



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

**ADMINISTRACIÓN DE LOS RECURSOS EMPLEADOS EN EL CONSUMO  
DE COMBUSTIBLE DE LAS CALDERAS DE UN HOSPITAL NACIONAL**

**Juan Manuel Moreno Sandoval**

Asesorado por el Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

Guatemala, mayo de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ADMINISTRACIÓN DE LOS RECURSOS EMPLEADOS EN EL CONSUMO  
DE COMBUSTIBLE DE LAS CALDERAS DE UN HOSPITAL NACIONAL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**JUAN MANUEL MORENO SANDOVAL**

ASESORADO POR EL ING. CARLOS PÉREZ RODRÍGUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, MAYO DE 2017

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	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympos Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
EXAMINADOR	Ing. Cesar Augusto Akú Catillo
EXAMINADORA	Inga. Karla Lizbeth Martínez Vargas de Castañón
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:

### **ADMINISTRACIÓN DE LOS RECURSOS EMPLEADOS EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LAS CALDERAS DE UN HOSPITAL NACIONAL**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 30 de enero de 2014.

**Juan Manuel Moreno Sandoval**

Guatemala, 3 de agosto de 2015

Ingeniero  
Cesar Ernesto Urquizú Rodas  
Director de Escuela Mecánica Industrial  
Presente

Ingeniero Urquizú

Le saludo atentamente informándole que se procedió a la asesoría y revisión del trabajo de graduación titulado **ADMINISTRACIÓN DE LOS RECURSOS EMPLEADOS EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LAS CALDERAS DE UN HOSPITAL NACIONAL** desarrollado por el estudiante universitario Juan Manual Moreno Sandoval, con carné 2009 15031.

Después de haber realizado todos los cambios necesarios, y siguiendo las recomendaciones de la asesoría, se ha cubierto el estudio planeado, habiendo proyectado soluciones de Ingeniería; en virtud me remito a aprobar el trabajo de graduación.

**Atentamente,**



*Carlos Humberto Pérez Rodríguez*  
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL  
Colegiado 3071

**Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez**  
**Colegiado 3071**  
**Asesor**



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ADMINISTRACIÓN DE LOS RECURSOS EMPLEADOS EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LAS CALDERAS DE UN HOSPITAL NACIONAL**, presentado por el estudiante universitario **Juan Manuel Moreno Sandoval**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

*Ing. Danilo González Trejo*  
INGENIERO INDUSTRIAL  
COLEGIADO ACTIVO 6182

Ing. Erwin Danilo González Trejo  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, marzo de 2017.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF.DIR.EMI.055.017

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **ADMINISTRACIÓN DE LOS RECURSOS EMPLEADOS EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LAS CALDERAS DE UN HOSPITAL NACIONAL**, presentado por el estudiante universitario **Juan Manuel Moreno Sandoval**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Ing. José Francisco Gómez Rivera  
DIRECTOR a.i.  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, mayo de 2017.

/mgp

Universidad de San Carlos  
de Guatemala

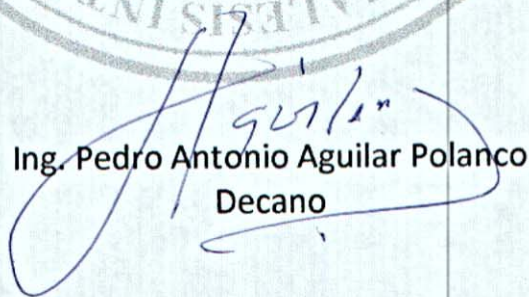


Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 204.2017

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **ADMINISTRACIÓN DE LOS RECURSOS EMPLEADOS EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LAS CALDERAS DE UN HOSPITAL NACIONAL**, presentado por el estudiante universitario: **Juan Manuel Moreno Sandoval**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, mayo de 2017

/gdech





## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por ser mi guía en todo momento y por permitirme concluir esta etapa de mi vida.
- Mis padres** Otto Moreno Jiménez y Duvi Sandoval Estrada, ya que, por su inmenso amor, por sus consejos, enseñanzas y sacrificios, hoy he logrado esta meta y ser quien soy.
- Mis hermanas** Mónica Moreno, Ana Lucia Moreno, Sofía Moreno, por su amor y su apoyo incondicional en los momentos más difíciles.
- Mi hermano** Otto Moreno, por ser un apoyo y un ejemplo a seguir a lo largo de mi vida.
- Mis sobrinos** Gianmarco y Sofía, por llenar de alegrías mis días.
- Mis amigos** Por ser una parte importante a lo largo de mi carrera.
- Mi novia** Mirsa González, por su amor y apoyo incondicional para terminar esta etapa.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Por convertirse en mi segunda casa a lo largo de mi carrera.

**Facultad de Ingeniería**

Por transmitirme los conocimientos que ahora aplico en el ámbito laboral y en mi vida.

**Ing. Carlos Pérez**

Por transmitirme su valioso conocimiento para poder concluir el trabajo de graduación.

**Mis amigos de la  
facultad**

Por compartir durante la carrera y apoyarme incondicionalmente a alcanzar esta meta.

**Mis amigos de la colonia**

Por sus consejos y motivación para seguir adelante.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XI
GLOSARIO .....	XIII
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. ANTECEDENTES .....	1
1.1. Aspectos generales .....	1
1.1.1. Combustible bunker C .....	1
1.1.2. Tanque de combustible bunker C .....	3
1.1.3. Tuberías .....	5
1.1.4. Calderas .....	6
1.1.5. Instrumentación industrial .....	7
1.1.6. Medidores de flujo .....	8
1.1.6.1. Función .....	9
1.1.6.2. Tipos de medidores .....	9
1.1.6.3. Selección de medidores .....	10
1.1.6.4. Medidores de combustible .....	10
1.2. Hospital Roosevelt.....	11
1.2.1. Historia .....	12
1.2.2. Misión, visión y valores .....	14
1.2.2.1. Misión .....	14
1.2.2.2. Visión.....	15
1.2.2.3. Valores .....	16

1.2.3.	Información general.....	17
1.2.4.	Estructura orgánica .....	17
1.2.5.	Ubicación y Contacto .....	19
1.2.6.	Servicios.....	21
2.	SITUACIÓN ACTUAL DE LA SUBDIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MANTENIMIENTO DEL HOSPITAL .....	25
2.1.	Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento .....	25
2.1.1.	Organigrama .....	26
2.1.2.	Fotos de la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento.....	26
2.2.	Consumo de combustible.....	30
2.2.1.	Procedimientos de compra.....	30
2.2.1.1.	Órganos competentes .....	32
2.2.1.2.	Régimen de licitación .....	32
2.2.1.3.	Régimen de cotización .....	34
2.2.1.4.	Excepciones .....	35
2.2.1.5.	Procedimiento actual del suministro de combustible .....	35
2.2.2.	Abastecimiento.....	36
2.2.3.	Proceso de consumo de combustible bunker.....	37
2.2.4.	Cantidad consumida.....	39
2.2.4.1.	Semanal .....	40
2.2.4.2.	Mensual.....	40
2.2.4.3.	Anual .....	41
2.2.5.	Gastos de combustible.....	41
3.	PROPUESTA DE UN NUEVO SISTEMA DE CONTROL DE RECURSOS.....	43

3.1.	Proceso de licitación.....	43
3.1.1.	Solicitud de compra .....	43
3.1.2.	Bases del contrato .....	44
3.1.3.	Proceso de firmas de solicitud.....	47
3.1.4.	Proceso de ofertas.....	47
3.1.5.	Selección de oferta .....	48
3.1.6.	Procedimiento de licitación .....	48
3.2.	Abastecimiento del combustible .....	52
3.2.1.	Transporte .....	52
3.2.2.	Ingreso a las instalaciones del Hospital Roosevelt.....	53
3.2.3.	Abastecimiento de los tanques de almacenamiento .....	54
3.2.4.	Medición de nivel de combustible.....	54
3.3.	Estándares de consumo del combustible .....	55
3.3.1.	Estándares.....	55
3.3.2.	Gráficos de control.....	56
3.3.3.	<i>Stock</i> de seguridad .....	58
3.4.	Control del consumo de combustible.....	61
3.4.1.	Formato .....	61
3.4.2.	Guía de inspección .....	63
3.4.3.	Evaluación de datos resultantes .....	64
4.	PROPUESTA PARA IMPLEMENTAR LOS MEDIDORES DE FLUJO... 67	
4.1.	Características del combustible.....	67
4.1.1.	Temperatura .....	67
4.1.2.	Presión .....	68
4.1.3.	Viscosidad .....	68
4.1.4.	Otros.....	68

4.2.	Características de la tubería .....	69
4.2.1.	Cédula .....	69
4.2.2.	Diámetro.....	70
4.2.3.	Condiciones de tubería .....	71
4.2.4.	Otros .....	72
4.3.	Cantidad de medidores .....	72
4.4.	Ubicación de medidores dentro del hospital.....	73
4.5.	Tipo de medidor de flujo.....	74
4.6.	Clase de medidor de flujo.....	74
4.7.	Costos de implementación .....	77
4.8.	Costos de operación .....	79
4.9.	Mantenimiento.....	80
4.10.	Beneficios.....	80
4.11.	Análisis financiero .....	82
4.11.1.	Beneficio costo .....	82
4.11.2.	Selección de medidor .....	85
4.12.	Instalación .....	85
4.12.1.	Orientación del medidor de flujo.....	85
4.12.2.	Montaje.....	86
4.12.3.	Montaje de la electrónica.....	88
4.12.4.	Cableado .....	90
5.	SEGUIMIENTO.....	91
5.1.	Funcionamiento del medidor de flujo.....	91
5.2.	Monitoreo del medidor de flujo .....	93
5.2.1.	Lectura del medidor de flujo .....	94
5.3.	Calibración de medidores de flujo .....	95
5.4.	Mantenimiento de medidores .....	96

5.5.	Rutina de mantenimiento al sistema de distribución de vapor.....	97
5.5.1.	Rutina de mantenimiento diaria y semanal.....	98
5.5.2.	Rutina de mantenimiento mensual .....	99
5.5.3.	Rutina de mantenimiento trimestral .....	100
5.5.4.	Rutina de mantenimiento anual .....	103
5.6.	Formatos de rutinas de mantenimiento .....	103
6.	ESTUDIO DE MEDIO AMBIENTE .....	111
6.1.	Medidas de mitigación .....	111
6.1.1.	Control contra derramamientos .....	112
6.1.1.1.	Abastecimiento .....	112
6.1.1.2.	Tanques de combustible bunker .....	113
6.1.1.3.	Tuberías .....	114
6.1.2.	Control de gases de combustión .....	114
6.1.3.	Plan de contingencia en caso de derrame.....	115
6.1.4.	Control de agua consumida por las calderas.....	116
6.2.	Impacto y reducción de daños causados por la combustión del combustible bunker en el medio ambiente y en la salud..	118
6.2.1.	Efectos de los gases de combustión del combustible bunker en el medio ambiente .....	118
6.2.2.	Efectos de los gases de combustión en la salud ..	119
6.2.3.	Aditivo para combustible bunker.....	120
6.2.3.1.	Descripción y función del aditivo.....	121
6.2.3.2.	Beneficios para el Hospital Roosevelt.....	122
6.2.3.3.	Beneficios al medio ambiente y a la salud .....	123
6.3.	Manejo de desechos .....	123

CONCLUSIONES..... 127  
RECOMENDACIONES ..... 131  
BIBLIOGRAFÍA..... 133



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Combustible bunker C ( <i>fuel oil</i> núm. 6) .....	3
2.	Tanque de combustible bunker c .....	5
3.	Hospital Roosevelt .....	11
4.	Organigrama del Hospital Roosevelt.....	19
5.	Foto satelital del Hospital Roosevelt .....	20
6.	Mapa del Hospital Roosevelt.....	20
7.	Organigrama Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento.....	26
8.	Oficinas .....	27
9.	Tanque subterráneo.....	28
10.	Medición del nivel de combustible.....	28
11.	Tanque de combustible primario .....	29
12.	Cuarto de calderas.....	30
13.	Proceso del consumo de bunker .....	38
14.	Gasto mensual de bunker 2016 .....	42
15.	Consumo de bunker (2016).....	57
16.	Consumo mensual de bunker (2016) .....	57
17.	Consumo promedio por mes (2016).....	58
18.	<i>Stock</i> de seguridad.....	60
19.	Formato de consumo de combustible bunker .....	62
20.	Circulación del combustible bunker.....	73
21.	Flujo de efectivo alternativa A .....	83
22.	Flujo de efectivo alternativa B .....	84
23.	Posiciones para instalar el medidor de flujo .....	86

24.	Forma adecuada de levantar el medidor .....	87
25.	Ensamblaje del medidor de flujo .....	88
26.	Partes del medidor de flujo .....	89
27.	Montaje del sensor.....	89
28.	Resultados del medidor .....	91
29.	Almacenamiento del medidor .....	92
30.	Resultados de consumo del medidor.....	93
31.	Lectura del medidor de flujo.....	95
32.	Rutina de mantenimiento diario .....	105
33.	Rutina de mantenimiento semanal.....	106
34.	Rutina de mantenimiento mensual.....	107
35.	Primera parte de rutina de mantenimiento trimestral .....	108
36.	Segunda parte de rutina de mantenimiento trimestral .....	109
37.	Rutina de mantenimiento anual .....	110

## TABLAS

I.	Servicios del Hospital Roosevelt.....	23
II.	Consumo actual de combustible bunker año 2016 (semanal) .....	39
III.	Consumo actual de combustible bunker año 2016 (mensual) .....	40
IV.	Gasto de combustible bunker año 2016 .....	42
V.	Lista de Involucrados en la licitación.....	49
VI.	Diagrama del procedimiento de licitación .....	50
VII.	Consumo de combustible durante año 2016, del Hospital Roosevelt...56	
VIII.	<i>Stock</i> de seguridad .....	59
IX.	Rango de combustible .....	64
X.	Número de cédula hierro negro .....	70
XI.	Diámetro de tubería .....	71
XII.	Comparación entre opciones .....	77

XIII.	Costo de implementación alternativa A .....	78
XIV.	Costo de implementación alternativa B .....	78
XV.	Mantenimiento de medidores .....	80
XVI.	Resumen alternativas.....	82
XVII.	Beneficio costo .....	84



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>ASTM D95-99</b>	Método estándar de prueba para el porcentaje de agua en productos derivados del petróleo.
<b>ASTM D473-02</b>	Método estándar de prueba para el porcentaje de sedimentos en productos derivados del petróleo.
<b>°C</b>	Grados centígrados.
<b>Gal.</b>	Galones.
<b>H</b>	Hora.
<b>Kg</b>	Kilogramo.
<b>mm</b>	Milímetro.
<b>pH</b>	Coeficiente que indica el grado de acidez de una solución.
<b>P.S.I.</b>	Unidad de medida de presión del sistema inglés.
<b>Q</b>	Quetzal.
<b>“</b>	Pulgada.



## GLOSARIO

<b>Caldera</b>	Es un dispositivo usado para generar vapor, este proceso ocurre en una transferencia de calor a presión constante.
<b>Caudal</b>	Cantidad de algún fluido que lleva una corriente.
<b>Caudalímetro</b>	Es un instrumento de medida que proporciona la medición de caudal.
<b>Combustión</b>	Es la energía que se desprende en forma de calor, producto de una reacción química de oxidación.
<b>Flujo</b>	Es el movimiento de un fluido.
<b>Flujo másico</b>	Es la variación o diferencia de masa de un fluido en el tiempo.
<b><i>Fuel oil</i></b>	Son combustibles residuales, estos se clasifican de 1 a 6 dependiendo de ciertas características.
<b>Fluctuación</b>	Es el cambio u oscilación de una variable a través del tiempo.
<b>Gases de combustión</b>	Son los gases que salen a la atmosfera producidos en el proceso de combustión.

<b>Guatecompras</b>	Es el sistema de información de contrataciones y adquisiciones del Estado de Guatemala.
<b>Poder calorífico</b>	Se refiere a la cantidad de energía que desprende un combustible en la reacción de combustión.
<b>Presión</b>	Es la fuerza que ejerce un objeto sobre una superficie.
<b>Purga</b>	Se refiere a eliminar el aire atrapado en el sistema de tuberías.
<b>Tablas de aforo</b>	Estas muestran las dimensiones adecuadas que debe tener un tanque para determinar el volumen del líquido.
<b>Temperatura</b>	Es la magnitud física que mide el nivel térmico de un objeto o de la atmosfera.
<b>Viscosidad</b>	Es la oposición que presenta un fluido al ser sometido a deformaciones tangenciales.



## RESUMEN

El Hospital Roosevelt es un centro asistencial que atiende a personas de toda la república de Guatemala. Ofrece primordialmente servicios médicos y hospitalarios especializados (totalmente gratuitos): medicina interna, ortopedia, cirugías, maternidad, pediatría, entre otras especialidades.

Cuenta con personal técnico, paramédico, anestesia, de laboratorios clínicos, radiología, cito-patología, personal de enfermería auxiliar y profesional, su principal fuerza de trabajo. Dentro del personal médico existen muchos con especialidades en el extranjero y otros con conocimiento en administración de hospitales; es, entonces el hospital uno de los mejores en América Central.

El Hospital Roosevelt tiene una capacidad de 900 camas, pero en promedio se tienen 1 150 pacientes internados. A parte de la atención médica y los medicamentos suministrados a los pacientes; también, reciben los tres tiempos de comida y vestimenta adecuada. Esto tiene un gran impacto en la recuperación de los pacientes ya que reciben una dieta balanceada a sus necesidades (para su mejoría o para evitar complicaciones) y reciben ropa limpia que los mantiene cómodos, contribuye al cuidado y evita que se contagien de otras enfermedades (infecciones).

Todas las dietas balanceadas y la ropa limpia para los pacientes son procesadas con vapor; las calderas son los dispositivos encargados de generar el vapor mediante el consumo de combustible bunker.

Por lo descrito anteriormente, el combustible bunker es importante en los procesos y actividades de los diferentes departamentos del Hospital Roosevelt. Actualmente, no se cuenta con procesos adecuados para hacer solicitudes de pedidos de combustible; no hay datos confiables del consumo de combustible; tampoco existen formatos y rutinas que faciliten las actividades de los trabajadores del nosocomio.

Se necesita tener un sistema que permita controlar todos los recursos: desde la adquisición del bunker hasta su consumo por las calderas del Hospital Roosevelt. Lo que dará como resultado un mejor control de todos los recursos involucrados en estos procesos.

El control de este recurso representará ahorro en las finanzas del gobierno guatemalteco ya que se evitará gastar recursos innecesarios e indirectamente se contribuirá al cuidado y mejoramiento de la salud de los pacientes internados en este centro asistencial.

## OBJETIVOS

### General

Administrar los recursos empleados en el consumo de combustible de las calderas del Hospital Roosevelt.

### Específicos

1. Analizar los procesos actuales con el propósito de identificar cuáles deben implementarse y cuáles deben ser mejorados para obtener un mejor control en el consumo de combustible.
2. Proponer un sistema que garantice el abastecimiento anual, registro de consumo de combustible en el Hospital Roosevelt, y que cumpla con los regímenes establecidos en la *Ley de contrataciones del Estado de Guatemala*.
3. Determinar el número y el tipo de medidores de flujo para bunker que se ajusten a las necesidades y al presupuesto de un Hospital Roosevelt.
4. Controlar en forma precisa y confiable el consumo diario de combustible dentro de las instalaciones del Hospital Roosevelt.
5. Aumentar la eficiencia en las actividades y disminuir los riesgos de la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento.

6. Brindar un mejor servicio a los pacientes internados y atendidos.
7. Establecer medidas de mitigación para reducir el daño que se hace en el medio ambiente causado por el manejo y consumo de combustible bunker.

## INTRODUCCIÓN

Desde tiempos remotos los humanos han tenido la necesidad de controlar sus recursos propios o los de su grupo, por lo que contaban con sistemas que disminuían significativamente los múltiples riesgos que se les podían presentar. En la actualidad, todavía se necesita minimizar al máximo los riesgos, por tal situación es necesario que las industrias cuenten con un sistema que controle sus recursos, el camino para alcanzar más rápido sus objetivos o metas.

El proceso de generación de vapor utilizado por el Hospital Roosevelt involucra muchos procesos: desde la solicitud de combustible bunker hasta que su consumo. El vapor es de suma importancia ya que es la materia prima de otros procesos dentro del hospital, por ejemplo, la elaboración de dietas balanceadas para todos los pacientes, con el vapor se esteriliza equipo médico quirúrgico, se limpia la ropa y las sabanas de pacientes; En fin muchas actividades que están destinadas primordialmente al beneficio y a la salud de los pacientes atendidos en el nosocomio.

Por lo tanto, es necesario contar con un sistema con directrices claras y concisas que controle los recursos desde la generación de la solicitud de los recursos, hasta su consumo.

El presente trabajo de graduación muestra los beneficios del implementar medidores de flujo y procedimientos adecuados en el proceso de generación de vapor.

Se utilizará el método de recolección de datos históricos para conocer el consumo de bunker (diario, semanal y mensual) del año 2016 y se analizarán los procesos actuales para mejorarlos e implementar nuevos.

En este estudio se plantea que se instalen medidores de flujo para combustible que se ajusten a las necesidades del proceso de generación de vapor del Hospital Roosevelt. Para tal efecto, se analizarán diferentes condiciones y características para determinar el tipo y la cantidad, ubicación de los medidores de flujo.

Las mejoras de este trabajo de graduación se verán reflejadas en las operaciones de la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento del Hospital Roosevelt, facilitando los procesos de suministro de combustible y dando resultados confiables del consumo. También, se evitarán hallazgos y multas por parte de la Contraloría General de Cuentas por no tener un control diario y confiable del consumo de combustible.

# 1. ANTECEDENTES

## 1.1. Aspectos generales

El presente trabajo de graduación se realizará en un Hospital Roosevelt de la ciudad de Guatemala. Este a su vez determinará en su debido momento el consumo real de combustible que se utiliza en el departamento de caldera de este hospital.

### 1.1.1. Combustible bunker C

Existe una clasificación para el *fuel oil*: numeración del 1 al 6; los aspectos en que se basan son: punto de ebullición, composición química, y viscosidad; entre más alto sea el valor, mayor será la viscosidad. El bunker A es el equivalente a un *fuel oil* núm. 2, el bunker B equivale al *fuel oil* núm. 4 o núm. 5 y el bunker C es equivalente al *fuel oil* núm. 6. Este último es el más usado en las industrias debido a que su costo es menor en comparación a los otros.

El bunker es un combustible residual que se obtiene de la destilación y refinación de los hidrocarburos; normalmente proviene de la primera fase del proceso de refinación del petróleo, este es viscoso y con alto contenido energético, el cual lo hace apto para ser usado en calderas, hornos y para plantas de generación eléctrica. Generalmente tiene un precio bajo en comparación con otros combustibles, por su condición de ser residuo. Este permanece en un estado parecido al crudo del petróleo con un color oscuro y un olor a azufre.

Generalmente, para procesos industriales se necesita precalentar el combustible bunker antes de ser inyectado a la caldera u horno; la temperatura adecuada para que pueda ser quemado está entre un rango de 80 °C y 100 °C para mantener el poder calorífico original, con esto, también, se evita que se evaporicen los hidrocarburos livianos.

Entre las principales características del combustible bunker se pueden mencionar las siguientes:

- Viscosidad: esta es una de las propiedades físicas más importantes, indica la facilidad con la que el combustible es bombeado en el quemador. La viscosidad se debe mantener dentro de los límites adecuados para minimizar el impacto en los sistemas de manejo de combustible: tuberías, bombas, quemadores, etc.
- Temperatura de inflamación: es la temperatura a la cual el combustible se debe calentar para que produzca vapores que se mezclen con el oxígeno para dar inicio a la combustión. Esta temperatura se usa las industrias para que se asegure el manejo y almacenamiento del combustible.
- Agua y sedimentos: deben ser los más bajos posibles en el contenido del combustible ya que minimizan su poder calorífico, obstruyen tuberías, tanques de almacenamiento, entre otros elementos.
- Contenido de azufre: provoca corrosión en los equipos de combustión; también, es el causante de la lluvia ácida en el medio ambiente, por eso se debe mantener dentro de los límites establecidos.



