVC de agua fría no debe tener contacto directo con el sol, si en algún momento se presenta esta situación, se debe pintar la tubería PVC con pintura de aceite color negro, para evitar la formación de algas dentro de la tubería.
- La capacidad de los cilindros de gas para los calentadores deberá ser de 100 lbs por calentador que se instale.
- Los calentadores a gas deberán contar con un techado, para evitar que queden expuestos por la luz solar.



- Bajo ninguna circunstancia se deberán instalar cilindros de gas dentro del edificio del área de maternidad, por seguridad de todo el personal y pacientes.

### **3. FASE DE DOCENCIA**

#### **3.1. Plan de mantenimiento preventivo de calentadores de agua a gas**

El plan de mantenimiento preventivo llevará a un nivel confiable de operación del sistema de calentadores de agua para y así garantizar el óptimo funcionamiento y alargar la vida útil de los calentadores del área de maternidad del Hospital Nacional de Chimaltenango.

Se tiene contemplado realizar el plan de mantenimiento preventivo cada seis meses, basándose en las rutinas de mantenimiento preventivo que se proponen en el inciso 3.4 del presente capítulo, siguiendo sus indicaciones y recomendaciones, ya que el Departamento de Mantenimiento del Hospital Nacional de Chimaltenango estará a cargo.

Para alcanzar dichos objetivos se deberá llevar un registro periódico de las rutinas de mantenimiento preventivo realizado al sistema de calentadores de agua a gas, para llevar el control de repuestos críticos e insumos necesarios para la realización de la rutina de mantenimiento preventivo.

En el inciso 3.3 se presenta la orden de trabajo que deberá ser llenada por la jefatura de Mantenimiento para iniciar con el control y seguimiento de la rutina de mantenimiento preventivo a los calentadores a gas.

En el inciso 3.4 se presenta el formato de mantenimiento preventivo que deberá ser llenado por los mecánicos del Departamento de Mantenimiento que realizarán el mantenimiento preventivo al sistema de calentadores a gas, previa orden de trabajo revisada y autorizada por el ingeniero de mantenimiento, al momento de cumplir con el periodo establecido por el plan.

### **3.2. Capacitación al personal de mantenimiento**

La capacitación al personal mantenimiento, en este caso los mecánicos, se realizará por el practicante del presente EPS, quien impartirá 5 capacitaciones a todo el personal de mantenimiento en horario de 8 a.m. a 12 p.m. para describir el funcionamiento, partes principales de los calentadores, cómo realizar la rutina de mantenimiento preventivo y correctivo del sistema de calentadores a gas, recomendaciones para la instalación de las tuberías de agua fría y caliente, ubicación de los calentadores, recomendaciones técnicas, uso adecuado y fallas frecuentes en este tipo de calentadores para garantizar el buen funcionamiento del equipo de enfriamiento.

El personal a cargo del mantenimiento preventivo del nuevo sistema de calentadores de agua a gas será los mecánicos, designados por el ingeniero de mantenimiento, que cumplan con el perfil y experiencia necesaria para la realización efectiva realización del mantenimiento preventivo. El ingeniero de mantenimiento dará los lineamientos y el formato de mantenimiento preventivo propuesto para que el personal previamente capacitado realice las rutinas de mantenimiento preventivo a cada uno de los tres calentadores de agua a gas que se encuentren instalados en el área de la maternidad.

### 3.3. Formato de orden de trabajo

A continuación se presenta el modelo de la orden de trabajo que será implementada cuando el nuevo sistema de calentadores de agua a gas sea instalado. Este modelo de orden de trabajo servirá para llevar el cabo el diagnóstico inicial de los calentadores cuando sea reportado el mal funcionamiento del equipo.

Figura 30. Modelo de orden de trabajo para calentador de agua a gas

HOSPITAL NACIONAL DE CHIMALTENANGO		MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL		DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO			
<b>ORDEN DE TRABAJO</b>							
PARA EQUIPOS E INSTALACIONES							
ORDEN NÚM.	MP		DESCRIPCIÓN DE EQUIPO O INSTALACION:		CODIFICACIÓN DEL EQUIPO:		
	MC						
	OTRO						
SERVICIO SOLICITANTE:			MARCA:		MEDIDA APLICADA/ÚLTIMA FECHA:		
NOMBRE DEL SOLICITANTE:			MODELO Y SERIE:		TÉCNICO RESPONSABLE:		
TELÉFONO:			FABRICANTE:		FIRMA Y SELLO DE AUTORIZACIÓN:		
FECHA:		SERVICIO INTERNO					
		SERVICIO EXTERNO					
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO SOLICITADO:							
INFORME Y OBSERVACIONES DEL TÉCNICO				USO EXCLUSIVO PARA MANTENIMIENTO			
				FECHA:		HORA:	
				NOMBRE Y FIRMA DEL ENCARGADO		SELLO DEL SERVICIO	
FIRMA		Vo. Bo. Jefe de mantenimiento					

Fuente: elaboración propia.