- Poder calorífico: es la cantidad de energía liberada en el proceso de combustión. un dato que proporciona los balances y costos energéticos del producto.

Figura 1. **Combustible bunker C (*fuel oil* núm. 6)**



Fuente: *Transcripción de medio.*

<http://www.atmosferis.com/wp-content/uploads/2012/09/fuel.jpg>. Consulta: 19 de julio de 2015.

### **1.1.2. Tanque de combustible bunker C**

El depósito de combustible, también llamado tanque de combustible, es un contenedor seguro para almacenar líquidos inflamables; generalmente forma parte del algún sistema, por ejemplo, el tanque de gasolina de un vehículo. Como se mencionó con anterioridad, en estos depósitos se almacena el combustible que al momento de ser usado es propulsado mediante un bombeo liberado como gas a presión en un motor. Los depósitos de combustible varían de tamaño y complejidad según sea la necesidad; estos pueden ir desde un encendedor para cigarrillos hasta un depósito de grandes dimensiones para un barco o para el almacenamiento de grandes cantidades.

Entre las características más importantes que debe tener un depósito de combustible están:

- Almacenamiento seguro de combustible.
- El relleno debe ser sin riesgos, por ejemplo, chispas.
- Almacenamiento sin pérdidas por escape o evaporación.
- Proveer de un método para determinar el nivel de combustible en el depósito en todo momento. Para lo cual se usa un indicador del nivel de combustible.
- En caso de sobrepresión, los vapores de combustible deben ser desviados por medio de válvulas.
- Alimentación del motor por medio de una bomba.
- Rombo de seguridad: donde se indiquen los riesgos para la salud, inflamabilidad, reactividad y riesgos especiales.
- Anticipar posibles daños y riesgos para aumentar el potencial de sobrevivir.

El diseño y la construcción del depósito de combustible deben ser adecuados a las necesidades de los procesos e instalaciones ya que estos factores juegan un papel fundamental en la seguridad del sistema del que formen parte. En la siguiente figura se muestra el tanque de almacenamiento de combustible bunker de *Pacific Oil*; cuenta con una capacidad de 200 000 barriles; en la imagen se puede observar su rombo de seguridad, el cual indica que tiene un leve peligro para la salud, no es reactivo y no contiene riesgos especiales.

Figura 2. **Tanque de combustible bunker c**



Fuente: *Tanque de combustible*. <http://pp.centramerica.com/pp/bancofotos/426-7291.jpg>.

Consulta: 5 de septiembre de 2015.

### 1.1.3. **Tuberías**

Una tubería es un conducto que cumple la función de transportar fluidos como agua potable, vapor, entre otros. Las tuberías están formadas por un conjunto de tubos y accesorios unidos mediante juntas. Estos pueden ser fabricados con diferentes tipos de materiales dependiendo de las características del fluido y de las necesidades de transporte.

En la actualidad, los usos que se le dan a las tuberías son muchos: sistemas de abastecimiento de agua, oxígeno, para aguas residuales, usos industriales, entre otros. Entre los usos industriales se encuentran la distribución de líneas de vapor, estas se encargan de transportar el vapor generado por la caldera hasta las diferentes áreas donde sus procesos requieran esta energía.

Para identificar los tipos de tuberías se hace mediante el número de cédula indica las diferentes características que posee la tubería: diámetro, espesor, esfuerzo máximo, composición química del material, peso etc. Estas cédulas se encuentran clasificadas en tablas y también se usan para seleccionar la tubería adecuada.

#### **1.1.4. Calderas**

La caldera es una máquina o dispositivo diseñado para generar vapor. Este vapor se genera a través de una transferencia a presión constante en la cual el fluido, originalmente en estado líquido, se calienta y cambia su fase a estado gaseoso. El vapor producido por la caldera se utiliza para mover una turbina u otras aplicaciones: cocinar alimentos, esterilizar, lavar ropa, etc.

Debido a la gran variedad de aplicaciones que tiene el vapor generado por las calderas es muy utilizado en la industria; a continuación, se describen algunas de las aplicaciones del vapor en la industria:

- Esterilización: en la antigüedad y todavía en la actualidad se utiliza el vapor en algunos hospitales para esterilizar los instrumentos médicos. También, en los comedores, con capacidad industrial, se genera vapor para esterilizar los cubiertos así como para elaborar alimentos en hoyas de marmitas.
- En las industrias petroleras se utiliza para calentar el petróleo o combustibles derivados de este para mejorar su fluidez.
- Se utiliza para generar electricidad a través del ciclo termodinámico Rankine, que está formado por los siguientes diagramas de máquinas:

bomba, caldera, turbina y condensador. La caldera es parte fundamental de las centrales termoeléctricas.

Existen dos tipos de calderas: acuotubulares y pirotubulares. Las primeras son las calderas en las que el fluido de trabajo se desplaza a través de tubos durante el calentamiento, comúnmente son usadas en centrales termoeléctricas ya que tienen una gran capacidad de generación de vapor. Las segundas son las calderas en las que el fluido de trabajo se encuentra en estado líquido, contenido en un recipiente atravesado por tubos llamados pasos, en los cuales circulan gases a alta temperatura producidos en el proceso de combustión; entonces, el agua se evapora al contacto con los tubos calientes.

#### **1.1.5. Instrumentación industrial**

Los procesos industriales exigen el control de la fabricación de los diversos productos obtenidos. Los procesos son muy variados y abarcan muchos tipos de productos: la fabricación de los productos derivados del petróleo, de los productos alimenticios, la industria cerámica, las centrales generadoras de energía, industria textil, los tratamientos térmicos, etc.

En todos estos procesos es absolutamente necesario controlar y mantener constantes algunas magnitudes: presión, caudal, nivel, temperatura, PH, conductividad, velocidad, humedad, e punto de rocío, etcétera. Los instrumentos de medición y control permiten mantener y regular estas constantes en condiciones idóneas en comparación con las que el operador podría mantenerlas.

Debido a la gradual complejidad con la que estos se han ido desarrollando, ha exigido su automatización progresiva por medio de los

instrumentos de medición y control. Estos instrumentos han ido facilitando al operario su función de actuación física directa en la planta, y al mismo tiempo, le han permitido una labor única de supervisión y vigilancia del proceso desde centros de control situados en el propio proceso o bien en salas aisladas separadas.

Los procesos industriales a controlar pueden dividirse ampliamente en dos categorías: continuos y discontinuos. En ambos tipos, deben mantenerse en general las variables: presión, caudal, nivel, temperatura, etc.; un valor deseado fijo, un valor variable con el tiempo de acuerdo con una relación predeterminada o guardando una relación determinada con otra variable.

El sistema de control permite que este mantenimiento de las variables pueda definirse como aquel que compara el valor de la variable o condición a controlar con un valor deseado y toma una acción de corrección de acuerdo con la desviación existente sin que el operario intervenga en absoluto. Este sistema exige para esta comparación y subsiguiente corrección sean posibles que se incluya una unidad de medida, una unidad de control, un elemento final de control y el propio proceso.

Este conjunto de unidades forma un bucle o lazo que recibe el nombre de bucle de control. El bucle puede ser abierto o bien cerrado. En ambos casos debe haber elementos definidos: medida, transmisor, controlador, indicador, registrador y elemento final.

#### **1.1.6. Medidores de flujo**

Sea cuál sea la función de los fluidos en el proceso, se deben controlar para mantenerlos dentro de límites razonables. Para esto están diseñados los

medidores de flujo. Para tener el control sobre los fluidos es necesario saber las principales características de estos fluidos. En el mercado existe una gran gama de medidores, debido a que se desea conseguir una mayor precisión en la cantidad de aplicaciones.

#### **1.1.6.1. Función**

Los medidores de flujo son utilizados para medir el flujo de un líquido a través de un área establecida. Medir la velocidad de un fluido o los cambios en la energía cinética ayuda a determinar precisamente las tasas de flujo. Generalmente existen cinco tipos de medidores cada uno con sus propias aplicaciones. Los medidores deben estar correctamente instalados y mantenidos para mantener la precisión de los datos que muestran ya que una lectura incorrecta puede llevar a serios problemas.

#### **1.1.6.2. Tipos de medidores**

Existen diferentes tipos de medidores; los más comunes son los medidores de flujo de presión diferencial, de desplazamiento positivo, de velocidad, de masa y de canal abierto. Cada uno tiene diferentes versiones que funcionan bajo el mismo concepto. Algunos ejemplos de medidores de flujo de presión diferencial son: placas de orificio, tubos de Venturi y de flujo. Algunos ejemplos de medidores de desplazamiento positivo son: pistones alternativos y paletas rotativas. Las turbinas y medidores doppler son medidores de velocidad. Los medidores tipo coriolis y termales son medidores de masa.

### **1.1.6.3. Selección de medidores**

Para adquirir un medidor de flujo se deben tomar en cuenta los siguientes puntos:

- La selección es influenciada por una expectativa compleja
- Consecuencias de efectuar una inversión alta
- La mayoría de veces el comprador no es un especialista
- Frecuentemente se tiene poco conocimiento del problema

Las alternativas a las soluciones de selección del medidor:

- Contratar a un especialista: puede ser costoso si es frecuente.
- Estudiar el problema intensamente que dependerá del tiempo disponible y de las oportunidades.
- Solicitar cotizaciones de proveedores: se debe tener confianza en quien vende; normalmente los intereses económicos relacionados tienden a influenciar perjudicialmente el proceso.
- Preparar una especificación detallada y completa de la aplicación del medidor con base en las condiciones a tratar, el proceso, función. Luego, solicitar a los proveedores sus propuestas.

### **1.1.6.4. Medidores de combustible**

Los medidores de flujo de combustible están diseñados principalmente para la medición del consumo de los vehículos o instalaciones fijas. Este tipo de medidores normalmente se usa para lo siguiente:

- Medición del consumo de combustible



- Medición del tiempo de motor
- Cálculo de las normas de consumo
- Detección de robo de combustible
- Monitoreo en tiempo real
- Algunos poseen características especiales
  - Protección contra la manipulación o subida
  - Comprobación en estaciones remotas y de difícil acceso

## 1.2. Hospital Roosevelt

A continuación, se dará a conocer la historia, plan estratégico, organigramas, servicios e información relevante. En la siguiente figura se observa la entrada principal de todos los usuarios (pacientes y trabajadores) del nosocomio.

Figura 3. Hospital Roosevelt



Fuente: elaboración propia.

### **1.2.1. Historia**

En enero 1942 se celebró en Río de Janeiro la III Reunión de los Ministros de Relaciones Exteriores de las Repúblicas Americanas. Aprobado por dicha reunión, por medio de la resolución núm. 30, se creó la Agencia del Gobierno de los Estados Unidos de Norte América denominada Instituto de Asuntos Interamericanos, con el objetivo primordial de fomentar el bienestar general y afianzar las relaciones amistosas entre los países americanos.

El instituto de Asuntos Interamericanos celebró el 14 de agosto de 1942 con el Gobierno de Guatemala por medio de la subsidiaria el Servicio Cooperativo Interamericano de la Salud Pública (SCISP) un contrato por el cual además de comprometerse a ejecutar otros trabajos de salud y saneamiento, se comprometía a construir un hospital de trescientas camas en la ciudad de Guatemala, aportando la suma de medio millón de quetzales, y toda la parte técnica y administrativa que necesitara tal construcción.

De esta manera se escogió el lugar adecuado para construir el nuevo Hospital. El proyecto se ubicó en los terrenos de la antigua finca La Esperanza, lo que ahora es la zona 11 de esta ciudad capital y se inicia el proyecto.

Todos unidos, técnicos americanos, constructores y mano de obra guatemalteca se conjugaron para sacar adelante la obra. La construcción del Hospital Roosevelt se inició a finales del año 1944, siendo de nacionalidad guatemalteca los constructores y encargados del proyecto, el Ingeniero Héctor Quezada.

En agosto de 1945 hubo importantes cambios políticos en Guatemala. La nueva Junta Revolucionaria de Gobierno suscribe con el Servicio Cooperativo

Interamericano de la Salud Pública (SCISP) un nuevo convenio, por medio del cual el cupo del Hospital Roosevelt, se elevó a mil camas, considerando las necesidades hospitalarias del país. Y además se da un paso importante en el sistema de salud como lo es el edificar una Escuela de Enfermeras con todos los requisitos indispensables.

El Hospital Roosevelt contaba con un edificio principal de cuatro pisos, edificios anexos para maternidad y pediatría, edificios para mantenimiento, lavandería, transporte y amplio parqueo.

El 3 de enero de 1955 se da a conocer al público el costo total de la construcción del Hospital Roosevelt y el equipamiento: Q 8 282 831,33. De los cuales el Gobierno de Guatemala aportó Q7 260 166,33 equivalente al 87,65 % del monto total. El Gobierno de los Estados Unidos había aportado un millón (Q.1 000 000) lo que equivale al 12,07 %; mientras que otras entidades aportaron Q 22 664 que equivale al restante 0,28 %.

El 15 de diciembre de 1955 fue inaugurada oficialmente la primera sección concluida de esta magna obra; la Maternidad del Hospital Roosevelt, con una capacidad 150 camas.

La siguiente obra inaugurada fue pediatría, el 3 de julio de 1957, siguiendo todas las secciones de este, luego en 1977 queda inaugurados Hospital de Día y la Unidad de Cirugía Cardiovascular.

En la actualidad el director ejecutivo del Hospital es el doctor Carlos Enrique Soto Menegazzo, este junto al doctor Marco Antonio Barrientos y la doctora Marta Julia López son los que llevan las riendas de este centro de

asistencia social, uno de los hospitales más grandes del país junto con el Hospital General San Juan de Dios.

## **1.2.2. Misión, visión y valores**

La misión, visión y los valores son parte importante para toda institución y deben ir de la mano; todos sus integrantes deben saber quiénes son, a dónde quieren llegar en el futuro y los valores que tienen que seguir para conseguirlo.

### **1.2.2.1. Misión**

Es la razón de ser de una organización, el motivo por el cual fue creada. Esta sirve como punto de partida para determinar las funciones básicas que desempeñara la organización y es un punto de referencia a la hora de tomar decisiones. Además, sirve como motivación e inspiración a los miembros, le da identidad a la organización diferenciándola de las demás organizaciones.

La misión de una organización debe cumplir con las siguientes características:

- Describir el trabajo de la organización de una forma clara, concisa y concreta.
- Dar dirección y el propósito a todos los elementos de la organización.
- Comprensible para todos los integrantes de la organización.
- Indicar qué hace o a qué se dedica la organización.

Con la misión se da a conocer la ocupación, actividad o trabajo que hace la organización en la actualidad, y a que negocios puede optar en un futuro; por

lo tanto, es importante que la misión vaya de la mano con los siguientes elementos.

La visión, la cual debe complementar a la misión que promueve y dinamiza las actividades que realiza la organización.

Los valores y principios de la organización se deben incluir en la misión para que todos sus integrantes o las personas que tengan alguna relación con la esta sepan los rasgos y distinciones de la organización.

A continuación, se describe la misión del Hospital Roosevelt: “Brindar servicios hospitalarios y médicos especializados de encamamiento y de emergencia, de acuerdo a las necesidades de cada paciente, en el momento oportuno y con calidad, brindando un trato cálido y humanizado a la población. Ofrecer a estudiantes de ciencias de la salud los conocimientos, habilidades y herramientas necesarias para formarlos, como profesionales especialistas, en la rama de la salud, en respuestas a las demandas de los tiempos modernos.”<sup>1</sup>

#### **1.2.2.2. Visión**

Esta debe describir la situación futura que desea alcanzar la organización o en lo que pretende convertirse a largo plazo. Tiene que ser una situación que con el paso del tiempo se pueda alcanzar.

Sirve como orientación en la toma de decisiones y en las funciones de los integrantes de la organización. La visión de una organización debe cumplir con las siguientes características:

---

<sup>1</sup> *Hospital Roosevelt*. [www.hospitalroosevelt.gob.gt](http://www.hospitalroosevelt.gob.gt). Consulta: 19 de septiembre de 2016.

- Clara, concreta y fácil de seguir por todos los integrantes de la organización.
- Desafiante pero a su vez alcanzable.
- Alineada con los valores y principios de la organización.
- Inspiradora y atractiva para los miembros de la organización.

A continuación se describe la visión del Hospital Roosevelt: “ser el principal hospital de referencia nacional del sistema de salud pública del país, brindando atención médica y hospitalaria especializada, con enfoque multiétnico y culturalmente adaptado.”<sup>2</sup>

### **1.2.2.3. Valores**

Los valores organizacionales son un conjunto de principios por los cuales se rigen los integrantes de una organización. Forman parte de su cultura, son propios de cada compañía, y van acorde a sus características de competición, la expectativa de los clientes y sus integrantes.

Los dirigentes de la organización deben asegurarse que los integrantes de la organización estén comprometidos a ejercer los valores por convicción propia ya que actuar bajo estas normas será de beneficio tanto para él como para la compañía. Las compañías con valores correctos y que sus integrantes los llevan a la práctica, asegura un buen nivel de competitividad en comparación a sus competidores ya que las metas están cimentadas sobre principios sólidos.

A continuación se describe los principios y valores del Hospital Roosevelt: “el Hospital Roosevelt tiene a su disposición más de tres mil colaboradores al servicio de la población guatemalteca. Su filosofía está basada en los siguientes

---

<sup>2</sup> Ibíd.

principios y valores: puntualidad, honestidad, integridad, equidad, justicia, respeto y responsabilidad.”<sup>3</sup>

### **1.2.3. Información general**

Ofrece servicios médicos y hospitalarios especializados de forma gratuita en medicina interna, cirugía, ortopedia, traumatología, maternidad, ginecología, pediatría, oftalmología y demás subespecialidades.

También, se atiende a pacientes en medicina nuclear, diagnóstico por imágenes y laboratorios clínicos. Se proporciona a la población guatemalteca, atención de emergencias pediátricas, de maternidad y de adultos las 24 horas del día, todos los días del año.

En el Hospital Roosevelt hay más de tres mil cien colaboradores distribuidos entre personal médico, enfermería, auxiliar, técnico, nutrición, trabajo social, atención al usuario, seguridad, intendencia y administrativo.

A este equipo, se suman estudiantes de ciencias de la salud de las universidades: San Carlos de Guatemala, Rafael Landívar, Francisco Marroquín y Mariano Gálvez. De igual forma, el Hospital Roosevelt alberga un grupo de voluntarios y voluntarias que apoyan las gestiones interinstitucionales para ofrecer un servicio más humano y cálido.

### **1.2.4. Estructura orgánica**

La estructura orgánica es la manera en que se encuentran cimentadas y ordenadas las diferentes aéreas de una institución; estos se encuentran

---

<sup>3</sup> Ibíd.

organizados sistemáticamente para que sea posible visualizar los niveles jerárquicos y sus relaciones de dependencia.

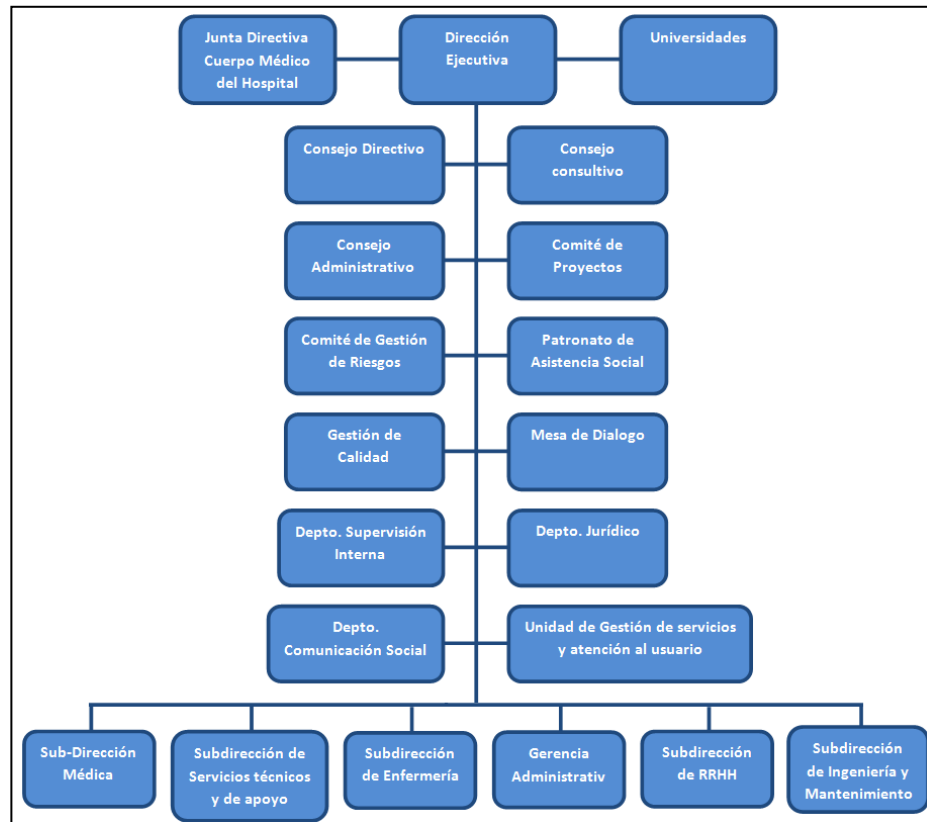
A continuación, se presenta el organigrama del Hospital Roosevelt, este es vertical ya que las jerarquías se despliegan de manera escalonada de arriba hacia abajo. Indica que la institución es dirigida por una dirección ejecutiva, que cuenta con dos partes principales: junta directiva del cuerpo médico y universidades.

La Dirección Ejecutiva se subdivide en consejo directivo y administrativo, comité de proyectos y de gestión de riesgos, patronato de asistencia social, gestión de calidad, mesa de dialogo, departamento de supervisión interna, de comunicación social, y jurídico, unidad de gestión de servicios y atención al usuario.

Por último, la dirección ejecutiva se divide en dirección médica y de servicios técnicos y apoyo, gerencia financiera y administrativa, que se divide en departamentos menores.



Figura 4. **Organigrama del Hospital Roosevelt**

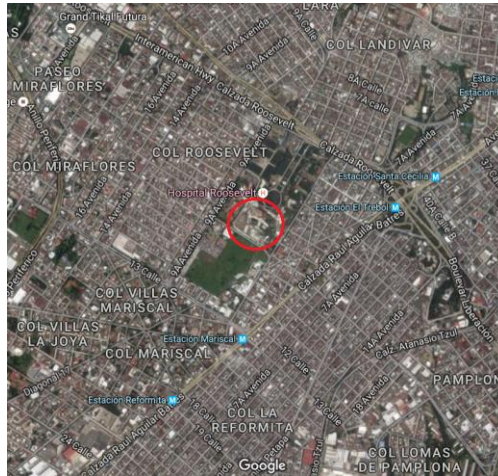


Fuente: elaboración propia.

### 1.2.5. **Ubicación y contacto**

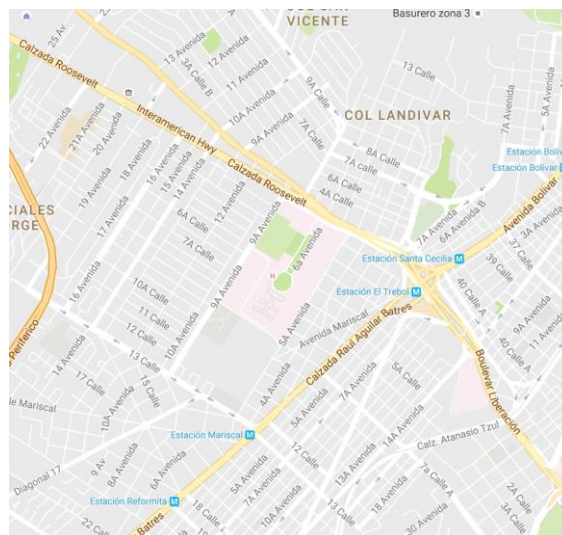
A continuación, se muestra una foto satelital y el mapa del Hospital Roosevelt donde se pueden observar las distintas vías de ingreso: por la calzada Roosevelt o por otras rutas. También, se observa el área que ocupa el hospital en la zona 11 de la ciudad capital, encerrada por el círculo color rojo.