### 3.4. Formato de rutina de mantenimiento

A continuación se presenta el formato de la rutina de mantenimiento preventivo propuesto para el sistema de calentadores de agua a gas del área de maternidad del Hospital Nacional de Chimaltenango.

Figura 31. Formato de rutina de mantenimiento preventivo a calentador

<p>Sí sabe de salud!</p>	<b>HOSPITAL NACIONAL DE CHIMALTENANGO</b> RUTINA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO								
	Servicio: <u>  </u> <b>Área de maternidad, edificio materno infantil</b>	Equipo: <u><b>Calentador de agua a gas</b></u>		Fecha: <u>                    </u>					
Realizó : <u>  </u>	Orden de trabajo: <u>                    </u>								
No.	Partes a revisar	Actividades	Observaciones						
1	Calentador a gas	Inspeccionar las condiciones ambientales en las que se encuentra el calentador de agua a gas							
2	Tubería de gas	Revisar que no existan fugas de gas en tubería de cobre, acoples, tubería flexible de gas y válvula regulador de gas							
3	Tubería de agua fría	Revisar que no existan fugas de agua, revisar acoples, nipples y revisar que la tubería PVC no este expuesta a los rayos del sol							
4	Tubería de agua caliente	Revisar que no existan fugas de agua caliente, revisar acoples, nipples y revisar que la tubería CPVC no este expuesta a los rayos del sol y revisar las mezcladoras en busca de fugas							
5	Quemador de gas	Desarmar la parte frontal del calentador y desmontar el quemador de gas y limpiar para eliminar el hollín existente.							
6	Válvula de drenado	Revisar la válvula que se encuentre en buenas condiciones y drenar el agua para comprobar funcionamiento							
7	Intercambiador de calor	Revisar la tubería de cobre del intercambiador de calor que no existan fugas, limpiar el intercambiador de calor.							
8	Modulador de temperatura	Revisar que el rango de temperatura del agua se encuentre entre los 55 a 65 °C							
9	Válvula electromagnética	Comprobar el correcto funcionamiento de la válvula electromagnética del paso de gas al calentador							
10	Sensor de temperatura	Revisar el correcto funcionamiento del sensor de temperatura de la salida del agua caliente							
11	Caja de baterías	Revisar el voltaje del par de baterías tipo D de 1,5 V y reemplazar por baterías alcalinas							
12	Prueba de funcionamiento y ajustes	Comprobar el funcionamiento del equipo y evaluar por 15 minutos el comportamiento del equipo para evitar alguna falla por mala instalación							
13	Empotramiento del calentador de gas a la pared	Revisar soportería, pernos, tornillos y fijaciones en general del calentador a gas							
<b>Repuestos :</b> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> </table>									
Reviso : <u>  </u> Firma e iniciales		Realizó : <u>  </u> Firma e iniciales							

Fuente: elaboración propia.

### **3.5. Presentación de mejoras y avances**

La presentación del presente informe final de EPS se realizará en la oficina de la Dirección Ejecutiva, donde se tendrá una reunión con los jefes de los departamentos de Mantenimiento, Compras, Presupuesto y Gerencia para evaluar, calificar y definir la mejor propuesta técnica y económica para el nuevo sistema de calentadores de agua para el área de maternidad del Hospital Nacional de Chimaltenango, que se espera implementar en los próximos meses.

El avance de instalación e implementación del sistema de calentadores de agua quedará bajo la dirección y supervisión del jefe de mantenimiento, quien dará los lineamientos técnicos, ubicación de los equipos, selección del equipo, forma de instalación de la tubería de agua fría y caliente, forma de ejecución y pruebas de funcionamiento para garantizar el óptimo funcionamiento del sistema de calentadores de agua para el área de maternidad.