Figura 5. **Foto satelital del Hospital Roosevelt**



Fuente: *Hospital Roosevelt*. <https://www.google.com/maps/place/Hospital+Roosevelt/@14.6139123,-90.5422981,770m/data=!es>. Consulta: 19 de julio de 2016.

Figura 6. **Mapa del Hospital Roosevelt**



Fuente: *Ubicación del Hospital Roosevelt*. <https://www.google.com/maps/place/Hospital+Roosevelt/@14.6139122,-90.5422981,17z/data=!es>. Consulta: 19 de julio de 2016.

- Contacto

Hospital Roosevelt: PBX: 2321-7400. Dirección: calzada Roosevelt y 5ª. calle, zona 11, ciudad de Guatemala. correo electrónico: [dinfo@hospitalroosevelt.gob.gt](mailto:dinfo@hospitalroosevelt.gob.gt)

### **1.2.6. Servicios**

El Hospital Roosevelt cuenta con áreas específicas: adultos, maternidad, y pediatría. Estas cuentan con emergencias las 24 horas del día y consultas Externas (ambas con múltiples especialidades).

Las emergencias y consultas externas anteriormente mencionadas, atienden a los pacientes y los clasifica según los diagnósticos médicos. Luego de esto los pacientes son referidos a la especialidad médica que necesiten para continuar su tratamiento. Las especialidades médicas están ubicadas dentro de las diferentes unidades de servicio de cada órgano.

Los servicios son brindados por profesionales de diferentes especialidades: médicas, enfermería y personal auxiliar. Dispone de tecnología, farmacología, aparatología e instrumental para llevar a cabo todos los exámenes, laboratorios y procedimientos que sean necesarios.

- Adultos

Es el área más grande del hospital y cuenta con unidades de servicio distribuidas en todos sus niveles. en el primer nivel: emergencia, consulta externa, unidad de cuidados intensivos, enfermedades infecciosas, cardiología, reumatología, endocrinología, oftalmología; en el segundo nivel: laboratorios

clínicos, diagnóstico por imágenes, medicina nuclear, odontología, laboratorio de citología, hospital de día, medicinas C, D, y E; En el tercer nivel: neurocirugía, Cirugía B, C, D, E y oftalmológica, rehabilitación física; en el cuarto nivel: sala de operaciones y central de equipo.

En las unidades de cirugía y medicina del edificio de adultos están internados pacientes de ortopedia, oftalmología, proctología, reumatología, cirugías, maxilofacial, oftalmología, proctología, urología, oncológicos, VIH, entre otros (estos pacientes van de los 12 años en adelante).

En el intensivo se encuentran los pacientes críticos; y en sala de operaciones se llevan a cabo todos los procedimientos de los pacientes que necesitan ser intervenidos quirúrgicamente y luego ser ingresados a las unidades de servicio correspondiente.

- Maternidad

Esta área se enfoca en los pacientes de sexo femenino; en las instalaciones se ofrece asistencia multidisciplinaria a la mujer y al recién nacido. En el primer nivel se encuentra: emergencia, consulta externa, ultrasonido, séptico, post parto; en el segundo nivel se encuentra, labor y partos, banco de leche, mínimo y alto riesgo; en el tercer se encuentra ginecología; y en el cuarto nivel, encamamiento.

- Pediatría

Esta área se enfoca en todos los cuidados de los pacientes que van de 8 días de nacidos a 12 años no cumplidos respectivamente. El primer nivel de pediatría: emergencia, unidad de quemados, medicina de infantes, nefrología

pediátrica consulta externa; en el segundo nivel: sala de operaciones, cuidados intermedios, especialidades, cuidados intensivos; en el tercer nivel se encuentra cirugía pediátrica y en el cuarto nivel: medicina de niños.

En la tabla que se muestra a continuación se puede observar las especialidades médicas con las que cuenta cada órgano del Hospital Roosevelt:

Tabla I. **Servicios del Hospital Roosevelt**

<b>Servicios</b>		
<b>Adultos</b>	<b>Maternidad</b>	<b>Pediatría</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cardiología</li> <li>• Cirugía</li> <li>• Clínica del adulto mayor</li> <li>• Diagnóstico por imágenes</li> <li>• Encamamiento</li> <li>• FDSA</li> <li>• Medicina interna</li> <li>• Neurocirugía</li> <li>• Oftalmología</li> <li>• Proctología</li> <li>• Unidad pulmonar</li> <li>• Urología</li> <li>• Reumatología</li> <li>• Salud mental</li> <li>• Ortopedia</li> <li>• Neurología</li> <li>• Nutrición</li> <li>• Laboratorios clínicos</li> <li>• Curaciones</li> <li>• Endocrinología</li> <li>• Dermatología</li> <li>• Electromiografía</li> <li>• Estomatología</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abuso sexual</li> <li>• Banco de leche</li> <li>• Clínica de salud reproductiva</li> <li>• Clínica de violencia sexual</li> <li>• Diagnóstico por imágenes</li> <li>• Encamamiento</li> <li>• Gineco-obstetricia</li> <li>• Ginecología</li> <li>• Infecciosas</li> <li>• Labor y partos</li> <li>• Laboratorios clínicos</li> <li>• Legrados</li> <li>• Mamografía</li> <li>• Neonatos</li> <li>• Papanicolaou</li> <li>• Ultrasonido</li> <li>• Prenatal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alergología</li> <li>• Cirugía pediátrica</li> <li>• Cirugía plástica</li> <li>• Cráneo facial</li> <li>• Diagnóstico por imágenes</li> <li>• Gastroenterología</li> <li>• Genética</li> <li>• Hematología</li> <li>• Infectología</li> <li>• Inmunología</li> <li>• Laboratorios clínicos</li> <li>• Nefrología</li> <li>• Neonatología</li> <li>• Neurocirugía</li> <li>• Reumatología</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

Además, el hospital cuenta con servicio de morgue, lavandería, alimentación y nutrición, patronato de asistencia social, trabajo social, hogar temporal, central de equipos, farmacología y otras áreas especializadas para dar una atención de calidad a la población guatemalteca atendida en este centro de asistencia social.

El Hospital Roosevelt actualmente cuenta con 1 150 camas y 24 quirófanos al servicio de la población guatemalteca. durante el año 2016 el departamento de ginecología y obstetricia registró un total de 8 163 servicios de consulta externa. La unidad de hemato-oncología atendió un promedio de 6300 pacientes en el año, administrando 2 900 quimioterapias y diagnosticando alrededor de 350 nuevos casos de pacientes con cáncer de diversos tipos.

## **2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA SUBDIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y MANTENIMIENTO DEL HOSPITAL**

### **2.1. Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento**

Es una de las áreas más importantes del Hospital Roosevelt, ya que de esta dependen muchas actividades que se desempeñan en otras áreas. Dicha subdirección se divide en cuatro: Servicios Generales, Área Eléctrica y Electrónica, Área Mecánica y Área Civil. A continuación, se describe las funciones de estas áreas.

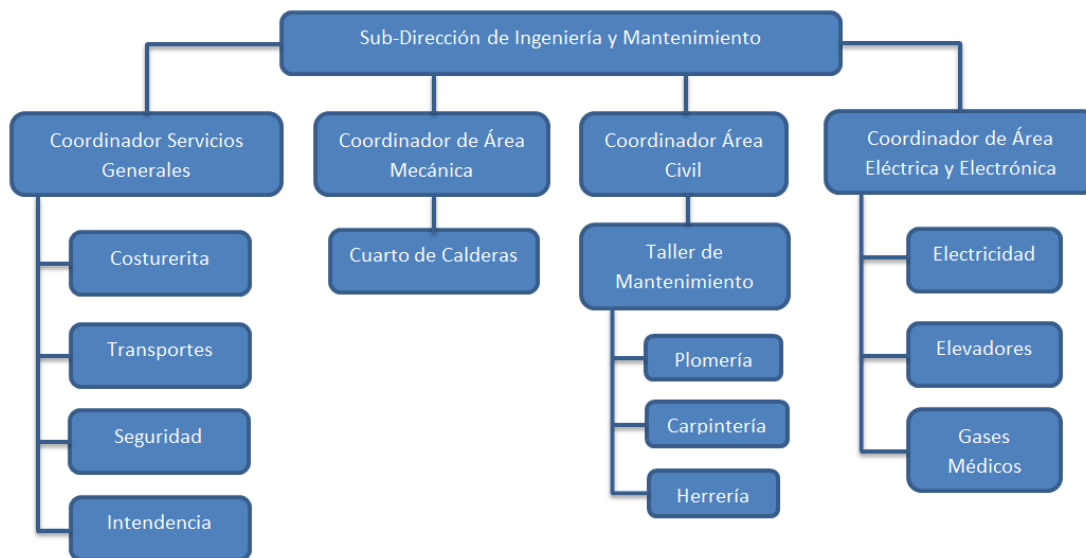
- **Servicios Generales:** se enfoca en los principales servicios que ofrece el hospital: costurería, imprenta, planta telefónica, intendencia, seguridad, transporte, y lavandería.
- **Área Eléctrica y Electrónica:** encargada del mantenimiento de toda red eléctrica y equipo médico del Hospital Roosevelt. Dentro de estos equipos se pueden mencionar: rayos X, máquinas de anestesia, ventiladores pulmonares, monitores de signos vitales, etc.
- **Área Mecánica:** tiene que ver con todos los componentes mecánicos que el hospital maneja: calderas, tuberías de vapor, abastecimiento de combustible bunker, aires acondicionados, cuartos fríos, refrigeradores, esterilizadores, mesas quirúrgicas, etc.
- **Área Civil:** Su principal enfoque es el mantenimiento de la infraestructura del Hospital Roosevelt. Tuberías de agua potable, tuberías residuales,

tuberías de drenajes, pintura, cerrajería, herrería, construcción, carpintería, etc.

### 2.1.1. Organigrama

A continuación, se presenta el organigrama de la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento, este es de tipo específico ya que se enfoca en este departamento, se observa que está compuesta por cuatro partes principales que se dividen en departamentos menores.

Figura 7. **Organigrama Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento**



Fuente: elaboración propia.

### 2.1.2. Fotos de la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento

Como se mencionó anteriormente, la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento está dividida en cuatro áreas con diferentes funciones. Para



efectos de esta investigación se trabajará en el área de mecánica, donde se llevará a cabo la propuesta de mejora. A continuación, se muestran fotografías del área de Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento.

- **Oficinas**

En las oficinas se encuentra el coordinador de ingeniería y mantenimiento, y todos los coordinadores de las diferentes áreas. En las oficinas se realizan reuniones para planificar acciones preventivas y correctivas de las actividades.

**Figura 8. Oficinas**



Fuente: elaboración propia.

- **Abastecimiento de tanques subterráneos**

En estos tanques o depósitos, se deposita el combustible bunker que luego es enviado a un tanque primario. Se cuenta con dos tanques subterráneos con capacidad de cinco mil galones cada uno. En la siguiente fotografía se puede observar la boquilla de ingreso de uno de estos tanques.

Figura 9. **Tanque subterráneo**



Fuente: elaboración propia.

- **Medición del nivel**

Para llevar a cabo esta medición, el operario mide el nivel de combustible por medio de una varilla graduada. En la siguiente fotografía se observa el lugar donde el operario realiza esta medición.

Figura 10. **Medición del nivel de combustible**



Fuente: elaboración propia.

- Tanque primario

En el tanque primario llega el combustible a una temperatura adecuada para iniciar el proceso de generación de vapor. Este depósito de combustible tiene una capacidad de trescientos cincuenta galones aproximadamente.

Figura 11. **Tanque de combustible primario**



Fuente: elaboración propia.

- Cuarto de calderas

En el cuarto de calderas se encuentran instaladas las calderas que generan el vapor. Cuenta con 3 calderas pirotubulares de la cuales 2 generan el vapor utilizado por las diferentes áreas del hospital. En la siguiente fotografía se observa el cuarto de calderas.

Figura 12. **Cuarto de calderas**



Fuente: elaboración propia.

## **2.2. Consumo de combustible**

A continuación, se describen los procedimientos actuales del manejo del combustible bunker llevados a cabo por el Hospital Roosevelt: desde la generación de la orden de compra hasta su consumo. Así mismo, se describen los gastos en los que incurre el nosocomio por la adquisición de este recurso.

### **2.2.1. Procedimientos de compra**

Los procedimientos de contratación de suministros del Hospital Roosevelt, están apegados a los reglamentos de la *Ley de Contrataciones del Estado de Guatemala*, Decreto Legislativo núm. 57-92. Dependiendo del monto estos se clasifican en compra directa, cotización y licitación. Son dos departamentos encargados de hacer estos procedimientos: el Departamento de Eventos se encarga de las cotizaciones y licitaciones; y el Departamento de Compra es el

encargado de la compra directa, esta compra se hace aproximadamente mensualmente mediante solicitudes de compra.

Las ofertas y contratos que se presenten o suscriban, para el suministro de combustible o de otro recurso, deben contener el precio unitario de cada uno de los renglones que lo integran, expresados en quetzales, en número como en letras, cuando corresponda. La fluctuación en los precios debe calcularse en un máximo y mínimo, y ambas partes deben estar de acuerdo para llevar a cabo el procedimiento.

Se hace compra directa cuando el monto de la cantidad es menor de noventa mil quetzales. Actualmente, son aproximadamente tres mil quinientos galones de combustible bunker. El encargado de realizar la compra directa es el Departamento de Compras según el requerimiento de la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento. Estos costos dependen del mercado internacional.

Se hace cotización cuando el monto de la cantidad es mayor de noventa mil quetzales y menor que novecientos mil quetzales, actualmente es alrededor de treinta y cinco mil galones de combustible bunker. La cotización se hace a través de la junta calificadora conformada por tres personas quienes deben ser servidores públicos.

Se hace licitación cuando el monto de la cantidad es mayor de novecientos mil quetzales para el abastecimiento de combustible anual, la licitación se hace a través de la junta calificadora que es el único órgano competente del hospital que puede tomar las decisiones para adjudicar este tipo de contratos.

### **2.2.1.1. Órganos competentes**

La junta de licitación es el único órgano competente dentro del hospital, para recibir, calificar ofertas y adjudicar el negocio. Esta junta está integrada por cinco personas, nombradas por el director del hospital. Estas personas se escogen de forma aleatoria cada vez que sea necesario hacer este proceso. La junta toma las decisiones por mayoría del total de sus miembros no pueden abstenerse de votar y deben dejar constancia en acta de lo actuado.

La junta de cotización está integrada por tres personas nombrados aleatoriamente por el director del hospital. Esta junta es la encargada de recibir, calificar y adjudicar la cotización. Sus decisiones son tomadas por la mayoría de sus miembros los cuales no pueden abstenerse de votar, deben dejar constancia en acta de lo actuado.

Los miembros que formen parte tanto de la junta de cotización como la de Licitación, deben cumplir con los requisitos de *la Ley de contrataciones del Estado de Guatemala*; las personas que tengan los impedimentos que se mencionan en el artículo 12 no deben formar parte de esta junta. Así mismo, las personas que estén en algún caso mencionado en el artículo 13 deben de excusarse para no formar parte de dicha junta.

### **2.2.1.2. Régimen de licitación**

Para llevar a cabo la licitación pública de combustible se deben elaborar documentos son especificaciones generales, especificaciones técnicas, disposiciones especiales y bases de la licitación. Estas últimas deben de llenar como mínimo los siguientes requisitos:

- Condiciones que deben reunir los oferentes.
- Características generales y específicas del combustible.
- Lugar y forma en que será entregado y abastecido el combustible dentro del hospital.
- Indicaciones que el oferente deberá constituir.
- Forma de pago del combustible.
- Lugar, dirección exacta, fecha y hora en que se efectuará la diligencia de recepción del combustible.
- Declaración Jurada de que el proveedor u oferente no es deudor moroso del estado ni de las entidades referidas en el artículo 1, de la ley de contrataciones.
- Indicación de la forma de integración de precios unitarios por región.
- Criterios de calificación de la junta de licitación para calificar las ofertas recibidas.
- Modelo de la oferta de combustible.

La autoridad superior del Hospital Roosevelt vela para que las especificaciones generales y técnicas del combustible sean congruentes y se ajusten al contenido de las bases y con las necesidades que motiven la contratación. También la autoridad superior aprobará los documentos de licitación, previo los dictámenes técnicos que determinen el reglamento.

Las bases aprobadas son publicadas en el sistema de información de contrataciones y adquisiciones del Estado, denominada Guatecompras, donde las personas interesadas obtienen esta información de forma gratuita. También, las convocatorias a licitar se publican en Guatecompras y una vez en el diario oficial. Entre estas dos publicaciones debe mediar un plazo no mayor a cinco días calendario y para la recepción de ofertas deben transcurrir por lo menos cuarenta días calendario desde el día cuando es publicada la información.

La junta solicita a los oferentes muestras para el análisis del combustible para asegurarse que cumpla con todos los requisitos establecidos por el Ministerio de Energía y Minas. Las muestras que no cumplen con los requisitos no deben ser aceptadas por ningún motivo ya que la calidad del combustible está ligada con muchos beneficios, así como contaminantes que perjudican el medio ambiente.

Para determinar cuál es la oferta más conveniente y favorable para los intereses del Hospital, se utilizan los siguientes criterios: Calidad del precio, tiempo, características y demás condiciones que se fijan en las bases. Generalmente el factor que más influye a la hora de escoger una oferta es la calidad del precio.

### **2.2.1.3. Régimen de cotización**

El procedimiento de cotización consiste en solicitar, mediante concurso público a través de Guatecompras, ofertas firmes a proveedores legamente establecidos para el efecto y que estén en condiciones de vender. Entre la publicación de la convocatoria y bases en la página y el día fijado para la presentación y recepción de ofertas, se espera un mínimo de ocho días hábiles.

Para llevar a cabo la cotización, se deben seguir pasos similares a los de la licitación. La autoridad superior del Hospital debe aprobar los formularios y demás documentos relacionados, antes de requerirse las ofertas. Las personas interesadas presentan sus ofertas que deben de cumplir con los lineamientos del artículo 41. (presentación de cotizaciones), de la *Ley de contrataciones del Estado de Guatemala*.



En el proceso de cotización y licitación, el departamento de eventos del Hospital Roosevelt, se encarga de subir en Guatecompras las bases de cotización o licitación, especificaciones técnicas, criterios de evaluación, listado de oferentes, actas de adjudicación y los contratos de las contrataciones y adjudicaciones.

#### **2.2.1.4. Excepciones**

En el caso de compra directa, la contratación que se efectúe en un solo acto, con una misma persona y por un precio hasta noventa mil quetzales, se realizará bajo la responsabilidad y autorización previa del departamento de compras del Hospital Roosevelt, tomando en cuenta precio, calidad, entrega y demás condiciones que favorezcan los intereses del Estado y del hospital.

Cuando se obtiene el suministro de combustible por compra directa se publican en Guatecompras como mínimo los siguientes requisitos: detalle del combustible bunker, nombre del proveedor adjudicado, monto adjudicado. Cuando la compra es menor de diez mil quetzales, no se está obligado a cumplir dicha publicación.

#### **2.2.1.5. Procedimiento actual del suministro de combustible**

Actualmente el abastecimiento de combustible bunker para las calderas del Hospital Roosevelt, se hace mediante compra directa. Esto se hace a causa de que el departamento de eventos, encargado de realizar las cotizaciones y licitaciones, lleva a cabo este procedimiento en un tiempo considerable, el cual la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento no puede esperar, ya que se debe abastecer con combustible las calderas para generar el vapor demandado

por distintas áreas del hospital para que estos puedan prestar sus servicios con normalidad. Debido a lo anterior, es necesario un sistema que permita administrar el suministro de combustible y que el mismo cumpla con *la ley de Contrataciones del Estado de Guatemala* para evitar sanciones.

La Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento hace seis solicitudes de compra mensuales que manda al departamento de compras para que se haga la selección de la mejor oferta; la selección se hace con base en la calidad de precio y el cumplimiento de las bases. La solicitud de compra tiene que ser firmada en el departamento de presupuestos, gerente financiero, subdirector de ingeniería y mantenimiento, y director ejecutivo. Luego de que está firmada la solicitud por todas las partes, se hace el proceso respectivo en Guatecompras.

### **2.2.2. Abastecimiento**

Después de que el departamento de compras hace la selección de la mejor propuesta, coordina con la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento para establecer el día, la hora y el lugar dentro del hospital en los que el proveedor debe llegar para despachar el combustible. Este proceso se hace mensualmente.

Cuando llega el camión cisterna al área de despacho del hospital, se verifica que los marchamos que trae el transportista coincidan con los que el proveedor estableció con anterioridad para asegurarse de que sea el camión cisterna con el pedido solicitado.

El operador de caldera se encarga de medir el nivel de combustible en los tanques subterráneos antes de abastecerlos cuyo resultado restara cuando el

proveedor vierta la cantidad solicitada para verificar la cantidad despachada. Esta medición de nivel se mediante una varilla graduada.

El transportista debe esperar a la junta de despacho, integrada por el supervisor del área de mecánica, supervisor de supervisión interna y supervisor de almacenes. Al estar la junta de despacho completa, el transportista tiene autorización de abastecer la cantidad de combustible solicitada a los tanques subterráneos.

Luego de abastecer el combustible solicitado, el operador de caldera vuelve a medir el nivel de combustible para verificar que la cantidad de combustible enviada por el proveedor se la correcta. Esto se hace por medio de la diferencia de niveles de combustible.

Después de este proceso, el transportista del proveedor procede a que el supervisor del área de mecánica le firme la factura para el proceso de pago. El suministro de combustible bunker se hace semanalmente.

### **2.2.3. Proceso de consumo de combustible bunker**

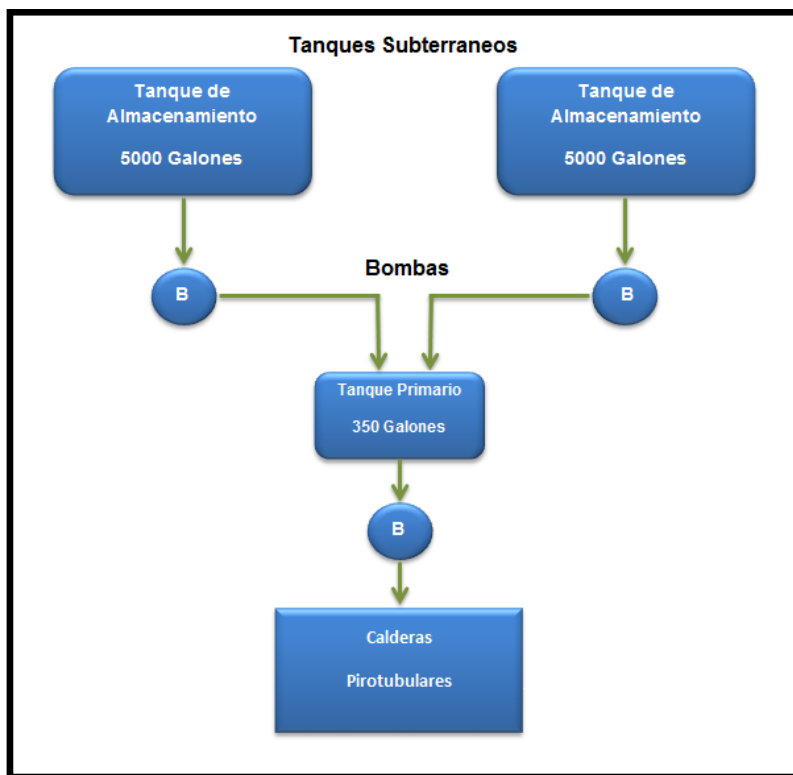
El proceso de consumo de combustible empieza con dos tanques subterráneos que tienen una capacidad de cinco mil galones cada uno, con una capacidad máxima para abastecer de diez mil galones aproximadamente. Estos tanques cuentan con serpentines, los cuales son los encargados de calentar el combustible bunker a una temperatura de cien grados Celsius, el ideal para que inicie el proceso.

Luego del proceso anterior, existen dos bombas las cuales son las encargadas de llevar el combustible de los tanques subterráneos al tanque

principal. Este último tiene una capacidad de trescientos cincuenta galones, la función del tanque primario es abastecer de combustible bunker a las calderas a través de dos bombas, para la generación de vapor demandado por las diferentes áreas del hospital.