Asimismo, el jefe de mantenimiento dará inicio al historial de mantenimiento preventivo, con base en el formato de orden de trabajo y rutina de mantenimiento preventivos al nuevo sistema de calentadores de agua para dar seguimiento y control a la bitácora de mantenimiento preventivo del sistema.



## CONCLUSIONES

1. Se diagnosticaron las condiciones actuales del sistema de duchas eléctricas que abastecen de agua caliente al área de encamamiento de maternidad del Hospital Nacional de Chimaltenango y se evidenció la falta de un plan de mantenimiento preventivo.
2. Se establecieron las condiciones mínimas de operación, especificaciones técnicas del sistema, requerimientos técnicos mínimos de funcionamiento, cálculo de materiales, costo final de la instalación y puesta en funcionamiento de la propuesta del diseño técnico del sistema de calentadores de agua solares para el área de maternidad del Hospital Nacional de Chimaltenango.
3. Se establecieron las condiciones mínimas de operación, ventajas y desventajas, especificaciones técnicas del equipo, criterios para la selección del equipo, cálculo de materiales, costo final de la instalación y puesta en funcionamiento de la propuesta del diseño técnico del sistema de calentadores de agua a gas para el área de maternidad del Hospital Nacional de Chimaltenango.
4. Se eligió, entre los 2 diseños técnicos presentados, el diseño técnico del sistema de calentadores de agua a gas para el área de maternidad del Hospital Nacional de Chimaltenango, conjuntamente con la Dirección Ejecutiva y Gerencia Administrativa Financiera, por ser la opción más económica, eficiente y amigable con el medio ambiente.



5. Se estableció el diseño de un plan de mantenimiento preventivo que incluye las rutinas trimestrales de mantenimiento preventivo para el nuevo sistema de calentadores de agua a gas del área de maternidad del Hospital Nacional de Chimaltenango, con base en el manual del fabricante y recomendaciones técnicas del practicante de EPS.
  
6. Se realizó la capacitación del personal de mantenimiento y la aplicación adecuada de las rutinas de mantenimiento preventivo al nuevo sistema de calentadores de agua a gas del área de maternidad del Hospital Nacional de Chimaltenango, para que pueda prestar un servicio eficiente, amigable con el medio ambiente y garantizar la funcionalidad del sistema de calentadores de agua del área de maternidad.

## RECOMENDACIONES

Al Ingeniero encargado de mantenimiento

1. Gestionar e implementar el sistema de calentadores de agua a gas para el área de maternidad, con base en las especificaciones técnicas y el diseño técnico propuesto en el presente trabajo de graduación, siendo la propuesta que mejor se adapta a las necesidades del área de maternidad por su costo y por ser una propuesta amigable con el medio ambiente.
2. Controlar y habilitar una bitácora de mantenimiento preventivo al nuevo sistema de calentadores de agua a gas del área de maternidad para llevar el historial de mantenimiento preventivo, con base en las órdenes de trabajo solicitadas y rutinas de mantenimiento preventivo realizadas.
3. Proteger la tubería de abastecimiento de agua potable de la exposición directa de los rayos del sol, aplicando pintura o recubriendo la tubería con algún material aislante.

A los mecánicos encargados de realizar el mantenimiento

4. Recibir la capacitación sobre el funcionamiento y partes principales de los calentadores de agua a gas antes de realizar cualquier tipo de reparación o rutina de mantenimiento preventivo, para evitar fallas o daños al sistema por mal uso o desconocimiento técnico del nuevo sistema de calentadores de agua a gas del área de maternidad.

5. Llenar adecuadamente los formatos de rutinas de mantenimiento preventivo para el sistema de calentadores de agua a gas, anotando los datos más importantes de los calentadores y reportar cualquier anomalía en el sistema al ingeniero encargado de mantenimiento.
6. Seguir todas las indicaciones y medidas de seguridad giradas por el ingeniero de mantenimiento, previo a realizar las rutinas de mantenimiento preventivo programadas.
7. En caso de falta de agua potable para el sistema de calentadores de agua a gas, el Hospital Nacional de Chimaltenango cuenta con dos cisternas subterráneas, las cuales se pondrán en funcionamiento en el momento necesario.