El proceso que se describió anteriormente se resume en la siguiente figura, donde se observa que el proceso empieza en los tanques de almacenamiento y finaliza al llegar a las calderas. El bunker se conduce por medio de las tuberías de distribución del combustible y es llevado de un punto a otro mediante las bombas.

Figura 13. **Proceso del consumo de bunker**



Fuente: elaboración propia.

#### 2.2.4. Cantidad consumida

La cantidad consumida de combustible bunker depende del consumo de vapor del Hospital Roosevelt. El aumento o la disminución de la demanda del vapor dependen del tiempo actividades diarias de las diferentes áreas que utilizan este para llevar a cabo sus funciones. No todos los días se lava la misma cantidad de ropa, al igual que no todos los días se cocina la misma cantidad de alimentos. En las siguientes tablas se muestra el consumo de combustible bunker en el año 2016. En las mismas se observa el consumo semanal y mensual.

Tabla II. **Consumo actual de combustible bunker año 2016 (semanal)**

Semana	Consumo	Semana	Consumo	Semana	Consumo
1	4036,1	18	3 660,2	35	3 538,7
2	4005,7	19	3790	36	3 719,2
3	3778,8	20	3625,5	37	3 692,3
4	3898,9	21	3681,7	38	3 635,3
5	3894,7	22	3558,4	39	3 591,7
6	3838,6	23	3315,9	40	3 764,1
7	4249,9	24	3604,8	41	3 797,2
8	4352,4	25	3404	42	3 595
9	4292,9	26	3167,8	43	3 806,3
10	4081,6	27	3367	44	3 934,5
11	3940,7	28	2970,9	45	3 748,6
12	3895,4	29	3512,9	46	3 546,3
13	4199,3	30	3378,3	47	3 783,8
14	4035,1	31	3338,2	48	3 806,7
15	3752,5	32	3329,1	49	3 987,6
16	3835	33	3483,1	50	3 841,6
17	3659,3	34	3608,2	51	3 724,5

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Consumo actual de combustible bunker año 2016 (mensual)**

<b>Mes</b>	<b>Consumo de bunker (Galones)</b>
Enero	17 448,50
Febrero	16 164,40
Marzo	17 967,80
Abril	16 936,70
Mayo	16 296,20
Junio	14 739,00
Julio	14 748,20
Agosto	14 979,10
Septiembre	15 608,60
Octubre	16 558,60
Noviembre	15 985,80
Diciembre	17 150,90

Fuente: elaboración propia.

#### **2.2.4.1. Semanal**

A lo largo de las semanas existe una variación en el consumo de galones de combustible bunker, pero en promedio se consume una cantidad de 3 727 galones de bunker c.

#### **2.2.4.2. Mensual**

A lo largo de los meses se consumen cantidades de bunker diferentes, debido a que no todos los meses tienen los mismos días no todos los meses tienen la misma demanda, por ejemplo, después de semana santa aumenta el

consumo de vapor, que sube en forma directa el consumo de combustible bunker. Pero en promedio se consume alrededor de 16 215 galones de bunker aproximadamente al mes. A continuación, se muestra una gráfica del consumo de combustible bunker a lo largo del año 2016.

#### **2.2.4.3. Anual**

Como se mencionó con anterioridad, a lo largo de los meses del año se tienen cantidades diferentes de bunker, en meses especiales la cantidad de pacientes del hospital sube, lo que hace que también el consumo de bunker también suba debido a que se necesita más comida, lavar más ropa, esterilizar más pchas, etc, y para todo lo anterior se necesita el combustible bunker para generar el vapor necesario para cumplir con todas estas actividades. En el año 2016 se consumieron aproximadamente ciento noventa y cuatro mil galones de combustible bunker (194 583 galones).

#### **2.2.5. Gastos de combustible**

Los gastos que se realizan para obtener el combustible bunker dependen de las fluctuaciones de los precios del mercado. Se entiende por fluctuación el cambio que sufran los costos del combustible al paso del tiempo. En la siguiente tabla se observan los precios de combustible, las cantidades consumidas por mes y el gasto que se tuvo en cada uno de los meses del año 2016 por parte del Hospital Roosevelt.

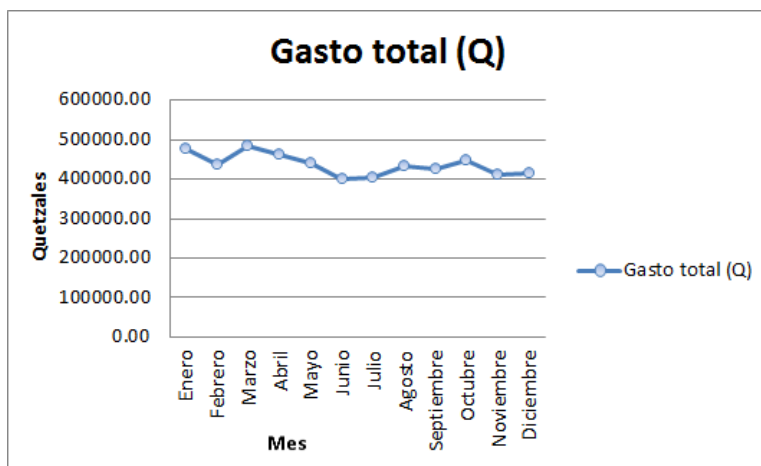
Tabla IV. **Gasto de combustible bunker año 2016**

Mes	Precio (Q)	Cantidad consumida (gal)	Gasto total (Q)
Enero	27,26	17 448,50	475 646,11
Febrero	27,02	16 164,40	436 762,09
Marzo	26,98	17 967,80	484 771,24
Abril	27,21	16 936,70	460 847,61
Mayo	27,13	16 296,20	442 115,91
Junio	27,13	14 739,00	399 869,07
Julio	27,52	14 748,20	405 870,46
Agosto	28,93	14 979,10	433 345,36
Septiembre	27,37	15 608,60	427 207,38
Octubre	27,06	16 558,60	448 075,72
Noviembre	25,73	15 985,80	411 314,63
Diciembre	24,19	17 150,90	414 880,27

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente figura se puede observar gráficamente los gastos históricos que ha tenido el Hospital Roosevelt a lo largo del año 2016. Estos gastos se mantienen constantes durante los primeros diez meses; los últimos dos meses del año se ve una reducción del precio del combustible debido a la reducción del barril del combustible bunker.

Figura 14. **Gasto mensual de bunker 2016**



Fuente: elaboración propia.



### **3. PROPUESTA DE UN NUEVO SISTEMA DE CONTROL DE RECURSOS**

#### **3.1. Proceso de licitación**

En los siguientes subcapítulos se desarrollan diferentes procedimientos para llevar a cabo el proceso de licitación para el suministro de combustible bunker C en las instalaciones del Hospital Roosevelt. Esta información fue elaborada en base a los lineamientos descritos en la *Ley de Contrataciones del Estado de Guatemala*, Decreto Legislativo núm. 57-92.

##### **3.1.1. Solicitud de compra**

El proceso de licitación comienza con la necesidad del Hospital Roosevelt de adquirir combustible bunker para generar vapor cumplir con las actividades diarias de distintas áreas: alimentación y nutrición, lavandería, entre otras; las funciones de estas áreas son indispensables para el nosocomio.

A partir de lo anterior, se genera una solicitud de compra elaborada por el coordinador de la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento. Dentro de esta solicitud se establecen especificaciones generales y específicas: cantidad a comprar, valor estimado de la licitación, fecha de la solicitud y firma del coordinador de la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento.

### **3.1.2. Bases del contrato**

El contratista debe suministrar, transportar y descargar aproximadamente ciento ochenta y dos mil galones de bunker tipo C en los tanques de almacenamiento ubicado en las afueras del cuarto de calderas del Hospital Roosevelt, la entrega será efectuada a las 11:00 horas en las instalaciones del hospital. Se deben entregar aproximadamente cinco mil galones semanales.

El contratista debe proveer en cada descarga de combustible, un saco de aserrín u otro material absorbente. Para la limpieza del bunker que es derramada fuera de los tanques de almacenamiento.

El contratista debe realizar el mantenimiento a los tanques de combustible bunker (tanque primario y a los dos tanques subterráneos), previo a iniciar las descargas de los periodos contratados. Los trabajos a realizar son: limpieza de tanques, pintura anticorrosiva interna del tanque, de ser necesario se debe reparar el tanque y el serpentín de vapor por alguna fuga y reforzar las vueltas. A estas últimas se le deben hacer pruebas hidrostáticas para asegurarse que no existan fugas.

El contratista debe mostrar la certificación volumétrica de los compartimientos del tanque cisterna en los cuales transporta el combustible bunker, y esta debe estar extendida por la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas.

El contratista debe suministrar y proveer *fuel oil núm. 6* (bunker C) que cumpla con las características fisicoquímicas y las normas de calidad establecidas por la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas:

- Agua y sedimentos, % volumen
- Azufre, % masa
- Ceniza, % masa

El contratista debe asegurar que el combustible bunker tipo C contenga el porcentaje de agua y sedimentos según la norma ASTM D95-99 y D473-02, la cual indica que el porcentaje debe ser menor al 2 % respecto al volumen total. El combustible deberá cumplir con la norma ASTM D129 la cual indica que el porcentaje de azufre máximo debe de ser de 3 %. Así mismo el combustible deberá cumplir con la norma ASTM D482 la cual indica el que el porcentaje máximo de ceniza es de 0,1 %.

En cada descarga el proveedor deberá de presentar un certificado de calidad del combustible que despachará en los tanques del Hospital Roosevelt. Esta prueba deberá estar autorizada por la Dirección General de Hidrocarburos, del Ministerio de Energía y Minas.

El Hospital Roosevelt tomará muestras aleatorias del combustible y les hará pruebas para asegurarse que el combustible cumple con las especificaciones técnicas. Si el combustible no cumple con las especificaciones técnicas, la empresa contratista será sancionada con un descuento de 15 % sobre el total a pagar y tendrá 24 horas para presentar un combustible que cumpla con las especificaciones técnicas.

La Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento del Hospital Roosevelt tendrá el derecho de revisar el combustible mediante cedazos puestos en la entrada de los tanques de almacenamiento de combustible. Además, el contratista colocará un filtro o maya acoplada a la manguera del transportista de 1/8" para asegurar que posibles basuras puedan ingresar a los tanques. Si el

combustible contiene sustancias de polietileno, polímeros, hojas, aserrín u otros materiales, se rechazará el producto.

El proveedor de bunker tipo C deberá de coordinar con la Sub Dirección de ingeniería y mantenimiento en el momento que se proceda a descargar y para tal motivo de no estar enteradas dichas partes no se procederá a quitar el marchamo que el transporte traiga.

El camión que transporta el combustible bunker deberá estar calibrado y certificado por el Ministerio de Energía y Minas para transportar bajo reglamentación y autorización correspondiente.

El conductor que transporta el combustible deberá estar debidamente identificado: con uniforme de la empresa y con su equipo de seguridad necesaria.

La empresa contratada asumirá la responsabilidad de los daños causados por cualquier irresponsabilidad de sus trabajadores y deberá restaurar cualquier daño; se deberá otorgar a favor de Hospital Roosevelt con seguro contra riesgo y responsabilidad civil.

El vehículo de transporte (camión cisterna) deberá presentar los *tickets* de peso con y sin tara para determinar el peso neto y compararlo contra volumen y su peso específico del contenido.

El bunker será entregado y recibido a alta temperatura y el proveedor deberá contar con sus rampas para facilitar la descarga en el lugar indicado.

Cuando el proveedor no cumpla con las especificaciones técnicas indicadas anteriormente, deberá proveer combustible bunker Tipo C de acuerdo a las especificaciones en un tiempo no mayor de veinticuatro horas.

### **3.1.3. Proceso de firmas de solicitud**

El proceso de firmas empieza con la solicitud de compra la cual es firmada por el coordinador de la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento, luego es enviada al Departamento de Presupuesto para verificar si hay capital disponible para la compra de combustible.

Cuando se verifica que existe capital disponible para la compra de combustible regresada firmado por el director de presupuesto a la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento; seguidamente es enviada al gerente administrativo financiero del Hospital Roosevelt, para ser aprobado el capital destinado a la compra del combustible.

La última unidad la debe enviar al director ejecutivo para la aprobación total del proceso.

Cuando el proceso de las firmas es completado, se debe enviar la solicitud de compra junto con las bases del contrato, al Departamento de Eventos, para que se encarguen de la publicación en Guatecompras.

### **3.1.4. Proceso de ofertas**

El proceso de ofertas empieza desde que el evento es subido a Guatecompras y las empresas interesadas pueden descargar las bases del

contrato, las cuales contienen especificaciones del combustible, transporte, abastecimiento, etc.

Las empresas que están interesadas en participar deben presentarse a la visita técnica en la fecha que se publicara en Guatecompras. El día de la visita el supervisor de la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento mostrará las áreas de abastecimiento de combustible bunker, los tanques de almacenamiento, el área de despacho, y otros elementos de interés.

Para finalizar este proceso, las empresas interesadas suben sus ofertas finales a Guatecompras.

#### **3.1.5. Selección de oferta**

El proceso de selección de la oferta se hace mediante la junta calificadora, que está integrada por 5 personas con dependencia laboral del ministerio de salud.

El evento lo gana la empresa que cumpla con todos los requisitos de las especificaciones técnicas. Se califica un 50 % de calidad del producto y un 50 % de precio del producto.

#### **3.1.6. Procedimiento de licitación**

El objetivo de este punto es detallar las actividades realizadas por las personas involucradas, y otros elementos necesarios en los procesos de licitación del combustible bunker; la solicitud elaborada por el coordinador del área mecánica, pasando por cada uno de los involucrados, hasta la aprobación

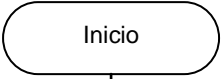
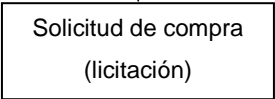
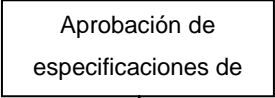
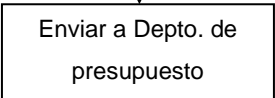
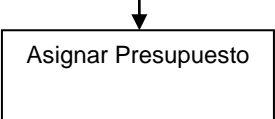
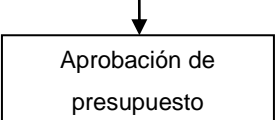
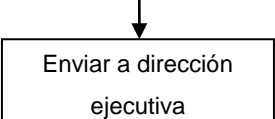
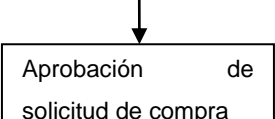
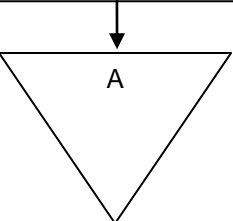
final hecha por la junta calificadora. A continuación, se muestra la lista de involucrados y el diagrama de procedimiento:

Tabla V. **Lista de Involucrados en la licitación**

No.	Lista de involucrados	
1	Nombre	Puesto
2	Julio Cifuentes	Coordinador de área mecánica
3	Francel Ochaeta	Coordinador de Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento
4	Efraín Recinos	Mensajero
5	Héctor Ordoñez	Coordinador de presupuesto
6	Mario Herrera	Gerente financiero
7	Junta calificadora	Personas con dependencia laboral del Hospital Roosevelt

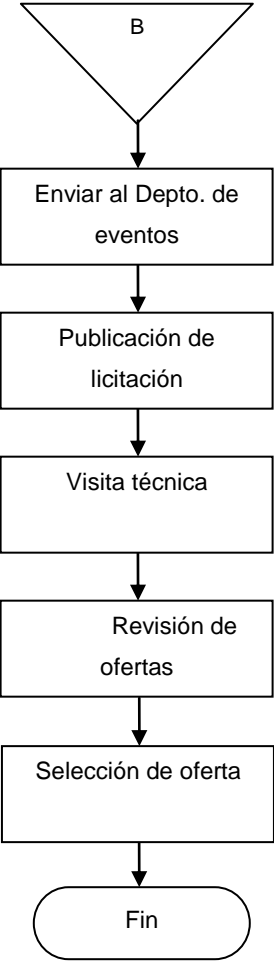
Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. Diagrama del procedimiento de licitación

Responsable	Actividades	Descriptivo de procedimiento
Coordinador de área mecánica		Necesidad de abastecimiento anual de combustible.
Coordinador de área mecánica		Elaboración de las especificaciones del contrato de abastecimiento anual de combustible.
Coordinador de la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento		Revisión y aprobación de las especificaciones.
Mensajero		Traslado de la papelería al departamento de presupuesto.
Coordinador de presupuesto		Se asigna el presupuesto al pedido de combustible.
Gerente financiero		Se firma la documentación para la aprobación del presupuesto.
Mensajero		Traslado de la papelería a la dirección ejecutiva.
e Director Ejecutivo		Aprobación total de la solicitud de pedido de combustible.
		



Continuación de la tabla IV.

Responsable	Actividades	Descriptivo de procedimiento
<p>Mensajero</p> <p>Departamento de eventos</p> <p>Coordinador de área mecánica</p> <p>Junta calificadora</p> <p>Junta calificadora</p>	 <pre> graph TD     B[/B/] --&gt; A[Enviar al Depto. de eventos]     A --&gt; B1[Publicación de licitación]     B1 --&gt; C[Visita técnica]     C --&gt; D[Revisión de ofertas]     D --&gt; E[Selección de oferta]     E --&gt; F([Fin])         </pre>	<p>Trasladar la documentación al Departamento de Eventos.</p> <p>Se publica la licitación en la página de Guatecompras.</p> <p>Se realiza la visita para conocer todos los detalles y aclarar dudas de la licitación.</p> <p>Se abren las plicas para analizar las ofertas.</p> <p>Se elige la oferta que cumpla con las especificaciones técnicas.</p>

Fuente: elaboración propia.

## **3.2. Abastecimiento del combustible**

A continuación, se describen los procedimientos de manejo del combustible bunker: desde el transporte hasta el almacenamiento del combustible dentro de las instalaciones del Hospital Roosevelt.

### **3.2.1. Transporte**

El combustible bunker será transportado de la estación de servicio de la empresa contratista a las instalaciones del Hospital Roosevelt en camiones cisterna. La capacidad del tanque cilíndrico de los camiones será de cuatro mil galones, y se dividirá en cuatro compartimientos que tendrán distribuido el combustible en partes iguales (mil galones en cada compartimiento).

El Hospital Roosevelt necesita aproximadamente cinco mil galones de combustible a la semana, debido a esto se necesita que lleguen dos camiones cisterna a las Instalaciones del Hospital Roosevelt. La empresa contratista decidirá la cantidad de combustible bunker que transportará cada camión cisterna.

La empresa contratada deberá utilizar camiones cisterna autorizados (certificados y calibrados) por la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas encargada de todas las disposiciones legales en esta materia.

Los conductores de los camiones cisterna de la empresa contratada deberán portar licencia tipo A, emitida por el Departamento de Tránsito de la Dirección General de la Policía Nacional. Y deberán respetar los horarios de restricción al transporte pesado descrito en el artículo 9 del Reglamento de Tránsito.

La empresa contratada deberá proveer operarios capacitados, equipo y herramientas adecuadas, para llevar a cabo los procesos de transporte y abastecimiento de combustible.

Las personas mencionadas anteriormente serán responsables de permanecer a cargo de la operación de descarga o tras riego. Las mismas deberán estar preparadas para cualquier accidente que pueda presentarse y contarán con el equipo necesario para resolver de inmediato estas eventualidades.

### **3.2.2. Ingreso a las instalaciones del Hospital Roosevelt**

La empresa proveedora de combustible bunker, debe solicitar un permiso especial al departamento de seguridad del Hospital Roosevelt, para poder ingresar a las instalaciones del nosocomio, y así abastecer la cantidad solicitada de combustible. El ingreso será a partir de las 11 de la mañana.

Los elementos de seguridad del Hospital Roosevelt tomaran los datos del vehículo y del personal de la empresa contratada. Por lo que todos los trabajadores de la empresa contratada deben estar uniformados y deben portar un carnet de identificaron.

### **3.2.3. Abastecimiento de los tanques de almacenamiento**

La Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento del Hospital Roosevelt debe asegurar la accesibilidad, eliminando todos los obstáculos (vehículos estacionados) antes de la llegada del camión cisterna a la zona de despacho, donde se encuentran los tanques de almacenamiento de combustible, estos tanques son subterráneos y cada uno tiene una capacidad de cinco mil galones.

El proceso de abastecimiento de los tanques de combustible bunker, se debe empezar cuando la junta de supervisión está completa en el lugar de despacho. Esta es la encargada de revisar que todos los documentos de la empresa contratada estén en orden. Luego de verificar que los documentos están en orden, se procederá a quitar los marchamos de los camiones cisterna.

La junta está integrada por Supervisión Interna, Kardex (departamento encargado de llevar los ingresos y egresos de insumos del hospital), Almacenes y Subdirección Ingeniería y Mantenimiento. Esta junta se encarga de verificar que los marchamos del camión cisterna concuerden con los de la nota de envío de la empresa contratada.

### **3.2.4. Medición de nivel de combustible**

Las mediciones de los compartimientos de los tanques cisternas y de los tanques de almacenamiento del Hospital Roosevelt se realizar con la medición de varilla. Primero se debe medir cada compartimiento del camión y comprarlos con la tabla de calibración para hacer la conversión de pulgadas a galones. Esto para asegurarse que los camiones cisterna traigan las cantidades de combustible solicitadas.

El segundo paso es medir el nivel de combustible que tienen los tanques del Hospital Roosevelt antes de ser despachado el combustible y después de haber sido despachado este. Luego de obtener las dos medidas se sacará la diferencia de estas, para poder determinar la cantidad que descargó la empresa contratada. La diferencia de estas cantidades debe ser cinco mil galones o la cantidad que el Hospital Roosevelt solicitó.

### **3.3. Estándares de consumo del combustible**

Estos estándares mostrarán el comportamiento que se espera y se utilizarán como guías para evaluar datos y detectar fugas o anomalías en la red de vapor.

#### **3.3.1. Estándares**

En la siguiente tabla se muestra la información del consumo promedio de combustible con base en el año 2016. En la misma se observan los diferentes meses y las cantidades correspondientes a cada.

Las cantidades se ven afectadas dependiendo la época del año, por ende, no es una producción continua de vapor. La cantidad de pacientes varía a lo largo del año en el Hospital Roosevelt, que incide directamente en el consumo del vapor ya que se tiene que elaborar diferentes cantidades de comida, lavar más o menos ropa, entre otras actividades que requieren vapor.

En la tabla siguiente se observa el consumo promedio de combustible bunker por día. Esta se presenta por mes, de enero a diciembre del año 2016.

Tabla VII. **Consumo de combustible durante año 2016 del Hospital Roosevelt**

<b>Mes</b>	<b>Consumo diario (Gal)</b>
Enero	562,85
Febrero	577,30
Marzo	579,61
Abril	564,56
Mayo	525,68
Junio	491,30
Julio	475,75
Agosto	483,20
Septiembre	520,29
Octubre	534,15
Noviembre	532,86
Diciembre	553,25
Total promedio	533,40

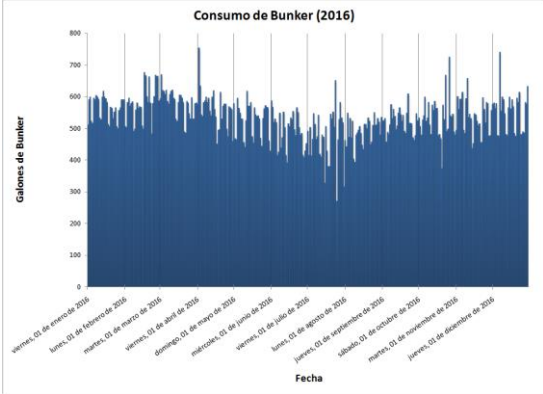
Fuente: elaboración propia.

### 3.3.2. Gráficos de control

En las siguientes gráficas se muestra el consumo de combustible con base en el año 2016, como se mencionó, con anterioridad las cantidades varían mes con mes: se tienen meses donde la demanda del vapor es mayor debido a que ingresan más pacientes al hospital.

En la siguiente gráfica se muestra el comportamiento del consumo de combustible a través del tiempo. Se puede observar como a lo largo del año 2016 las cantidades varían debido a diferentes factores mencionados con anterioridad.

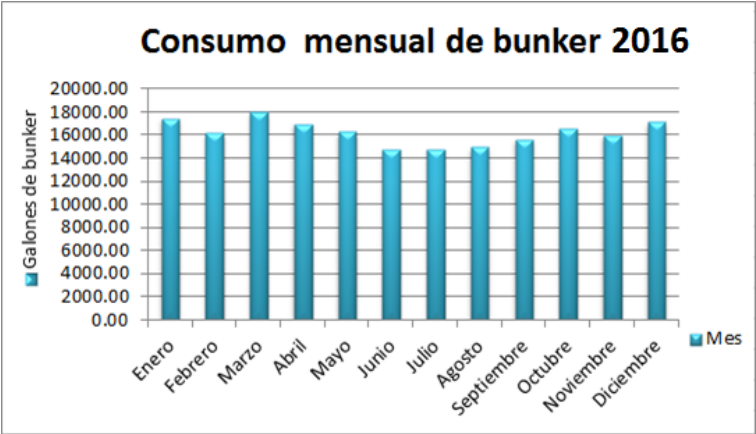
Figura 15. Consumo de bunker (2016)



Fuente: elaboración propia.

En la siguiente gráfica se muestra el consumo total de cada mes de 2016; se observa que los meses de mayor demanda son enero, abril y diciembre.

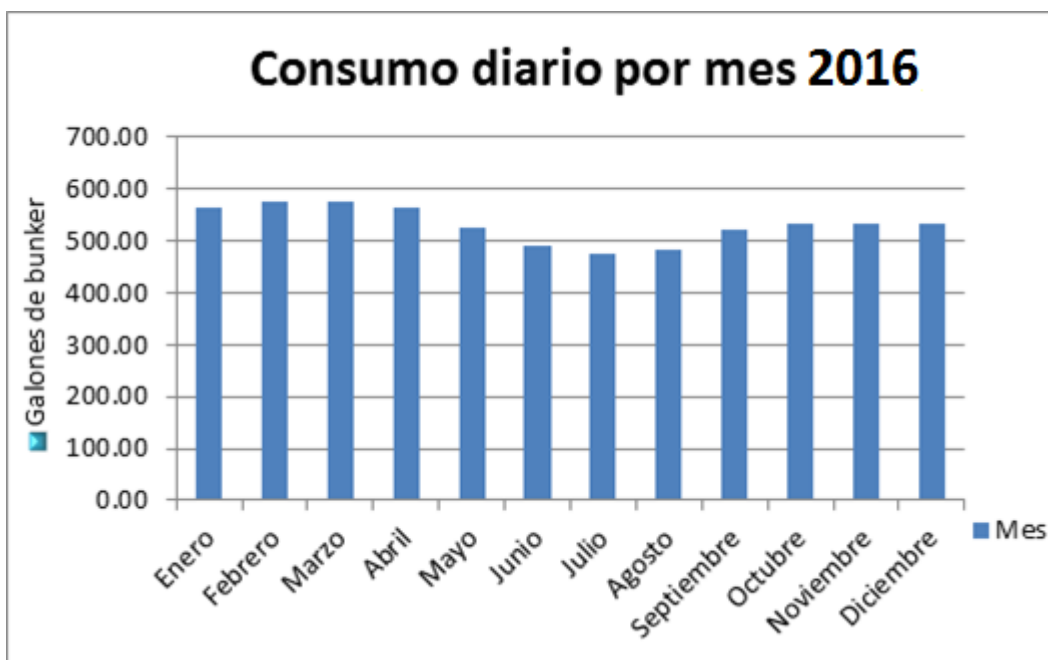
Figura 16. Consumo mensual de bunker (2016)



Fuente: elaboración propia.

En la siguiente gráfica se muestra el promedio de consumo por cada mes; se observa que en los primeros cinco meses del año se tiene una mayor demanda de vapor, en los siguientes tres meses el consumo de combustible desciende y en los últimos cuatro meses asciende el consumo.

Figura 17. **Consumo promedio por mes (2016)**



Fuente: elaboración propia.

### 3.3.3. **Stock de seguridad**

El *stock* de seguridad, o el inventario de seguridad, es una medida tomada por las empresas para estar preparadas contra la incertidumbre de la demanda, el tiempo de entrega por parte del proveedor y el suministro.



Para calcular el *stock* de seguridad (SS) se debe considerar el plazo máximo de entrega (PME) que en este caso es de ocho días (este periodo es considerando que el proveedor tuviera algún retraso en la entrega del producto). El *stock* de seguridad debe ser tal que deba cumplir con la demanda media y en promedio se consume aproximadamente 534 galones de combustible bunker. El PME son 8 días, que es el tiempo que el proveedor tiene para cumplir con las especificaciones que están contenidas en el contrato de adquisición de combustible para el nosocomio.

Para calcular el stock de seguridad (SS) y el punto de pedido; Se tienen los siguientes datos obtenidos del consumo de combustible bunker del Hospital Roosevelt.

Tabla VIII. **Stock de seguridad**

Consumo de bunker diario	Plazo de entrega (PE)	Plaza de entrega con retraso (PME)
534 galones	7 días	8 días

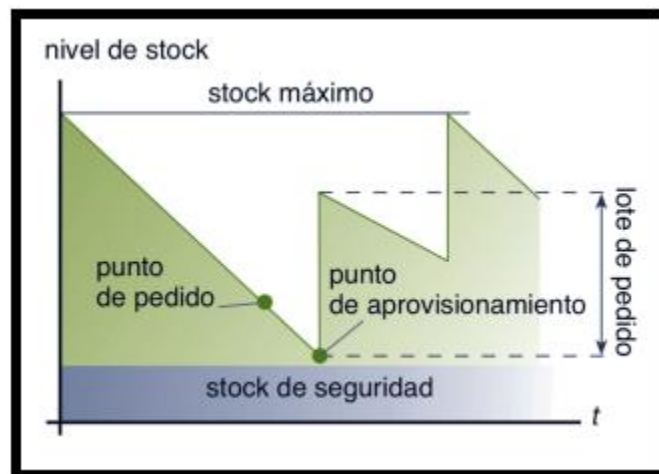
Fuente: elaboración propia.

- Cálculo del *stock* de seguridad (SS)
  - *Stock* de seguridad (SS) = (PME – PE) x (consumo diario de bunker)
  - SS = (8 días – 7 días) (534 galones/día)
  - SS = 534 galones de bunker

- Calculando el punto de pedido (PP)
  - $PP = SS + (PE \times \text{consumo diario de bunker})$
  - $PP = 534 + (7 \text{ días} \times 534 \text{ galones/día})$
  - $PP = 4,272 \text{ galones de bunker}$

El *stock* de seguridad de combustible bunker con el que debe contar la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento, para estar preparados por cualquier eventualidad, por el atraso de la entrega del combustible o por el incumplimiento del proveedor en las especificaciones técnicas, es de 534 galones de combustible bunker. Con esta cantidad de combustible se asegura cumplir con la demanda de vapor mientras el proveedor cumple con las especificaciones del contrato y entrega el combustible.

Figura 18. **Stock de seguridad**



Fuente: elaboración propia.

En la figura anterior se observa cómo evoluciona gráficamente el inventario de seguridad de bunker. El punto de pedido equivale a 4,272

galones de bunker y el *stock* de seguridad que esta remarcado con color azul es de 534 galones de bunker.

### **3.4. Control del consumo de combustible**

Los operarios encargados del proceso de generación de vapor no cuentan con un documento o formato donde puedan anotar las cantidades de combustible que se consumen diariamente; es necesario anotar las cantidades consumidas en cada parte del proceso, por ejemplo, en el mantenimiento de los tanques, en la generación de vapor, etc. Por ende, es necesario contar con un formato para anotar todas y cada una de estas cantidades; esto conducirá a mejorar el control de este recurso y tener datos confiables en el caso de una auditoría interna o una de la Contraloría General de Cuentas.

#### **3.4.1. Formato**

Tras observar y analizar el procedimiento del consumo diario de combustible en el nosocomio y la necesidad de tener datos ordenados y confiables para mejorar el control de este proceso, se diseñó el siguiente formato para que el operario tenga directrices claras y simples.

Este formato le permitirá al operador con sencillas operaciones calcular el tiempo de trabajo diario y el consumo de combustible bunker por día. Así como para efectos de auditorías contará con la fecha, operador, firma y sello del coordinador de la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento, y otros datos de interés que son solicitados en estos procesos.

Figura 19. **Formato de consumo de combustible bunker**

FORMATO DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE BUNKER				
<b>Operación</b>				
<b>Hora de inicio</b>				
<b>Hora de finalización</b>				
Medición con varilla graduada				
Cantidad de combustible almacenada			Cantidad de combustible consumida	
Cantidad T1	Cantidad T2	Ingreso	Mantenimiento	consumo
(Gal)	(Gal)	(Gal)	(Gal)	(Gal)
Niveles de combustible				
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel total	
(Gal)	(Gal)	(Gal)	(Gal)	
Consumo				
Diario:		(Gal/día)		
Hora:		(Gal/hora)		
Medidor de flujo				
		Consumo (Gal/H)		
Caudal del Combustible				
Tiempo de Trabajo				
Consumo de Combustible Diario				
Observaciones				
<hr style="width: 30%; margin: 0 auto;"/> Coordinador de Mantenimiento				

Fuente: elaboración propia.

### **3.4.2. Guía de inspección**

Es un procedimiento donde se desarrollará una serie de pasos que deberá seguir el operario para el uso del formato del control del consumo de combustible:

La cantidad T1 se refiere a la cantidad almacenada en el tanque uno; la cantidad T2, a la cantidad almacenada en el tanque número dos. Estas cantidades se obtienen mediante la medición de varilla graduada en cada uno de los tanques.

El mantenimiento se refiere a la cantidad que se consume por la limpieza de los tanques mediante el drenado y también por la limpieza del serpentín. El consumo se refiere a la cantidad de combustible consumida en el día.

El nivel 1 se obtiene mediante la suma de las cantidades T1, T2 y el ingreso. El ingreso se refiere a la cantidad de abastecimiento de combustible y se hace mediante la diferencia entre la cantidad inicial y final de los tanques de almacenamiento luego de haber abastecido los tanques.

El nivel 2 se obtiene de la resta del nivel 1 menos la cantidad consumida en el mantenimiento. La cantidad de mantenimiento se obtiene mediante la varilla de medición luego de haber realizado la limpieza.

El nivel 3 se obtiene de la resta del nivel 2 menos la cantidad de combustible consumida diaria. La cantidad de combustible consumida se obtiene mediante la lectura del medidor de flujo.

El nivel total se refiere a la cantidad de combustible que queda almacenada en los tanques de bunker luego de haber terminado con todos los procesos diarios que consumen combustible.

El nivel de combustible diario muestra la cantidad que se consume diariamente por las actividades que utilizan vapor, esta cantidad afectada según la cantidad de tiempo durante el que se esté generando vapor.

El consumo por hora se obtiene dividiendo la cantidad consumida por hora. Esta cantidad debe ser comparada en la tabla de rangos. Dependiendo del resultado de esta cantidad se tomarán las decisiones correspondientes.

### 3.4.3. Evaluación de datos resultantes

En la siguiente tabla se muestra a los rangos del consumo de combustible diario por hora de trabajo. Estos datos se midieron en horas ya que se tiene más exactitud debido a que en ocasiones los departamentos que consumen vapor, solicitan más tiempo de suministro. Estos datos se sacaron con base en la tabla del consumo diario por mes en donde se tomaron los promedios diarios mensuales y se dividieron por la cantidad de tiempo en el que se produjo el vapor.

Tabla IX. **Rango de combustible**

	<b>Consumo (Gal/H)</b>
<b>Límite óptimo</b>	67
<b>Límite superior</b>	71

Fuente: elaboración propia.

La cantidad consumida por hora debe estar dentro de estos rangos para estar en los niveles normales de control. Si la cantidad esta fuera de los rangos, se deberá determinar si la red de distribución de vapor está trabajando correctamente.

Si los resultados exceden el límite superior, se debe hacer recorridos para verificar que no existan fugas en tuberías de suministro, fugas en las tuberías de vapor, fugas en maquinaria, purgas abiertas. Se deben analizar los parámetros con los que trabaja la caldera. Y revisar si el sistema de trampas de vapor está funcionando con normalidad.

El recorrido se debe hacer por parte del operario de caldera quien debe estar supervisado por el coordinador de mantenimiento. En caso de encontrar pérdida de vapor se deben reportar las fallas a la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento para que se proceda a la reparación necesaria.

Los formatos serán archivados en la secretaria de mantenimiento del Hospital Roosevelt, que servirán para tener datos confiables y seguros; estos datos estarán disponibles para auditorías, estudios de eficiencia, tiempo de preparación de alimentos, planificación, etc.





## **4. PROPUESTA PARA IMPLEMENTAR LOS MEDIDORES DE FLUJO**

### **4.1. Características del combustible**

En los siguientes puntos se desarrollarán las características de trabajo del combustible usado para la generación de vapor. Definir estas características es de mucha importancia para la elección del medidor de flujo. Además, estas condiciones deben estar en ciertos parámetros para poder trabajar correctamente y no afectar la vida útil de los elementos del sistema del que forman parte.

#### **4.1.1. Temperatura**

La temperatura recomendada de trabajo del combustible bunker es de 80 °C a 100 °C con el fin de mantener el poder calorífico original. En el proceso de generación de vapor del hospital, el bunker es precalentado en los serpentines de los tanques de almacenamiento y luego es llevado al tanque de almacenamiento primario; cuando la temperatura del combustible es la adecuada, es inyectada a la caldera.

La temperatura del combustible al iniciar el proceso es de aproximadamente 50 °C, en el proceso de generación de vapor el combustible asciende su temperatura poco a poco hasta llegar aproximadamente a una temperatura máxima de 100 °C.

#### **4.1.2. Presión**

Las presiones del combustible bunker a lo largo de la distribución de tuberías son variables ya que en esta distribución intervienen bombas, otros elementos con los cuales la presión es afectada.

La presión a la cual es inyectado el combustible a las calderas oscila entre 20 PSI a 45 PSI dependiendo de la caldera que esté trabajando. La caldera dos es la que tiene mayor presión de inyección. La presión del combustible bunker en la tubería de alimentación ubicada entre la bomba de inyección al tanque primario, oscila entre 20 PSI a 40 PSI.

#### **4.1.3. Viscosidad**

El combustible bunker es un fluido líquido, es muy importante definir esto para la elección del medidor de flujo. Todo fluido tiene viscosidad. La viscosidad se define como la resistencia a fluir de un líquido.

La viscosidad del combustible es una de las propiedades físicas más importantes; el combustible bunker tiene una muy alta viscosidad, en otras palabras, tiene una alta resistencia para fluir; por eso, se debe precalentar el combustible para que su viscosidad descienda y fluya con mayor facilidad.

#### **4.1.4. Otros**

El combustible bunker contiene agua y sedimentos; se recomienda que su porcentaje sea menor al 2 % respecto al volumen total, para cumplir con la norma ASTM D95-99 y D473-02. Esta es necesaria para mantener el poder calorífico y el cuidado de los elementos del sistema.

El porcentaje de azufre en el combustible debe tener un máximo de 3 %, para cumplir con la norma ASTM D129; esta es necesaria para minimizar la corrosión y la combustión. El porcentaje de ceniza contenido en el combustible debe ser un máximo de 0,1 % para cumplir con la norma ASTM D482.

## **4.2. Características de la tubería**

En los siguientes puntos se desarrollarán las características de la tubería encargada de la distribución del combustible. Esta tubería se encuentra a un costado del cuarto de calderas. Esta distribución va de los tanques de almacenamiento hacia el tanque primario y luego a la caldera.

### **4.2.1. Cédula**

La ASTM clasifica la tubería en dos grupos: corrientes y especiales. Las más usadas en las industrias son las tuberías de hierro negro de acuerdo a sus especificaciones ASTM A106 (cédula 80) y ASTM A53 (cédula 40). Los números de cedula se relacionan con la presión permisible de operación y esfuerzo permisible del acero en la tubería. El espesor de la pared, presión (PSI), peso (Kg) y diámetro interno (mm), varía dependiendo el diámetro exterior de la tubería.

La conducción y distribución de combustible bunker se hace con tubería acero al carbono (hierro negro), cédula 40, sin costura. A continuación, se muestra la tabla de los diferentes diámetros con sus respectivas especificaciones:

Tabla X. **Número de cédula hierro negro**

<b>Hierro negro</b>					
CÉDULA 40					
Tamaño	Diámetro	Espesor	Presión	Peso	Diámetro
Nominal	Externo	Pared	P.S.I.	Kg	Interno (mm)
1/4"	13,5	2,24	700	3,72	9,22
3/8"	17,5	2,31	700	5,1	12,48
1/2"	21,4	2,77	700	7,56	15,76
3/4"	27	2,87	700	10,08	20,96
1"	34,01	3,38	700	15	26,28
1 1/4"	42,09	3,56	1 000	20,28	35,08
1 1/2"	48,4	3,68	1 000	24,3	40,94
2"	60,3	3,91	1 000	32,58	52,48
2 1/2"	76,2	5,16	1 000	51,72	62,88
3"	88,9	5,49	2 220	67,68	83,41
4"	114,3	6,02	1 900	97,26	108,28
5"	141,3	6,55	1 670	130,56	128,2
6"	166	7,11	1 520	169,38	154,08
8"	219,1	8,18	1 340	254,94	202,74
10"	273	9,27	1 430	361,44	254,46
12"	323,8	10,31	1 340	478,32	303,18

Fuente: elaboración propia.

#### **4.2.2. Diámetro**

El denominador en los diámetros de las tuberías de distribución de combustible es de dos pulgadas. Por lo tanto, con base en las tablas de cédula número cuarenta en hierro negro, se obtiene la siguiente información:

Tabla XI. **Diámetro de tubería**

Diámetro 2" - cédula 40 – hierro negro, con costura			
Espesor pared (mm)	Presión (PSI)	Peso (Kilos)	Diámetro interno (mm)
3.91	1000	32.58	52.48

Fuente: elaboración propia.

#### **4.2.3. Condiciones de tubería**

Las condiciones de las tuberías de distribución del combustible, en las que se encuentran sometidas son las siguientes:

- Los efectos de la temperatura externa para el fluido son insignificantes ya que las mismas se encuentran en ambientes cerrados. Por lo tanto, no representan ningún problema en la medición o para el instrumento.
- La tubería se ve expuesta a leves vibraciones por el funcionamiento de las bombas.
- La distribución de la tubería está expuesta a una humedad intermedia.
- Hay muy poca probabilidad de inundaciones en la distribución de la tubería.
- Los efectos de campos eléctricos y magnéticos son muy bajos ya que no hay fuentes de alimentación.
- La atmósfera donde se encuentra la distribución de la tubería no es hostil, por lo tanto, no representa problemas para el instrumento.

#### **4.2.4. Otros**

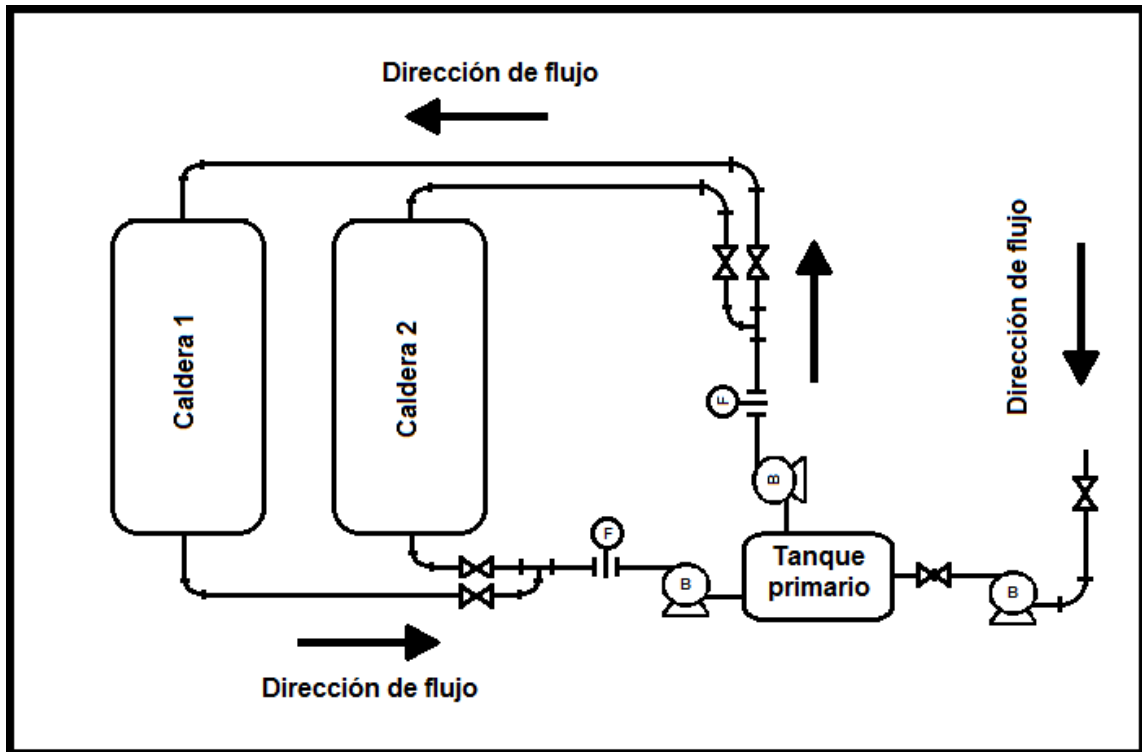
La distribución de la tubería del combustible empieza desde los tanques primarios, que a su vez son enviados al tanque primario mediante una bomba. Luego, en el tanque primario es calentado el combustible a una cierta temperatura, posteriormente, es enviado nuevamente a la tubería de distribución la cual tiene un retorno para el combustible que ha llegado a la temperatura adecuada. Cuando el combustible es llevado a la temperatura adecuada, es inyectado a la caldera.

#### **4.3. Cantidad de medidores**

Luego de realizar el análisis de la distribución de la tubería de combustible, se determinó que el equipo adecuado para el monitoreo y control del consumo de combustible es de dos medidores de flujo: el sistema de tubería donde circula envía en una parte el combustible a las calderas, y en la otra se encuentra un retorno hacia el tanque principal. La resta de los resultados de los medidores dará el consumo de combustible diario que tiene el hospital.

En la siguiente figura se puede observar la circulación del combustible bunker; se ven los diferentes elementos con los cuales entra en contacto el combustible.

Figura 20. **Circulación del combustible bunker**



Fuente: elaboración propia.

#### 4.4. **Ubicación de medidores dentro del hospital**

El primer medidor de flujo estará ubicado en la tubería que lleva el combustible del tanque primario a la caldera, con un diámetro de dos pulgadas; y el segundo medidor estará ubicado en la tubería de retorno de combustible de la caldera al tanque primario, con un diámetro de tres cuartos de pulgada. La ubicación de los medidores de flujo facilita la medición, y el mantenimiento. En la siguiente se observa dónde va a ir ubicado del medidor de flujo.

#### **4.5. Tipo de medidor de flujo**

Por la alta viscosidad del combustible bunker y las especificaciones del proceso, es recomendable usar medidores de flujo másico. Estos medidores de flujo son aptos para combustibles pesados como el *fuel oil* núm. 4, *fuel oil* núm. 6 (bunker), y el crudo residual, etc.

Los beneficios de usar este tipo de medidores es que se incurren en costos menores en comparación a otros dispositivos de medición, mayor tiempo productivo y mejores prestaciones; a continuación, se mencionan características principales de los puntos anteriormente mencionados:

- Se obtienen ahorros con respecto a otros medidores de flujo (desplazamiento positivo). Otra gran ventaja de estos medidores es la capacidad de medir con un solo dispositivo el caudal, el volumen y la densidad.
- El diseño de estos medidores permite simplificar la complejidad del sistema, la instalación y el mantenimiento optimizando así el tiempo.
- Estos medidores tienen la capacidad de hacer mediciones fiables. Por no tener partes móviles no necesita reparaciones o mantenimientos.