#### Al servicio de atención al paciente

8. Brindar el servicio de asesoría al paciente sobre el uso y puesta en funcionamiento del sistema de calentadores de agua a gas para evitar fallas o daños a las llaves, tuberías y demás accesorios del sistema de calentadores de agua a gas del área de maternidad, así como evitar accidentes por falta de conocimientos del sistema.
9. Realizar campañas de concientización sobre el uso y manejo del agua fría y caliente que se produce por medio de los calentadores de agua a gas, para que los usuarios no utilicen el agua para beber o cocinar.

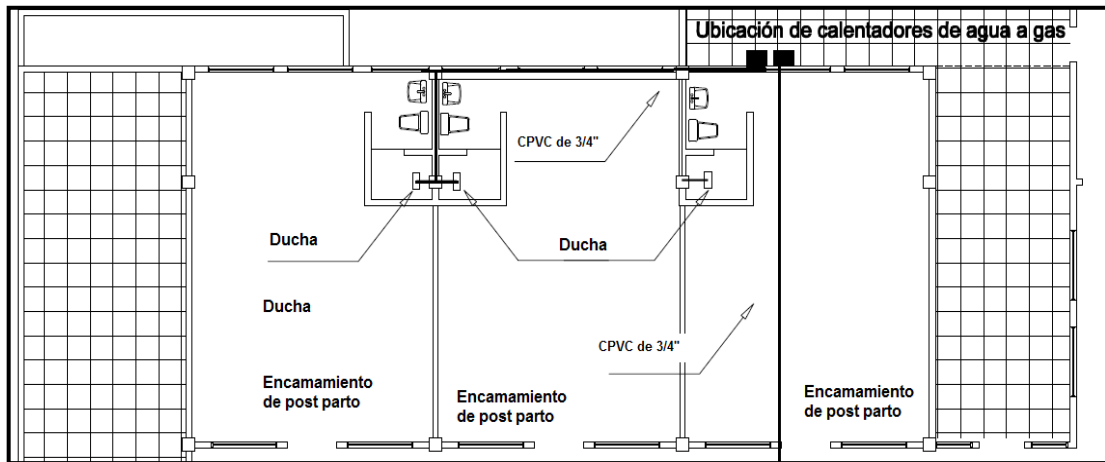
## BIBLIOGRAFÍA

1. ECHEVERRIA BARRIOS, Juan Miguel. *Análisis de las variables relacionadas con el diseño de un calentador solar para climatizar piscinas*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánico. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004. 75 p.
2. GONZALES SILVA, Carlos. *Manual de mantenimiento de los servicios de salud: instalaciones y bienes de equipo*. EUA: Editorial Washington, D.C, 1996. 30 p.
3. HAIER. *Manual de funcionamiento de calentadores de agua a gas Haier. Instructivo de la operación para el calentador domestico de agua a gas*. Venezuela: Haier, 2015. 15 p.
4. MATAIX, Claudio. *Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas*. 2a ed. España: Editorial del Castillo, 1986. 125 p.
5. MONTGOMERY, Richard H. *Energía solar*. Argentina: Limusa, 1986. 300 p.



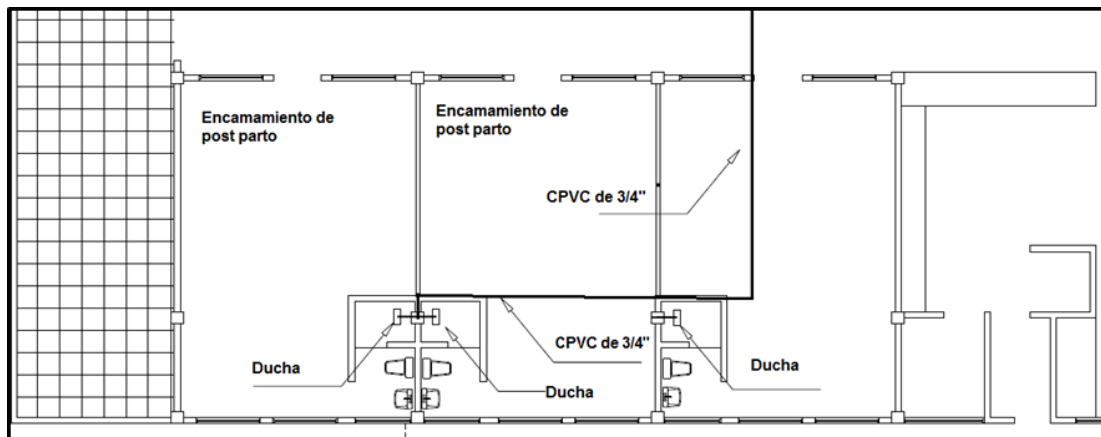
## APÉNDICES

### Apéndice 1. Plano de instalación de tubería CPVC de 3/4", ala oeste



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

### Apéndice 2. Plano de instalación de tubería CPVC de 3/4", ala este



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Apéndice 3. **Vista de acabados finales en duchas**



Fuente: área de maternidad, Hospital Nacional de Chimaltenango.