#### **4.6. Clase de medidor de flujo**

El medidor de flujo másico recomendable para la medición de flujo es de coriolis. Este medidor usa el principio de coriolis: si una masa está en movimiento y es sometida a oscilaciones perpendiculares a su dirección de desplazamiento, aparecerán fuerzas de coriolis que dependen del caudal másico.



El caudalímetro másico tipo coriolis comprende una serie de tubos de medida osciladores. Al momento de pasar el fluido a través de los tubos osciladores del medidor se generan fuerzas directamente proporcionales al flujo másico circulante. Dos sensores ubicados en la entrada y salida, registran la variación de fase que se produce en consecuencia en la configuración de oscilación del tubo. Este desfase refleja cuánto líquido fluye a través de los tubos: cuanto mayor sea la cantidad mayor será la vibración de los tubos hacia el exterior.

A continuación, se muestran dos alternativas de medidores de flujo que se recomienda en la instalación de este proyecto:

- Alternativa A: Serie R

Estos medidores de flujo tipo coriolis se aplican para caudal y aplicaciones en general, son fáciles de instalar y de usar; entre sus principales características se puede mencionar:

- Miden el caudal en masa o volumen para cualquier aplicación.
- Instalación fácil en cualquier parte de la tubería debido a su compacto diseño.
- Su mantenimiento se facilita debido a su diseño autodrenante.
- Tiene una amplia gama de aplicaciones, es fabricado en acero inoxidable 316L para que tenga compatibilidad con la mayoría de los fluidos.
- Esta clase de medidor no contiene partes móviles que se desgasten o deban reemplazarse, por lo que se minimiza el mantenimiento y se obtiene fiabilidad a corto plazo.

Los medidores *Coriolis Micro Motion* de la serie R son simples y fiables, en las industrias se les usa en una amplia gama de aplicaciones para obtener medidas básicas mientras se aprovechan las ventajas fundamentales de la medición de caudal coriolis.

- Alternativa B: élite

Estos medidores de flujo son la solución en mediciones precisas de caudal y densidad que proporcionan mediciones precisas y repetitivas de masa para líquidos, gases o lodos. Los medidores coriolis elite ofrecen una de las mediciones más precisas disponibles para casi cualquier fluido, con una caída de presión baja. Entre sus principales características y aplicaciones se pueden mencionar:

- El diseño ofrece una mejor sensibilidad y estabilidad de medición en comparación a otros medidores de su clase.
- Garantiza un funcionamiento fiable y consistente en el rango de caudal más amplio.
- Diagnóstico completo del medidor sin que se interrumpa el proceso del fluido.
- Ofrece una solución en aplicaciones donde se requiera custodia y control crítico de los procesos.
- La medición no se ve afectada por el caudal del proceso o del ambiente, dando así una medición fiable.
- Gran disponibilidad de materiales de fabricación para aplicaciones corrosivas, de alta temperatura y de alta presión.

En la siguiente tabla se observa una comparación entre estas dos alternativas, cuando en las casillas de los medidores aparece el número uno es

porque cumple las expectativas al cien por ciento en comparación al otro; si aparece punto cinco es porque solo cumplen una parte; si aparece cero es porque no cumplen con el punto mencionado:

Tabla XII. **Comparación entre opciones**

<b>Tipo de aplicación</b>	<b>Elite</b>	<b>Serie R</b>
Control continuo	1	1
Dosificación por lotes / carga	1	1
Precisión en la medición	1	0,5
Líquidos y lodos (caudal)	±0,05%	±0,50%
Líquidos y lodos (densidad)	±0,02 g/cm <sup>3</sup>	
Capacidades		
Autodrenante (mantenimiento)	0,5	1
Caudal en dos fases	1	0
Verificación inteligente del medidor	1	0
Alta temperatura	0,5	0
Alta presión	0,5	0
Materiales de fabricación		
Acero inoxidable	1	1
Aleación níquel	1	0
Tamaño de tubería nominal		
Pulgadas	1/10-16	1/4-2

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se observan las comparaciones entre las dos alternativas, se observa que segunda alternativa tiene una mejor precisión y una mejor relación con el fluido de trabajo ya que el combustible bunker es muy denso por su condición de ser un residuo.

#### **4.7. Costos de implementación**

Los costos de implementación de la opción A ascienden a Q. 57 000,00 en los cuales se incluye la mano de obra por la instalación del medidor de flujo y

todos aquellos elementos indispensables para que el medidor de flujo funcione en óptimas condiciones.

Tabla XIII. **Costo de implementación alternativa A**

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo (Q)</b>
2	Medidor de flujo	50 000,00
1	Mano de obra	10 000,00
1	Materiales de instalación	7 000,00
Total		57 000,00

Fuente: elaboración propia.

Los costos de implementación de la opción B ascienden a Q. 67 000,00 en los cuales se incluye las operaciones de la mano de obra por la instalación del medidor de flujo de la empresa donde se adquirirán y todos aquellos elementos indispensables para que el medidor de flujo funcione en óptimas condiciones.

Tabla XIV. **Costo de implementación alternativa B**

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo (Q)</b>
2	Medidor de flujo	60 000,00
1	Mano de obra	10 000,00
1	Materiales de instalación	7 000,00
Total		67 000,00

Fuente: elaboración propia.

El personal instalará en 24 horas el medidor de flujo, y trabajará a partir de las dos de la tarde. Los materiales para la instalación del medidor de flujo son todos los indispensables para que el medidor de flujo funcione en óptimas condiciones.

#### 4.8. Costos de operación

El costo de operación se obtiene con base en el tiempo invertido por el operario en manejar el medidor de flujo y anotar los obtenidos por el medidor en el formato establecido; también, el tiempo que invierte el encargado en este proceso.

En la primera alternativa se necesita que el operario invierta aproximadamente una hora en el medidor de flujo, en este tiempo el operario tomará datos del consumo de combustible y purgará el medidor de flujo. En la segunda alternativa se necesita que el operario invierta un aproximado de media hora para tomar los datos, este no necesita ser purgado ya que se hace de modo automático. En ambas alternativas el encargado de esta área invierte un total de media hora por día, en la revisión de datos tomados por el operario.

Los cálculos de los costos de operación se harán por año y se determinarán mediante la multiplicación del tiempo invertido por hora por el sueldo por hora del operario y del encargado de este proceso; a continuación, se muestra la fórmula que se usará en estos cálculos, se usa tanto para el operario como para el encargado.

- Costo de operación = (sueldo por hora) \*(tiempo invertido)
- Costo de operación total = costo operario + costo encargado
  
- Alternativa A
  - Costo de operación (por día) =  $(7 \text{ Q/h}) * (1 \text{ h}) + (14 \text{ Q/h}) * (0,5 \text{ h})$
  - Costo de operación (por día) = Q 14,00

- Costo de operación (por año) =  $(14 \text{ Q/día}) * (365 \text{ días/año})$
- Costo de operación (por año) = Q. 5 110,00
- Alternativa B
  - costo de operación (por día) =  $(7 \text{ Q/h}) * (0,5 \text{ h}) + (14 \text{ Q/h}) * (0,5 \text{ Q/h})$
  - Costo de operación (por día) = Q 10,50
  - Costo de operación (por año) =  $(10,50 \text{ Q/día}) * (365 \text{ días/año})$
  - Costo de operación (por año) = Q. 3 832,5

#### 4.9. Mantenimiento

Los costos de mantenimiento se obtienen con base en los siguientes puntos: análisis de soldadura (entre elementos de la tubería y el medidor de flujo), actualizaciones de software, materiales y repuestos que se necesitan cambiar para que el instrumento funcione de forma óptima; en la tabla que se presenta a continuación se muestran estos costos.

Tabla XV. **Mantenimiento de medidores**

Costos	Alternativa A	Alternativa B
Análisis de Soldadura	Q. 4 000,00	Q. 4 000,00
Repuestos y Materiales	Q. 3 000,00	Q. 1 000,00
Calibración	Q. 1 500,00	Q. 2 000,00
Software	Q. 1 500,00	Q. 1 500,00
Total	Q. 10 000,00	Q. 8 500,00

Fuente: elaboración propia.

#### 4.10. Beneficios

Los beneficios se verán reflejados en la reducción del tiempo para general proceso; además, se evitan ser sancionados por parte de la Contraloría General

de Cuentas por no tener un sistema que tenga datos confiables a la hora de llevar a cabo el control del consumo de combustible del Hospital Roosevelt; a continuación, se muestran las fórmulas utilizadas para obtener los cálculos:

- Beneficio = (sueldo por hora) \*(tiempo invertido)
- Beneficio total = beneficio proceso actual + beneficio contraloría
- Costo de proceso actual
  - Beneficio = beneficio operario + beneficio encargado
  - Beneficio (por día) = (7 Q/h) \* (1.25 h) + (14 Q/h) \* (1,17 Q/h)
  - Beneficio (por día) = Q. 25,13
  - Beneficio (por año) = (25,13 Q/día) \* (365 días/año)
  - Beneficio (por año) = Q. 9 172,45
- Beneficio de contraloría: este beneficio se obtendrá ya que se evitará que la Contraloría General de Cuentas imponga una multa. Esta multa se obtiene calculando dos veces el sueldo de los implicados en este proceso; en este caso empezaría desde el director ejecutivo del Hospital Roosevelt bajando por el organigrama hasta llegar al encargado de calderas. Esta cantidad asciende a Q.120 000,00 (ciento veinte mil quetzales exactos).
- Con la fórmula se tiene que el beneficio total que se obtiene es de Q. 129 172,45 (ciento veintinueve mil quetzales con cuarenta y cinco centavos).

#### 4.11. Análisis financiero

La rentabilidad del proyecto se analiza mediante diferentes herramientas financieras. A continuación, se muestran los beneficios de obtener las diferentes alternativas de los medidores de flujo. La decisión entre una y la otra alternativa se hará con base en los recursos y necesidades del hospital.

##### 4.11.1. Beneficio costo

Esta herramienta financiera se utiliza con el fin de evaluar la eficiencia con la que se usan los recursos de un proyecto. Para llevarla a cabo se deben llevar todos los valores anuales y futuros a un valor presente (VPN) tanto de los costos como de los beneficios; si los beneficios son mayores a los costos, el proyecto es aceptado, de lo contrario se rechaza.

En el caso del proyecto de instalación de paneles solares se proyectará para diez años, que es el tiempo promedio de vida útil que los medidores tienen al usarse correctamente. La inflación según el Instituto Nacional de Estadística de la República de Guatemala es del 17 % para el mes de octubre de 2015.

Tabla XVI. **Resumen alternativas**

Alternativa	A	B
Inversión inicial	Q. 57 000,00	Q. 67 000,00
Costo de operación	Q. 5 110,00	Q. 3 832,50
Mantenimiento	Q. 10 000,00	Q. 8 500,00
Beneficio contraloría	Q. 120 000,00	Q. 12, 000,00
Beneficio Anual	Q. 9 172,45	Q. 9 172,45

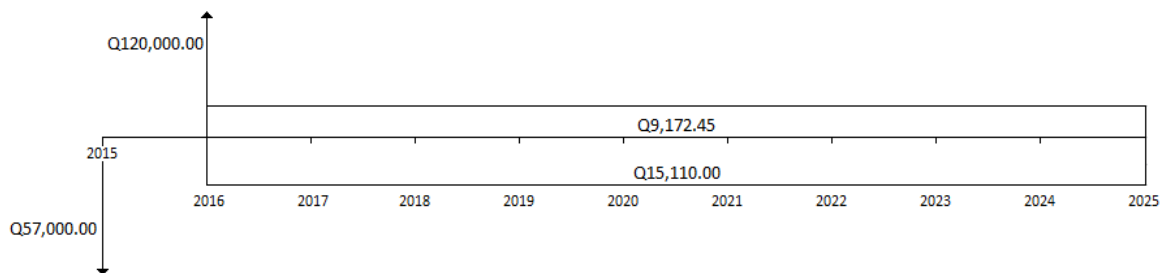
Fuente: elaboración propia.



A continuación, se presentan los VPN de los beneficios y costos, y luego la relación de ambas para obtener la evaluación de cada propuesta para escoger la que mayor ahorro le proporcione al Hospital Roosevelt.

- Alternativa A

Figura 21. Flujo de efectivo alternativa A

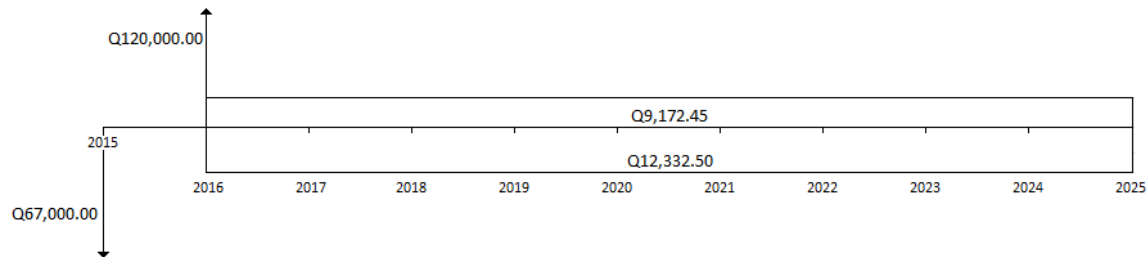


Fuente: elaboración propia.

- $VPN(\text{beneficios}) = (120\,000)(P/F, 17\%, 10) + (9\,172,45)(P/A, 17\%, 10)$
- $VPN(\text{beneficios}) = (120\,000) \left[ \frac{1}{(1+0,17)^{10}} \right] + (9\,172,45) \left[ \frac{(1+0,17)^{10}-1}{0,17(1+0,17)^{10}} \right]$
- $VPN(\text{beneficios}) = (102\,564,10) + (42\,730,81)$
- $VPN(\text{beneficios}) = Q. 145\,294,91$
  
- $VPN(\text{costos}) = 57\,000 + (15\,110)(P/F, 17\%, 7)$
- $VPN(\text{costos}) = 57\,000,00 + (15\,110) \left[ \frac{(1+0,17)^{10}-1}{0,17(1+0,17)^{10}} \right]$
- $VPN(\text{costos}) = 57\,000,00 + 70\,391,50$
- $VPN(\text{costos}) = Q. 127\,391,50$

- Alternativa B

Figura 22. **Flujo de efectivo alternativa B**



Fuente: elaboración propia.

- $VPN(\text{beneficios}) = (120\,000) (P/F, 17\%, 10) + (9\,172,45) (P/A, 17\%, 10)$
- $VPN(\text{beneficios}) = (120\,000) \left[ \frac{1}{(1+0.17)^{10}} \right] + (9\,172,45) \left[ \frac{(1+0.17)^{10}-1}{0.17(1+0.17)^{10}} \right]$
- $VPN(\text{beneficios}) = (102\,564,10) + (42\,730,81)$
- $VPN(\text{beneficios}) = Q. 145\,294,91$
- $VPN(\text{costos}) = 67\,000 + (12\,332,50) (P/F, 17\%, 7)$
- $VPN(\text{costos}) = 57\,000.00 + (12\,332,50) \left[ \frac{(1+0.17)^{10}-1}{0.17(1+0.17)^{10}} \right]$
- $VPN(\text{costos}) = 57\,000.00 + 57\,452,23$
- $VPN(\text{costos}) = Q. 124\,452,23$

Tabla XVII. **Beneficio costo**

	Alternativa A	Alternativa B
VPN (Beneficios)	Q. 145 294,91	Q. 145 294,91
VPN (Costos)	Q. 127 391,50	Q. 124 452,23
VPN (Ahorro)	Q. 17 903, 41	Q. 20 842,68
Beneficio/Costo	1.14	1.17

Fuente: elaboración propia.

#### **4.11.2. Selección de medidor**

Luego de utilizar la herramienta financiera de beneficio / costo y analizar cada una de las alternativas, se determinó que la alternativa B es la más conveniente ya que se obtiene un mayor ahorro y se ajusta a las necesidades del hospital y, por ende, se obtienen mejores beneficios. Esta opción ofrece monitorear el consumo de combustible de forma precisa y confiable en el proceso que se usa en el Hospital Roosevelt. Además, se evitarían multas y sanciones impuestas por parte de la Contraloría General de Cuentas, ya que contaría con un método para cuantificar el uso del combustible bunker.



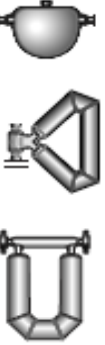
#### **4.12. Instalación**

A continuación, se describe el contenido para el suministro de materiales y la instalación del medidor de flujo coriolis Élite. Esta instalación está compuesta de dos fases: la primera es el montaje físico del medidor y la segunda es la instalación eléctrica.

##### **4.12.1. Orientación del medidor de flujo**

Los sensores pueden ser instalados en cualquier orientación, siempre y cuando los tubos del caudal permanezcan llenos con el fluido del proceso. Sin embargo, se recomienda instalarlos en una orientación para optimizar el rendimiento del dispositivo. A continuación, se presenta las orientaciones para la instalación del medidor para el proceso que necesita.

Figura 23. Posiciones para instalar el medidor de flujo

Proceso	Posición recomendada	Posiciones posibles	
Lodos (bunker C)			

Fuente: Micro Motion. *Manual de instalación*. p. 2.

La instalación se hará de forma donde el medidor de flujo forme una “U” con la horizontal, por lo tanto, el drenado se realizará expulsando el aire de purga de la tubería.

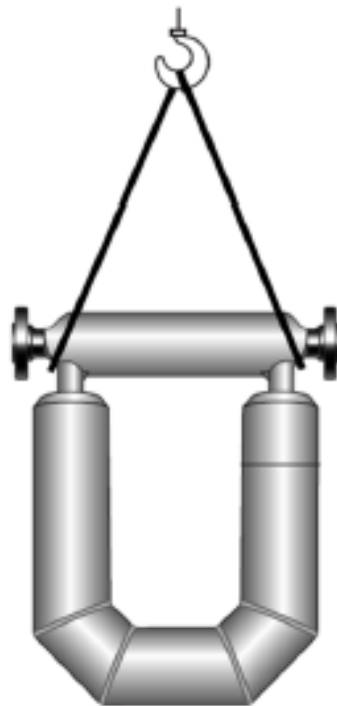
#### 4.12.2. Montaje

Esta clase de medidores de flujo generalmente son pesados debido su tamaño, se debe tener especial cuidado al transportarlos al lugar de la instalación. El manejo en el transporte y en la instalación la deben hacer personas profesionales en este ramo que conocen los procedimientos y regulaciones de seguridad a la hora de instalarlos. El equipo con el que se debe manipular el medidor de flujo debe ser el siguiente:

- Grúa para llevar y colocar en posición el medidor
- Cinturones para asegurar el medidor
- Eslingas de cable de acero

El medidor debe ser levantado por la caja de conexiones al proceso como se muestra en la siguiente imagen (por ningún motivo levantar el medidor por su electrónica o por sus conexiones de purga).

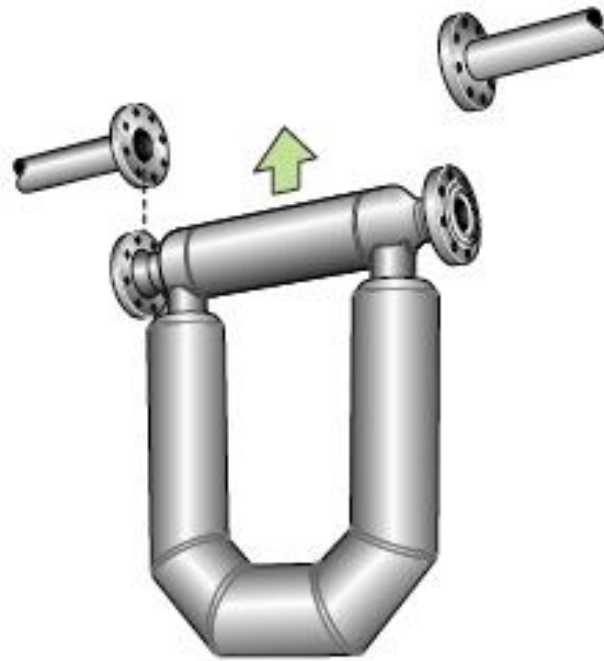
Figura 24. **Forma adecuada de levantar el medidor**



Fuente: Micro Motion. *Manual de instalación*. p. 9.

La tubería se debe cortar a la medida y agregar flanges o bridas ya que estos son los que van a soportar el sensor sin ayuda de otro soporte externo. Para minimizar la torsión y la tensión de curvatura en conexión use prácticas habituales. En la siguiente imagen se puede observar de forma gráfica el montaje del sensor:

Figura 25. **Ensamblaje del medidor de flujo**

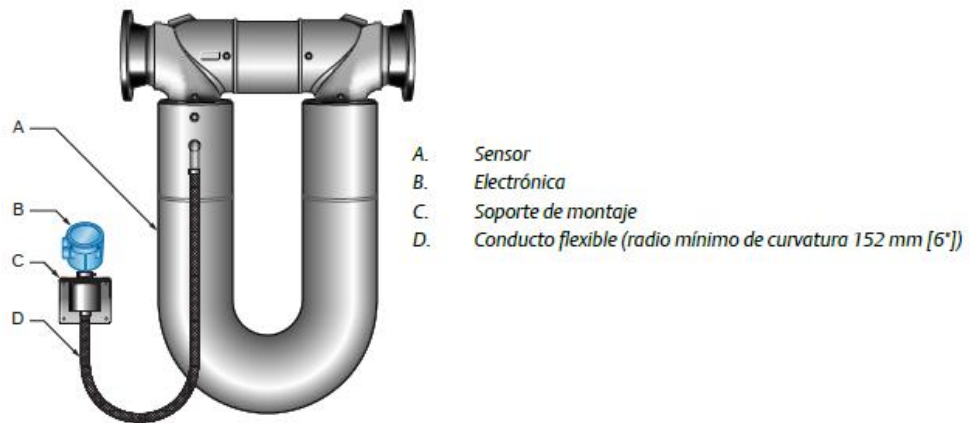


Fuente: Micro Motion. *Manual de instalación*. p. 10.

#### **4.12.3. Montaje de la electrónica**

El proceso en el cual se van a realizar las mediciones tiene temperaturas de trabajo entre 80 °C a 100 °C; por lo que es necesario sensores para altas temperaturas, estos se deben montar en el extremo de un conducto flexible de 812 mm instalado previamente. La electrónica se instalará dentro del cuarto de calderas en la pared más cercana al medidor. En la siguiente figura se observan las partes de un sensor para altas temperaturas.

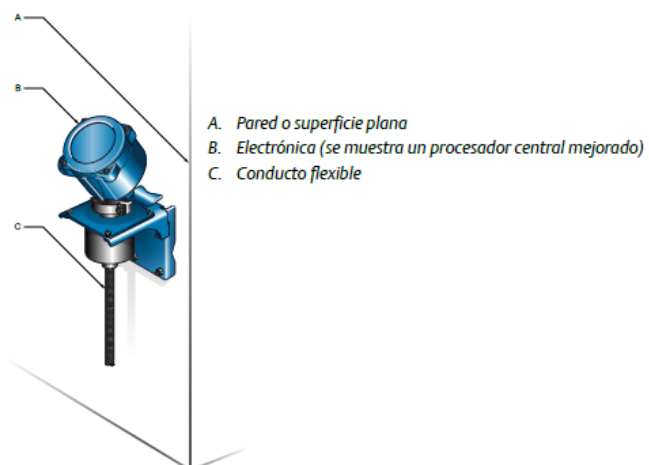
Figura 26. Partes del medidor de flujo



Fuente: Micro Motion. *Manual de instalación*. p 11.

Para el montaje de la electrónica en la pared se usarán pernos de una medida de 5/16" o bien M8 para asegurar el soporte a la pared. En la siguiente imagen se observan de forma gráfica los componentes del montaje a la pared.

Figura 27. Montaje del sensor



Fuente: Micro Motion. *Manual de instalación*. p. 12.