Apéndice 4. **Vista de acabados finales de llaves**



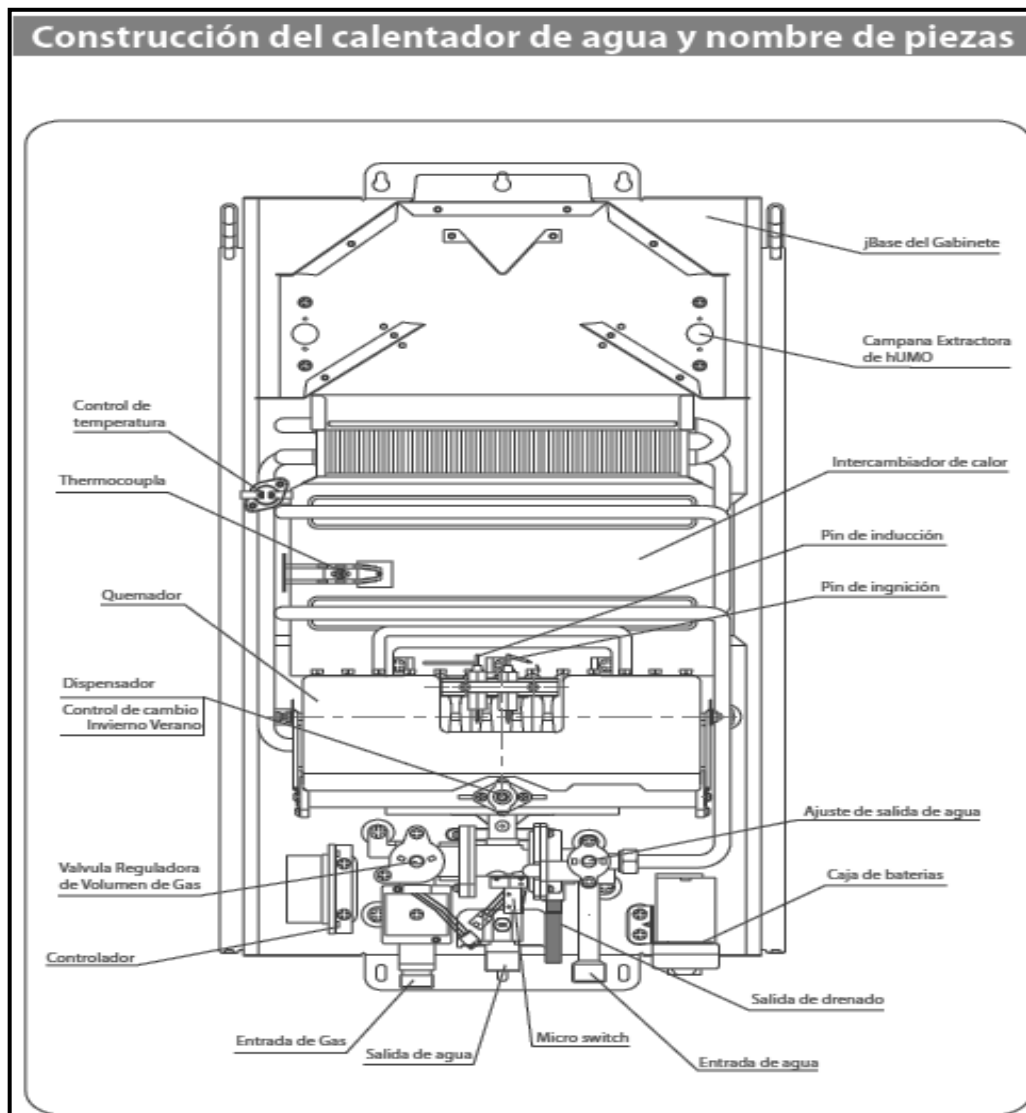
Fuente: área de maternidad, Hospital Nacional de Chimaltenango.





## ANEXOS

### Anexo 1. Partes de calentador a gas, marca Haier



Fuente: Toyota Haie. *Manual del fabricante*. p. 6.

## Anexo 2. Factura eléctrica

**DISTRIBUIDORA DE ELECTRICIDAD DE OCCIDENTE, S.A. (DEOCSA)**  
 DIAGONAL 6 10-50 ZONA 10 INTERAMERICAS WORLD CENTER TORRE SUR NIVEL 14 OF 1401  
 NIT: 1494621-1

REIMPRESIÓN  
**Factura No.:** OC30000003170466

HOSPITAL NACIONAL, CHIMALTENANGO RUTA 5 IT. 30  
 CHIMALTENANGO - INDUSTRI., ZONA 0, FRENTE AL ESTADIO DE FOOT BOLL, 81  
 MED. 006C500170

N.I.S.

2000779  
 Oficina Comercial  
 CHIMALTENANGO

N. I. R.  
 0.2000779.01.28/12/2015

Mes de la Factura  
 DICIEMBRE

Fecha de Emisión  
 28/12/2015

Fecha Vencimiento  
 14/01/2016

Dirección del Suministro  
 CHIMALTENANGO - INDUSTRI., ZONA 0, FRENTE AL ESTADIO DE FOOT BOLL

Titular del Contrato  
 HOSPITAL NACIONAL CHIMALTENANGO

N.I.T.  
 662739-0

Tipo de Consumo	No. de Medidor	Lectura Anterior	Lectura Actual	Multiplic.	Consumo	Conceptos de facturación	Importe en Q/.
Activa kWh	006C500170	14510	14648	320	44.160	Potencia Maxima con IVA	4.449,07
Demanda kW	006C500170		0,386	320	123,520	Cargo Fijo Mensual con IVA	780,19
Reactiva kVARh	006C500170	4110	4143	320	10.560	Consumo Energía con IVA	46.448,33
						Cargo por Potencia Excedente con IVA	2.360,68
						Potencia Contratada con IVA	7.771,61
						Ajuste por Redondeo (-) sin IVA	-0,48
						Redondeo Mes Anterior sin IVA	0,23
<b>SUBTOTAL CONSUMO DE ELECTRICIDAD</b>							<b>61.809,63</b>
Tasa por Alumbrado Público (Cobro Municipal) Sin IVA							39,37
<b>TOTAL FACTURA Q.</b>							<b>61.849,00</b>

Periodo de Lectura  
 Desde 28/11/2015 Hasta 28/12/2015

Tarifa  
 BTDfp

No. de Contrato  
 0

Código Actividad Económica  
 HOSPITALES Y CASAS DE S

Información Complementaria

Cesario	Q/mes	Importe sin IVA
Cargo Fijo Mensual	696.603064	696.60
Consumo Energía	0,939124	41.471,72
Potencia Contratada	56.176689	6.938,94
Potencia Maxima	32.159809	3.972,38
Cargo por Potencia E	56.176689	2.107,75

Historial de Consumo

Detalle de la Morosidad

90 días o más	60 días	30 días	Saldo de Convenio de Pago
137.701,00	0,00	64.783,00	0,00
<b>Total Deuda</b>			<b>264.333,00</b>

NUESTRO TELÉFONO DE ATENCIÓN CLIENTE  
**2385-2222**

AVISO DE CORTE  
 De no cancelar su deuda se procederá al corte en la siguiente fecha:  
 02/12/2015

**SU CONSUMO MEDIO DURANTE LOS ULTIMOS 12 MESES HA SIDO DE Q./DIA 2.253,66**

Recuerde mantener su cuenta al día y evitar pagar intereses sobre montos adeudados.  
 El pago de esta factura no presume el pago de facturas anteriores que aun se adeuden.  
 Se emite corte con 2 facturas pendientes de pago, según Art. 50 Ley Gral. Elec.  
 No retener impuestos de productos financieros sobre los intereses por mora la empresa se acoge al 2º párrafo del Art.41 del Dto.5-91 y pagar el impuesto según Dto.26-95.  
 \*Sujeto a pagos trimestrales\*

AUTORIZADO SEGUN RES. No. 2013 1 52 100 DEL 26/4/2013 15.000.000 DEL No. OC3000000000001 AL No. OC3000015000000

Fuente: Subdirección de Recursos Humanos, Hospital Nacional de Chimaltenango.