#### **4.12.4. Cableado**

Las tecnologías actuales para los medidores de flujo propuestos tienen su propio equipo de visualización por lo que el sistema electrónico de visualización únicamente tendrá un cable *plug and play* tipo TSU; la alimentación eléctrica del sistema se proveerá de las instalaciones existentes.



## 5. SEGUIMIENTO

### 5.1. Funcionamiento del medidor de flujo

Utilizar el medidor de flujo es algo realmente sencillo; primero en la parte del transmisor se tiene una pantalla digital en que se verán todos los resultados que se desean obtener. Segundo, el medidor cuenta con cuatro botones para moverse de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo que están señalizados por flechas. Las diferentes opciones del medidor de flujo (verificación, flujo másico, densidad, entre otras) se recorren con los botones de arriba y abajo, y se seleccionan con el botón de la derecha; si se desea regresar o anular la acción se deberá presionar el botón izquierdo. En la imagen que se muestra a continuación se puede observar la pantalla digital y los cuatro botones para maneja a el medidor de flujo.

Figura 28. Resultados del medidor



Fuente: elaboración propia.

El menú principal del medidor de flujo cuenta con lenguaje, medidas del fluido, almacenamiento, verificación y configuración. En la figura que se muestra a continuación se puede observar el menú.

Para seleccionar el idioma del medidor, como primer paso se debe buscar en el menú principal el lenguaje, luego establecer el idioma con el cual se usará el medidor. En este caso se seleccionará el idioma español.

Para ver las diferentes medidas con las que cuenta el medidor primero se deberá seleccionar en el menú principal las Medidas, luego se selecciona la medida que se desea ver. Así mismo se hará para seleccionar la verificación del medidor y para configurarlo.

Toda la información dada por el medidor de flujo puede ser guardada en USB; se debe seleccionar en el menú principal almacenamiento, luego USB para que el sistema guarde toda la información en una memoria. Esta memoria se debe ingresar en la parte de atrás del medidor como muestra el círculo rojo en la figura siguiente.

Figura 29. **Almacenamiento del medidor**



Fuente: elaboración propia.

## 5.2. Monitoreo del medidor de flujo

El monitoreo y la recolección de datos arrojados por el medidor de flujo estará a cargo de los operadores de calderas. Los operadores deberán recolectar periódicamente los datos del medidor de flujo. Las inspecciones se deberán realizar luego de poner en marcha la caldera y al finalizar el proceso de generación de vapor. Es necesario hacer una tercera inspección a las 10:00 AM para el autodrenado y la verificación del medidor.

Para la tabulación de datos se llenará el siguiente cuadro que estará adjunto en el formato de control. El caudal de combustible lo proporcionará el medidor de flujo; el tiempo de trabajo será el que esté en funcionamiento; el sistema y el consumo de combustible se obtendrá de la multiplicación de las dos cantidades anteriores. Este formato debe ser firmado y sellado por el coordinador de ingeniería y mantenimiento del hospital y debe ser archivado.

Figura 30. **Resultados de consumo del medidor**

	<b>Consumo (Gal/H)</b>
<b>Caudal del combustible</b>	
<b>Tiempo de trabajo</b>	
<b>Consumo de combustible diario</b>	

Fuente: elaboración propia.

La cantidad consumida debe estar dentro de los rangos establecidos en la tabla II. Si esta cantidad está fuera de los límites máximos se deberá examinar la red de distribución como se mencionó en el tercer capítulo para asegurarse de que no existan fugas u otra situación que afecte el funcionamiento de la red.

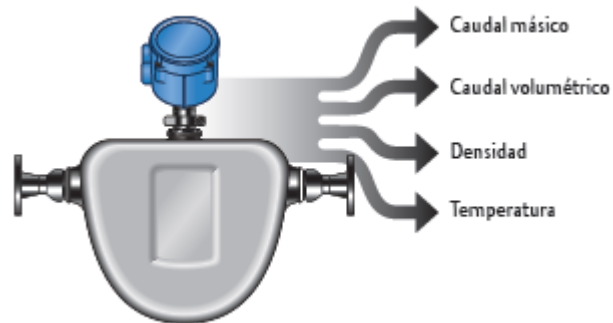
La cantidad consumida arrojada por el medidor de flujo debe ser aproximadamente igual a la medición teórica obtenida por las mediciones manuales.

Se debe presionar el botón para la verificación de todo el medidor de flujo para asegurarse de que el medidor esté trabajando de forma óptima del sensor hasta los componentes electrónicos. La verificación da la confianza de las medidas que arroja el medidor de flujo están en excelentes condiciones (no está funcionando de forma óptima se debe llamar inmediatamente al proveedor).

### **5.2.1. Lectura del medidor de flujo**

La toma de lectura del medidor es digital por lo que no hay error en la toma de la misma en comparación con los instrumentos analíticos. El medidor de flujo está programado para dar varias medidas de forma directa como el caudal másico, caudal volumétrico, densidad y temperatura. Como la medida que interesa archivar es el caudal volumétrico, el medidor estar programado para dar esta medida en galones por hora por lo tanto el operario solo recogerá los datos. Si se requiere otro tipo de medición, por ejemplo, la densidad, el operario deberá regresar al menú principal y escoger dicha medida. En la siguiente imagen se pueden observar las medidas principales con las que cuenta el sensor.

Figura 31. **Lectura del medidor de flujo**



Fuente: Micro Motion. *Manual de instalación*. p. 2.

### 5.3. **Calibración de medidores de flujo**

La identificación del rendimiento del medidor de flujo en línea se hace sin detener el caudal en proceso el cual se lleva a cabo mediante la inspección realizada por el operador de calderas.

La verificación del medidor es una herramienta de diagnóstico automático fácil de usar que no requiere de conocimientos especiales, la cual verifica todo el rendimiento e integridad del medidor de flujo másico coriolis sin que se deba parar el proceso del consumo de combustible bunker. Las características principales de esta herramienta son:

- No interrumpe el proceso del consumo de combustible, ni la medición del caudal.
- Verifica en su totalidad el medidor de flujo: tubos de caudal, procesamiento de señal, y los componentes electrónicos.
- Los resultados brindan información necesaria en el momento indicado.

Esta tecnología ofrece información rápida, fácil y fiable sobre la condición del medidor de flujo, dando así confianza de que las medidas arrojadas por el dispositivo están en excelentes condiciones.

La verificación del medidor estará a cargo del operador de calderas quien debe presionar el botón para que el dispositivo muestre análisis de la condición en la que se encuentra el medidor; si el análisis muestra que hay algún elemento dañado y por el cual el medidor no se encuentra calibrado; el operador debe informar inmediatamente al encargado de ingeniería y mantenimiento para que este contacte al proveedor y este último vuelva a calibrar el medidor de flujo. Todo este procedimiento debe estar debidamente archivado para efectos de auditorías internas y externas.

#### **5.4. Mantenimiento de medidores**

El mantenimiento en el medidor de flujo será elaborado por un conjunto de actividades para aumentar su vida útil. Debido a que el medidor no tiene partes móviles no necesita reparaciones en el núcleo de su sistema, sin embargo, se debe revisar anualmente el sistema operativo, los elementos electrónicos, los elementos que los unen el medidor a las tuberías de combustible, etc.

Diariamente se deberá limpiar y drenar el medidor de flujo para evitar que el aire contenido dentro de las tuberías de combustible las corrosión y desgaste y los elementos que están en contacto con el fluido, este proceso estará a cargo del operador de caldera. Como el medidor de flujo estará instalado en forma horizontal con la tubería, el drenado se realiza expulsando el aire de la tubería mediante la apertura de la válvula.

El operario debe revisar y limpiar periódicamente la separación que se encuentra entre el cuerpo del sensor y el alojamiento de la electrónica, si se encuentra sucia el operario deberá limpiar manualmente con una brocha.

Para el mantenimiento mayor del instrumento se deberá hacer un diagnóstico del estado en el cual se encuentra el medidor, se hará anualmente como lo recomienda el fabricante. El sistema operativo se actualizará, se volverá a calibrar el medidor de flujo, se realizará análisis de soldadura, ajustes de elementos, cambio de elementos electrónicos y cableado. Este mantenimiento estará a cargo del proveedor del medidor de flujo.

#### **5.5. Rutina de mantenimiento al sistema de distribución de vapor**

Las rutinas de mantenimiento son de mucha importancia para la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento ya que este conjunto de actividades mantiene todos los elementos funcionando en condiciones adecuadas y ayudan a prevenir las fallas que pueden ocasionar pérdidas de vapor que se traducen en mayores gastos para el Hospital Roosevelt, y en el peor de los casos, dejar de suministrar el vapor a las diferentes áreas que sus funciones son indispensables para el nosocomio.

Las rutinas e inspecciones de mantenimiento se harán en el sistema de distribución de vapor en líneas principales y secundarias; en líneas de retorno de condensado y en el conjunto de accesorios de cada tubería necesarios para el suministro de vapor a las diferentes áreas que lo requieren dentro del Hospital Roosevelt.

Las operaciones del mantenimiento en la red de distribución de vapor serán llevadas a cabo por el operario en turno el cual debe estar debidamente

supervisado. Se estructurarán tareas diariamente, mensualmente y trimestralmente.

#### **5.5.1. Rutina de mantenimiento diaria y semanal**

La red de distribución debe revisarse diariamente para verificar el estado de todos sus elementos y ubicar si existen pérdidas de vapor en uniones, tees, codos, válvulas, entre otros elementos de la red.

Todas las fallas serán reportadas al coordinador de la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento para que haga las gestiones necesarias para su reparación.

La rutina diaria debe empezar cuando la red de vapor entra en funcionamiento (el recorrido empezará en el cuarto de calderas). Las tareas que realizará el plomero del Hospital Roosevelt se describen a continuación:

- En las juntas de expansión se deberán ajustar los topes de sujeción y la prensa estopas en los casos que lo requiera.
- El aislamiento térmico se debe revisar visualmente para ver si existe desprendimiento en las tuberías o erosión del mismo.
- Las válvulas de control del vapor se deben revisar para determinar si operan en condiciones adecuadas.
- Las trampas de vapor deben ser revisadas para verificar su funcionamiento.
-



- Limpieza y drenado del medidor de flujo de combustible bunker.
- En el séptimo día de cada semana, se deberá llenar el formato diario y semanal.

### **5.5.2. Rutina de mantenimiento mensual**

Esta rutina estará compuesta con todas las actividades de la rutina diaria y otras actividades; el plomero deberá reportar las fallas al coordinador de la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento para que haga las gestiones necesarias para su reparación.

A continuación, se describe la rutina de mantenimiento mensual:

- Revisar el estado de los anclajes y soporte del sistema de tuberías para determinar su estado.
- Revisar si existen soportes de las tuberías doblados o desprendidos que causan deformaciones en las juntas y finalmente pérdidas de vapor. El plomero se debe asegurar que todos los soportes mantengan alineada la tubería de vapor.
- Se debe determinar si existe vibración en las tuberías ya que esto puede ocasionar graves consecuencias si no se soluciona de inmediato (estas se deben reportar lo más pronto posible para tomar las medidas correspondientes).
- Se deberá limpiar la superficie del aislamiento térmico para determinar si hay desperfectos en el forro.
- Se deberá limpiar la superficie de las tuberías para determinar si existen fugas de vapor cuando sea necesario se debe volver a pintar la tubería según el código de colores.

- Se debe revisar el tanque de condensado y sus accesorios.
- Se debe revisar el funcionamiento de las válvulas que reducen la presión del vapor para lo cual el plomero deberá prestar especial atención a cualquier ruido extraño durante la operación.
- Chequear la presión de baja.
- Revisar los cuerpos de las válvulas para asegurarse que no existen deformaciones.
- Limpiar los filtros de todo el sistema.

### **5.5.3. Rutina de mantenimiento trimestral**

Para esta rutina se llevarán a cabo todas las rutinas del mantenimiento mensual y se agregarán las tareas que se mencionan a continuación:

- Se deben revisar todas las válvulas del sistema de distribución de vapor para determinar su funcionamiento.
- Se debe examinar la tubería de alimentación y descarga de vapor, para verificar que no existan deformaciones en los cuerpos de las válvulas.

Para llevar a cabo la inspección de las válvulas se deben seguir los siguientes procedimientos.

- Válvula de cierre
  - Operar mecanismo para determinar su funcionamiento.
  - Si el vástago gira libremente se debe ajustar los tornillos de la tapa de ajuste (si el caso es el contrario se deben aflojar los tornillo para librar el vástago).

- Si el vástago se traba, se debe lubricar con grasa o lubricante con una viscosidad densa. De ser necesario se desmontará la válvula y se le removerá todo el lubricante cristalizado.
  
- Válvula de seguridad
  - Determinar el funcionamiento de las válvulas. Si tiene pérdidas de vapor, se deben reparar (esmerilarlas cuando sea necesario).
  - Se debe observar la presión, esta debe llegar al punto de seguridad cuando se opere manualmente.
  - Se debe reparar cualquier falla de acuerdo a las indicaciones del fabricante.
  
- Válvulas de retención
  - Verificar que cuando estén cerradas las válvulas no tiene pérdidas de vapor. Estas pérdidas pueden ser detectadas por un sonido característico que emiten.
  - Verificar que al invertir el flujo del vapor las válvulas cierren adecuadamente.
  - Cuando sea necesario se desmontará la válvula y se limpiará todos sus elementos.
  
- Válvulas de reducción de presión
  - Se deben desmontar las válvulas y determinar la condición de todos sus elementos. En este procedimiento se deben limpiar, lubricar y reemplazar las piezas que están en mal estado.
  - Si el asiento de la válvula está dañado se debe reemplazar.

- Válvulas de control
  - Desmontar las válvulas de las tuberías y determinar la condición de todos sus elementos. Luego de esto se deben limpiar, lubricar y reemplazar las piezas que están en mal estado.
  - Si el asiento de la válvula está dañado se debe reemplazar.
  
- Válvula de limpieza y descarga
  - Determinar el funcionamiento de las válvulas.
  - Si existen fugas se deben reparar o cambiar las válvulas.
  
- Válvulas de ventilación
  - Determinar el funcionamiento de las válvulas.
  - Cuando sea necesario se desmontará la válvula y se inspeccionaran todos sus elementos. Se deben remplazar los elementos que estén dañados por el efecto de la corrosión.
  - Verificar los asientos y el estado del flotador
  - Para las reparaciones se deben seguir las indicaciones del fabricante.
  
- Trampas de vapor
  - Se debe revisar cada trampa por el tapón de inspección. Al momento de abrir el tapón, no debe salir vapor. Las fallas en estas unidades se pueden determinar por el ruido continuo cuando entran en operación, este es causado por una fuga.
  - Se debe revisar que la superficie exterior de la trampa este caliente; si esta fría no está descargando adecuadamente (en caso que no descarga de forma correcta se debe inspeccionar la unidad).

- De ser necesario se desensamblará la trampa de vapor y se determinará el estado de sus asientos, reparando los que estén en mal estado.

#### **5.5.4. Rutina de mantenimiento anual**

Esta rutina se realiza llevando a cabo las actividades del mantenimiento diario, mensual, trimestral y las actividades que se describen a continuación:

- Desmontar todas las trampas de vapor para determinar que todos los elementos funciones de forma correcta. Se deben limpiar y reemplazar aquellos elementos que estén dañados.
- Todos los manómetros del sistema deben ser revisados y ajustados según las indicaciones del fabricante.
- Se debe retirar la tapa de las válvulas de retención para inspeccionar la bisagra y el buje para determinar si tiene desgaste excesivo o movimiento libre. Se debe limpiar la válvula y cambiar todos los elementos dañados.
- Se deben cambiar los empaques de la junta de expansión.
- Se deben inspeccionar todas las válvulas de toda la red de distribución de vapor para determinar el funcionamiento. Se deben reparar según las indicaciones del fabricante.
- Revisar y verificar todas las válvulas de seguridad.
- Mantenimiento mayor a medidor de flujo de combustible bunker.

#### **5.6. Formatos de rutinas de mantenimiento**

En las figuras que se muestran a continuación se observarán todos los formatos que el operario en turno deberá llenar. Cada formato tiene rutinas establecidas las cuales fueron determinadas con la colaboración de los

ingenieros de la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento del Hospital Roosevelt; están estructurados en tres partes: primero el encabezado, segundo las actividades a realizar, y tercero las observaciones que se detecten.

En la parte del encabezado se llenará la fecha de se inició del recorrido y la fecha que se culmine; el operario en turno deberá anotar su nombre completo en la casilla correspondiente.

En la segunda parte se encuentran descritas todas las actividades que el operario deberá de realizar: cambios de elementos, inspección de tuberías, limpieza de equipos, etc. En las actividades terminadas deberá poner un cheque de realizado y una cruz cuando no pueda realizarse la actividad.

En la parte de observaciones, el operario apuntará todo aquello que considere necesario para completar el formato. Describirá los materiales que uso en las actividades realizadas y cuando no realice alguna actividad deberá poner “por qué” no pudo realizar la actividad.

Por último, el coordinador de la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento del Hospital Roosevelt revisará el formato, lo firmará y pondrá su sello, para posteriormente archivarlo.

Figura 32. Rutina de mantenimiento diario

RUTINA DE MANTENIMIENTO DIARIO							
Fecha de Inicio							
Fecha de finalización							
Operarios							

ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7
Revisar juntas de expansión							
Revisar asilamiento térmico							
verificar válvulas de control							
verificar trampas de vapor							
Limpiar y purgar medidor de flujo							

OBSERVACIONES
1
2
3
4

Material	Repuestos	Herramienta
Cepillo de Alambre	Juntas de Expansión	Destornillador Philips
Teflón	Aislamiento	Destornillador plano
Lija	Empaques	Llave de cangrejo
Wipe	Tornillos y tuercas	Llave stillson

---

Coordinador de Mantenimiento

Fuente: elaboración propia.

Figura 33. Rutina de mantenimiento semanal

RUTINA DE MANTENIMIENTO SEMANAL	
Fecha de Inicio	
Fecha de finalización	
Operarios	

Pérdida de Vapor en el Sistema de Distribución				
Tubería <input type="checkbox"/>	Uniones <input type="checkbox"/>	Tee <input type="checkbox"/>	Válvulas <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>

Pérdida de Vapor en el Sistema de Retorno				
Tubería <input type="checkbox"/>	Uniones <input type="checkbox"/>	Tee <input type="checkbox"/>	Válvulas <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>

OBSERVACIONES	
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	

---

Coordinador de Mantenimiento

Fuente: elaboración propia.



Figura 34. Rutina de mantenimiento mensual

RUTINA DE MANTENIMIENTO MENSUAL	
Fecha de Inicio	
Fecha de finalización	
Operarios	

ACTIVIDADES	REALIZADO
Revisar el estado de los anclajes y soporte del sistema de tuberías.	
Revisar si existen soportes de las tuberías doblados o desprendidos.	
Revisar el tanque de condensado y los accesorios de este.	
Revisar el funcionamiento de las válvulas que reducen la presión del vapor.	
Revisar los cuerpos de las válvulas para asegurarse que no existen deformaciones.	
Limpiar la superficie del aislamiento térmico para determinar si hay desperfectos.	
Limpiar la superficie de las tuberías para determinar si existen fugas de vapor.	
Limpiar los filtros de todo el sistema.	
Determinar si existe vibración en las tuberías.	
Chequear la presión baja.	

OBSERVACIONES
1
2
3
4

---

Coordinador de Mantenimiento

Fuente: elaboración propia.

Figura 35. **Primera parte de rutina de mantenimiento trimestral**

RUTINA DE MANTENIMIENTO TRIMESTRAL	
Fecha de Inicio	
Fecha de finalización	
Operarios	

ELEMENTOS Y ACTIVIDADES	
	Realizado
<b>Válvula de cierre</b>	
Operar mecanismo para determinar su funcionamiento.	
Ajustar los tornillos del vástago.	
Lubricar con grasa o lubricante con una viscosidad densa el vástago.	
<b>Válvula de seguridad</b>	
Determinar el funcionamiento de las válvulas.	
Observar que la presión llegue al punto de seguridad (Operada manualmente).	
Se debe reparar cualquier falla de acuerdo a las indicaciones del fabricante.	
<b>Válvulas de retención</b>	
Verificar que cuando estén cerradas las válvulas no tengan pérdidas de vapor.	
Verificar que al invertir el flujo del vapor las válvulas cierren adecuadamente.	
Limpia todos sus elementos de la válvula cuando sea necesario.	
<b>Válvulas de reducción de presión</b>	
Desmontar las válvulas y determinar la condición de todos sus elementos.	
Limpiar, lubricar y reemplazar los elementos deteriorados.	
<b>Válvulas de control</b>	
Desmontar las válvulas y determinar la condición de todos sus elementos.	
Si el asiento de la válvula está dañado se debe reemplazar.	
<b>Válvula de limpieza y descarga</b>	
Determinar el funcionamiento de las válvulas.	
Si existen fugas se deben reparar o cambiar las válvulas.	
<b>Válvulas de ventilación</b>	
Determinar el funcionamiento de las válvulas.	
Inspeccionaran todos sus elementos y reemplazar los elementos dañados.	
Verificar los asientos y el estado del flotador.	
Para las reparaciones se deben seguir las indicaciones del fabricante.	
<b>Trampas de vapor</b>	
Revisar las trampas de vapor por los tapones de inspección.	
Revisar que la temperatura de la tapa exterior.	
Si es necesario se debe determinar el estado de los asientos.	

Fuente: elaboración propia.

Figura 36. **Segunda parte de rutina de mantenimiento trimestral**

OBSERVACIONES	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

\_\_\_\_\_  
Coordinador de Mantenimiento

Fuente: elaboración propia.

Figura 37. Rutina de mantenimiento anual

RUTINA DE MANTENIMIENTO ANUAL	
Fecha de Inicio	
Fecha de finalización	
Operarios	

ACTIVIDAD	REALIZADO
Desmontar todas las trampas de vapor para determinar que todos sus elementos funcionen correctamente (Reemplazar los elementos que estén dañados).	
Todos los manómetros del sistema deben ser verificados y calibrados según las indicaciones del fabricante.	
Se debe retirar la tapa de las válvulas de retención para inspeccionar la bisagra y el buje para determinar si tiene desgaste excesivo.	
Se deben cambiar los empaques de la junta de expansión.	
Limpiar la válvula y cambiar todos los elementos dañados.	
Inspeccionar todas las válvulas de la red de vapor para determinar su funcionamiento (Reparar según indicaciones del fabricante).	
Revisar y verificar todas las válvulas de seguridad.	

OBSERVACIONES
1.
2.
3.
4.

---

Coordinador de Mantenimiento

Fuente: elaboración propia.

## **6. ESTUDIO DE MEDIO AMBIENTE**

El medio ambiente brinda a los seres vivos recursos necesarios para poder vivir, es por ello que se debe de dar una especial atención en cuidar estos recursos. En los últimos años se ha alterado este ocasionando grandes cambios que afectan al planeta tierra; debido a lo anterior es necesario tener medidas y controles para minimizar los daños ocasionados por los procesos industriales. Actualmente en Guatemala el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales es la entidad responsable de proteger los sistemas naturales que dan sustento a la vida en todas sus manifestaciones y expresiones, fomentando una cultura de respeto y armonía con la naturaleza, para que se protejan y preserven los recursos naturales utilizándolos de manera racional, con el fin de lograr un desarrollo que pase a través de las generaciones.

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales en coordinación con el Ministerio de Energía y Minas realizan actividades a efecto de establecer los términos de referencia para la elaboración de los estudios de impacto ambiental en la generación de vapor, los cuales tienen mayores consideraciones ambientales que reducirán los impactos ambientales en la generación de energía.

### **6.1. Medidas de mitigación**

Con el fin de reducir los daños y contribuir al cuidado del medio ambiente, se establecieron medidas para la manipulación del combustible bunker desde que entra al Hospital Roosevelt, hasta su última función. A continuación, se describen estas medidas.

### **6.1.1. Control contra derramamientos**

En la mayoría de industria se manejan fluidos peligrosos las como combustibles, ácidos, aceites, etc. En los lugares de almacenamiento, tuberías de combustible o al momento del abastecimiento en los tanques de combustibles siempre existe la posibilidad de un derramamiento de bunker. Por lo cual es necesario tener un adecuado procedimiento para evitar derramamientos que puedan ocasionar accidentes y daños en el medio ambiente.

#### **6.1.1.1. Abastecimiento**

Antes de empezar el abastecimiento de combustible, el personal de la empresa contratada y el operario del hospital deben asegurarse de que la manguera está correctamente ensamblada al camión cisterna.

El punto siguiente es colocar correctamente la manguera dentro de la boquilla de los tanques de almacenamiento. Después de haber constatado que la boquilla está bien asegurada, se debe proceder al abastecimiento de combustible.

Cuando se haya abastecido la cantidad solicitada, se debe esperar alrededor de diez a quince minutos para que la manguera de abasto no derrame combustible en la superficie a la hora de extraerla de la boquilla de los tanques.

Se debe colocar aserrín dentro u otro material absorbente del espacio delimitado entre la boquilla del tanque y las paredes de la caja que lo protege.

Cuando se saque la manguera de abastecimiento, el poco combustible que es derramado debe ser sea absorbido por el aserrín.

El aserrín usado en el proceso anterior se debe colocar en bolsas rojas; en la etiqueta de enfrente se deberá llenar con el tipo de desecho y debe ser colocado en los basureros color rojo ya que son desechos que deben tener un especial cuidado.

#### **6.1.1.2. Tanques de combustible bunker**

Se debe programar cada seis meses el mantenimiento correctivo de los tanques de almacenamiento para evaluar la condición de los mismos y reparar de ser necesario. Esto para asegurar el almacenamiento del combustible bunker para que se eviten fugas que puedan contaminar el subsuelo, o evaporaciones que puedan ocasionar incendios y contaminen el medio ambiente.

Cuando se realice el mantenimiento semanal, el operario debe colocar correctamente la manguera de absorción en la boquilla y luego de haber terminado con el proceso de drenado, retirarla cuidadosamente. En necesario colocar aserrín dentro del espacio delimitado entre la boquilla del tanque y las paredes de la caja que protegen a la boquilla con el fin de que el combustible y los residuos derramados sean absorbidos por el aserrín.

El aserrín usado en el proceso anterior debe ser colocado en bolsas rojas y colocado en los basureros correspondientes para que el personal de intendencia del hospital lo traslade y deposite en área adecuada.

### **6.1.1.3. Tuberías**

Se debe dar inspeccionar diariamente a las tuberías encargadas de suministrar el combustible no contengan fugas que puedan derramar combustible. Para esto el operario debe dar recorridos a lo largo de las líneas de alimentación de combustible para también evaluar las condiciones de las mismas.

En caso de que exista una fuga se debe cerrar la válvula más cercana e informar al encargado de calderas para que este haga las gestiones necesarias para la reparación de los elementos dañados.

Se debe limpiar cada inicio de mes el sistema de abastecimiento de combustible, con el fin de mantener las tuberías en condiciones favorables y se pueda contribuir a un mejor mantenimiento.

Se debe programar cada seis meses el mantenimiento de las tuberías y de los demás elementos contenidos en este sistema con el fin de mantenerlos funcionando en óptimas condiciones y prolongar su vida útil.

### **6.1.2. Control de gases de combustión**

Con el fin de verificar y mantener los contaminantes emanados en los gases de combustión (producidos en la generación de vapor) dentro de límites establecidos es necesario tener un control de los mismos.

Cada mes se debe realizar un análisis de los gases de combustión para determinar las concentraciones contaminantes. Solo de esta manera se sabrá si



se cumple con las especificaciones técnicas establecidas por el Ministerio de Energía y Minas (MEM).

El control, regulación y las acciones que se tomarán, dependerá de los resultados de los análisis; esto será necesario para mantenerlos dentro de rangos permisibles y evitar multas por parte de MEM. El análisis de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y lluvia ácida de acuerdo al programa y mantenimiento del uso de la caldera. Esto para determinar que los contaminantes gaseosos (SO<sub>2</sub>) y los valores de la lluvia ácida no sobrepasen los valores sugeridos por la OMS.

Con esto se desarrollará un programa de supervisión y diagnóstico de la combustión para establecer un control en el proceso, actuando sobre parámetros con el fin de minimizar los contaminantes al medio ambiente.

### **6.1.3. Plan de contingencia en caso de derrame**

En el caso de que ocurra un derrame de combustible bunker, debe ser controlado inmediatamente por el operario y el personal de la empresa contratada para el despacho de combustible.

Se debe detectar donde está ocurriendo el derrame o fuga para detener de inmediato el flujo de bunker en la superficie; el operario y el personal contratado deberán actuar de manera rápida para detectar si el derrame ocurre en las tuberías de combustible para cerrar válvulas o si el derrame ocurre al momento del despacho de combustible, se deberá apagar la bomba de suministro de combustible.

Ocurrido el hecho se debe informar de inmediato al coordinador de calderas para que informe a las personas más cercanas sobre la peligrosidad

de esta área, corte toda fuente de ignición, motores, circuitos eléctricos, tape los drenajes y alcantarillas más cercanas, etc.

El derrame debe contenerse por medio de mangueras de arena para limitar el combustible derramado en un área específica, el bunker debe ser bombeado y lo que no pueda absorber la bomba se le debe esparcir aserrín u otro material absorbente para que absorba el poco combustible que queda en la superficie.

El material absorbente tarda entre dos a tres horas en absorber el bunker, durante este tiempo el área donde ocurrió el derrame debe ser señalizada para evitar más accidentes. El combustible derramado y el material absorbente contaminado deben ser tratados como residuos peligrosos; este último debe depositarse en bolsas rojas y llevar al centro de acopio.

El personal encargado de controlar el derrame debe estar debidamente protegido: traje completo, guantes, botas, respirador, lentes de seguridad y gorro.

#### **6.1.4. Control de agua consumida por las calderas**

El consumo de agua de las calderas empieza cuando la misma se evapora y es enviada por la tubería de distribuido y el sistema de alimentación inyecta más agua para mantener un nivel adecuado dentro de la caldera. El agua que se evapora es distribuida mediante tuberías que llega a equipos, hoyas de marmitas, lavandería, etc. Regresada por el sistema de retorno en condensado nuevamente a la caldera.

Debido a que existen pérdidas en el sistema, no retorna toda el agua. Estas pérdidas pueden minimizarse mediante controles que se detallan a continuación.

Se deben dar recorridos cada inicio de mes para revisar el sistema de distribución de vapor, con el fin de detectar posibles fugas en tuberías, equipos u otros. Este recorrido está a cargo de un plomero del hospital debidamente supervisado por el encargado de obra civil. En el recorrido se debe revisar lo siguiente:

- Revisar uniones, tees, codos, válvulas y otros elementos del sistema para determinar si hay fugas. En caso de existir una fuga reportar de inmediato al departamento de mantenimiento para efectuar su reparación.
- Inspeccionar los anclajes, soportes y condiciones de la tubería.
- Determinar si hay vibraciones en las tuberías que puedan ocasionar problemas y de ser así reportar inmediatamente para tomar las medidas correctivas.
- Comprobar el buen funcionamiento de todos los equipos que trabajan con vapor.
- Revisar tanque de condensado y sus accesorios.

Además, se debe concientizar a administradores y trabajadores del hospital para que se tomen decisiones estratégicas en áreas como alimentación, nutrición, lavandería, etc. Para que se puedan desarrollar programas de alimentación, de lavado de ropa, entre otros, que minimicen el consumo de agua.

## **6.2. Impacto y reducción de daños causados por la combustión del combustible bunker en el medio ambiente y en la salud**

Es necesario saber el impacto que causa la combustión del combustible bunker sobre el medio ambiente y la salud, y minimizarlos para contribuir al preservar el medio ambiente y brindar una mejor calidad de vida a los seres vivos.

### **6.2.1. Efectos de los gases de combustión del combustible bunker en el medio ambiente**

El bunker por ser un combustible espeso que presenta muchas sustancias en su composición, al ser quemado en la combustión provoca mucha contaminación.

La combustión del combustible es una reacción química que genera: dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), óxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), hollín y otros gases.

El dióxido de carbono y el óxido nitroso son gases de efecto invernadero que generan el cambio climático y la acidificación de los océanos. Mientras que el óxido de azufre produce lluvia ácida que destruye bosques y ecosistemas, acidifican las aguas.

Un aspecto importante que se debe tomar en cuenta en la combustión de combustibles pesados, es cuando esta es incompleta (subestequiométrica); lo que sucede en esta reacción química es que la cantidad de oxígeno no llega a ser la adecuada para que la reacción llegue a completarse. A causa de esto se producen otros elementos: monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ), hidrógeno ( $\text{H}$ ), hidrocarburos, ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), carbono ( $\text{C}$ ) y cenizas. Estos

contaminantes escapan a la atmosfera junto con los gases producto de la combustión.

El impacto al ambiente será significativo si se genera vapor utilizando bunker como combustible, por eso hay que buscar productos que reduzcan el impacto en el medio ambiente. Aunque en el mercado existen una gran gama de aditivos para mejorar las propiedades del combustible bunker; se debe buscar un aditivo que, además de mejorar estas, contribuya al medio ambiente mediante la disminución de las emisiones contaminantes; por otro lado, el Hospital Roosevelt obtendrá numerosos beneficios y se evitará multas por parte del Ministerio de Energía y Minas por no cumplir con sus especificaciones técnicas para el combustible bunker.

#### **6.2.2. Efectos de los gases de combustión en la salud**

El oxígeno y aire excedente son los productores de óxido nitroso en grandes cantidades, que en combinación con la luz solar y hidrocarburos forma el ozono.

Todos conocen el ozono como la capa que preserva la vida en el planeta tierra y funciona como escudo protector de la radiación ultravioleta del sol; pero si este se forma cerca de la superficie de las ciudades (tropósfera), en grandes cantidades, es el contaminante más persistente y es irritante, dañino para la salud de los seres vivos. La gente que se expone al ozono por tiempo prolongado sufre de irritación en los ojos, tos, dolor en el pecho, dolor de cabeza, enfermedades respiratorias, incremento de ataque de asma y reducción del funcionamiento del sistema respiratorio.

El monóxido de carbono es otro gas emitido al ambiente que en grandes concentraciones tiene serias consecuencias para la salud; principalmente incide en la hemoglobina de la sangre, la cual tiene dos funciones; la primera es captar el oxígeno de los pulmones y llevarlo a los tejidos. Y la segunda es captar el dióxido de carbono de los tejidos y transportarlo a los pulmones para expulsarlo.

El CO forma carboxihemoglobina la cual interfiere en el transporte de oxígeno, afectando el metabolismo celular de los seres vivos por no tener renovación de oxígeno continua. La intoxicación aguda de este gas produce dolor de cabeza, disminución de la visión, problemas en la coordinación muscular, trastornos del sueño y disminución de la capacidad intelectual; en casos extremos, pérdida del conocimiento, convulsiones y en el peor de los casos la muerte.

El hollín y otras partículas sólidas son subproductos de combustiones incompletas; estos elementos contienen cantidades de carcinógenos como arsénico, cadmio y cromo que al exponerse a las personas ya sea por inhalación, ingestión o absorción a través de la piel, pueden ocasionar cáncer de piel y de escroto. Otros estudios han demostrado que están relacionados con el cáncer de pulmón, de esófago y de vejiga.

### **6.2.3. Aditivo para combustible bunker**

Se debe seleccionar un aditivo adecuado para el Hospital Roosevelt, además de aportar al cuidado del medio ambiente se van a obtener muchos beneficios extras: aumento de la eficiencia de combustión reduciendo así el consumo de combustible bunker, además son excelentes limpiadores del equipo por su alto poder desincrustante.

El proceso de limpieza empezara en los tanques de almacenamiento de combustible bunker, pasando por todo el sistema, hasta salir por la chimenea los gases de combustión.

#### **6.2.3.1. Descripción y función del aditivo**

El aditivo se agregará a los tanques de almacenamiento de combustible bunker, el producto empezará con una acción microbiana que disolverá lacas, polímeros, gomas y agua (pequeñas cantidades).

El combustible disuelto con el aditivo empezará su recorrido limpiando tuberías, accesorios sin afectar la caldera y sus componentes, manteniendo limpios los tanques de almacenamiento y todos los demás conductos y accesorios por donde circule el bunker.

La cantidad de vapor producida por el sistema depende directamente de las calorías obtenidas en la combustión. En la combustión algunos carbonos de los hidrocarburos no llegan a reaccionar con el oxígeno, generando hollín y la parte de carbonos que llegan a reaccionar lo hacen con un solo oxígeno (en vez de reaccionar con dos), generando monóxido de carbono. Este último elemento produce unas 24 240 calorías/ gramo-mol; para llegar a tener una combustión completa se debe llegar a 94 050 calorías/gramo-mol. Lo anterior quiere decir que hace falta aproximadamente 69 810 calorías/gramo-mol, para llegar a una mejor combustión de hidrocarburos.

Es conveniente para el Hospital Roosevelt usar un aditivo que incremente las calorías debido a una mayor reacción entre el oxígeno y los carbonos de los hidrocarburos. Lo cual representar ahorros en el consumo de combustible para el Hospital Roosevelt.

### **6.2.3.2. Beneficios para el Hospital Roosevelt**

A continuación, se describen los beneficios de principio a fin que obtendrá el Hospital Roosevelt al empezar a utilizar el aditivo para el combustible bunker:

- Los dos tanques de almacenamiento junto al tanque primario se limpiarán desde las paredes hasta el fondo.
- Disminución de agua ya que el aditivo se encarga de llevarla al exterior con el combustible.
- Preparación del combustible para optimizar el proceso de combustión.
- Ya no ocurren taponamientos debido a que las sales minerales se precipitan en el fondo de los tanques por su alta densidad, y entran en un proceso de disolución.
- Limpieza de válvulas, codos y otros elementos de la tubería.
- Eliminación de incrustaciones del vanadato de sodio, incrementando gradualmente la eficiencia térmica.
- Reducción de mantenimiento en la limpieza de filtros, tuberías y accesorios.
- Reducción de paros causados por taponamientos.
- En la combustión se aprovechará el alto poder calorífico de los polímeros debido a que son disueltos e incorporados al combustible.
- Los quemadores prolongan su tiempo de operación aproximadamente tres veces.
- Mejor calidad y estabilidad de la flama.
- Incremento en la eficiencia de la caldera.



### **6.2.3.3. Beneficios al medio ambiente y a la salud**

La reducción de emisión de contaminantes del Hospital Roosevelt contribuirá al cuidado del medio ambiente y a la salud de los seres vivos, A continuación, se describen estos beneficios.

- Se contribuirá a mejorar la calidad de aire y a la preservación de los ecosistemas, debido a la reducción de la emisión de gases contaminantes, teóricamente en un 75 % en promedio.
- Se conseguirá una combustión más completa, ayudando a reducir la cantidad de oxígeno y aire excedente; los cuales son productores de óxido nitroso en grandes cantidades, que en combinación con la luz solar e hidrocarburos forma el ozono en la tropósfera, que son causantes de enfermedades respiratorias.
- Se corregirán las moléculas de monóxido de carbono transformándolas en dióxido de carbono, con lo anterior se conseguirá reducir a la mitad la cantidad de humo, carbón y monóxido de carbono.
- Se reducirá la emisión de hollín y otras partículas que son las causantes de cáncer en los seres vivos.
- El trióxido de azufre se reducirá teóricamente en un 72 %, contribuyendo en la reducción de lluvias acidas.

### **6.3. Manejo de desechos**

La falta de manejo de los desechos o desperdicios producto de diferentes procesos en Guatemala es uno de los principales indicadores de contaminación creciente en el país que han generado la degradación en los recursos naturales y en los ecosistemas. Es sumamente preocupante ver desechos dispersos en

cualquier área de nuestra nación. Es por eso que entidades del gobierno guatemalteco como el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), Comisión Nacional para el Manejo de Desechos Sólidos (CONADES), Consejo Nacional para el manejo de Desechos Sólidos (CONADESCO), Consejo Nacional para el manejo de Desechos Líquidos (CONADEL) buscan erradicar este problema mediante normativas, acuerdos, políticas y reglamentos.

En el Hospital Roosevelt existen varios tipos de desechos los cuales se deben clasificar en desechos hospitalarios y desechos industriales. Estos son producto de los procesos que se llevan a cabo diariamente en el nosocomio. Entre los hospitalarios se encuentran gasas, guantes, agujas, bisturís, pipetas, etc. Entre los industriales tenemos los residuos del combustible bunker que se obtienen por el mantenimiento de los tanques de almacenamiento y los derramamientos de bunker en el abastecimiento.

Los desechos industriales obtenidos en los mantenimientos de los tanques de almacenamiento del combustible, se reutilizarán como impermeabilizante para las losas de techos. Esta solución es densa y combinada con arena se adhiere adecuadamente a la superficie de las losas dejándolas permeables en su totalidad.

Tanto los desperdicios hospitalarios como industriales producidos, se deben recolectar y almacenar dependiendo del tipo las características del mismo. En las bolsas de color rojo se deben usar para la correcta segregación o separación de los desechos bioinfecciosos como: gasas, algodones, guantes, pañales, sabanas, etc. En la etiqueta impresa al frente de cada bolsa se llenará la fecha de recolección, tipo de desechos, origen, turno, nombre.

En los botes color rojo se utilizarán para el almacenamiento temporal, recolección interna y transporte de las unidades dentro del hospital hacia el centro de acopio. En la imagen que se muestra a continuación se puede observar estos elementos.

El centro de acopito almacena temporalmente todos los desechos hasta que son recolectados. La recolección se hace diariamente de lunes a sábado por una empresa contratada por el Hospital Roosevelt.

Lo desechos obtenidos en el abastecimiento del combustible bunker, son recolectados transportados y destruidos por la empresa encargada de suministrar el combustible. Estos deben entregar un certificado de destrucción al Hospital Roosevelt.

Tanto la empresa encargada de la recolección de desechos hospitalarios como la encargada de los desechos industriales deben estar autorizadas para proporcionar este tipo de servicios y deben presentar ante el Hospital Roosevelt el dictamen favorable, del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, en donde se apruebe el equipo instalado en la planta de tratamiento y actividad de tratamiento y disposición final de los desechos sólidos a que se refiera, según el tipo de desecho, características, clasificación, etc.



## CONCLUSIONES

1. Los procedimientos actuales para la adquisición, abastecimiento y control de combustible de las calderas del Hospital Roosevelt, muestran deficiencias en sus procesos. La solicitud de pedido de adquisición y abastecimiento, se hace mediante compra directa y cada semana se publica en Guatecompras. No existe un registro de consumo y control de combustible, que sirvan de punto de partida para hacer el nuevo pedido o que garanticen el suministro continuo de combustible sin riesgo de quedarse sin este importante recuso para el hospital.
2. Se propuso un sistema, en el cual cada inicio de año se debe hacer una solicitud de pedido de combustible mediante una licitación, en la cual se estableció que el día viernes de cada semana a las 10 am se dará inicio a el abastecimiento de combustible en los tanques de almacenamiento del Hospital Roosevelt, esta solicitud garantiza la adquisición y abastecimiento anual de combustible bunker.
3. Debido a la alta viscosidad del combustible bunker y demás especificaciones del proceso se usarán medidores de flujo másico, ya que estos son aptos para combustibles pesados. Luego de realizar el análisis de la distribución de la tubería del combustible se determinó que la cantidad adecuada para instalar son dos medidores. El primer medidor estará ubicado en la tubería que lleva el combustible del tanque primario a la caldera; el segundo medidor estará ubicado en la tubería de retorno de combustible de la caldera al tanque primario.

4. Se logra controlar de forma precisa y confiable el consumo de combustible a través un medidor de flujo másico tipo coriolis de alta tecnología; las lecturas son dadas en forma digital por lo que no hay error en la lectura. Además; este tipo de medidor hace una autoevaluación el cual da como resultado un diagnóstico de los elementos de medición, para que se tenga total confianza en los resultados obtenidos.
5. Mediante la herramienta financiera, beneficio costo, se analizaron dos alternativas de medidores de flujo, A y B; se determinó que la alternativa B es la que mayor beneficio le da al Hospital Roosevelt, ya que esta representa un mayor ahorro y se ajusta a las necesidades y presupuesto del nosocomio.
6. Tras la implementación del sistema de control de los recursos y la instalación de los medidores de flujo, se aumentará la eficiencia en las actividades ya que los operarios las realizarán en menor tiempo ya que tendrán directrices claras y los pedidos de combustible están programados para abastecer por un año lo que reducirá los riesgos de quedar sin combustible bunker.
7. El sistema de control de recursos brindará indirectamente un mejor servicio a los pacientes y áreas que demanda el vapor producido por las calderas ya que tendrán su uso con puntualidad sin que existan paros por falta de combustible, además, se mejorará la imagen institucional del Hospital Roosevelt.

8. Se establecieron medidas de mitigación para reducir el daño al medio ambiente: control contra derrames de combustible, control de gases de combustión, manejo de desechos y control de agua consumidas por las calderas.





## RECOMENDACIONES

1. Luego de haber implementado la licitación, en los procesos de adquisición de combustible del Hospital Roosevelt, se deben ir modificando las bases de los contratos para ir tomando el control total del proceso.
2. Realizar mantenimiento a la distribución de tuberías de combustible bunker para que el combustible fluya de forma normal sin ninguna obstrucción y para aumentar la vida útil de los elementos que compone esta distribución.
3. Estudiar a profundidad las áreas de dietética, lavandería y laboratorio de pachas, con el objetivo de simplificar los procesos y poder reducir el tiempo de operación de las calderas con lo que se lograrían importantes ahorros para el hospital.
4. Luego de haber implementado los medidores de flujo, se recomienda evaluar el consumo de combustible de cada caldera para determinar estándares individuales.
5. Para obtener el informe del laboratorio y dictamen técnico que muestra el análisis de dióxido de azufre y lluvia ácida del Hospital Roosevelt, se debe abocar a la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad San Carlos de Guatemala. Este tipo de mediciones de acuerdo al programa de mantenimiento de las calderas.



## BIBLIOGRAFÍA

1. CAMPOS LÓPEZ, Omar Aarón. *Programa de cómputo para dimensionar medidores de flujo por presión diferencial en líquidos*. Tesis de Ingeniería. Instituto Politécnico Nacional, México, 2008. 157 p.
2. CREUS, Antonio. *Instrumentación industrial*. 6ta ed. España: Marcombo S. A. 1997. 91 p.
3. González de León, Estuardo. *Diseño y guía de instalación de líneas de racks de despacho de combustibles para una terminal de productos petroleros para la venta*. Trabajo de graduación de Ing. . Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería.
4. Guatecompras. *Ley de Contrataciones del Estado de Guatemala*. Decreto No. 57 – 92.
5. Hospital Roosevelt. [En línea]. <<http://www.hospitalroosevelt.gob.gt/hr/>>. [Consulta: 19 de julio de 2016].
6. Ingenio Pantaleón. *Producción de vapor en calderas*. [En línea]. <<http://www.pantaleon.com>>. [Consulta: 25 de julio de 2016].
7. Junta de Castillo y León. *Manual técnico de diseño y cálculo de redes de vapor*. [En línea]. <[www.eren.jcyl.es/web/jcyl/.../Manual%20Redes%20de%20Vapor.pdf](http://www.eren.jcyl.es/web/jcyl/.../Manual%20Redes%20de%20Vapor.pdf)>. [Consulta: 19 de julio de 2016].

8. LUX MONROY, Manuel Agustin. *Medidores de flujo en canales abiertos*. Trabajo de graduación de Ing. Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Humanidades, 2010. 369 p.
9. Micro Motion. *Manual de instalación de sensores Coriolis*. [En línea]. <<http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Micro%20Motion%20Documents/ELITE-Install-Manual-SPA-20002160.pdf>>. [Consulta: 8 de septiembre de 2016].
10. Recope. *Manual de productos*. [En línea]. <[https://www.recope.go.cr/wp-content/uploads/2013/07/Manual\\_Productos.pdf](https://www.recope.go.cr/wp-content/uploads/2013/07/Manual_Productos.pdf)> [Consulta: 19 de agosto de 2016].
11. SpiraxSarco. *Distribución de vapor*. [En línea]. <<http://www2.spiraxsarco.com/ar/pdfs/training/gcm-03.pdf>>. [Consulta: 19 de octubre de 2016].