



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

**PROYECTO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN  
SISTEMA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS HOSPITALARIOS  
EN EL HOSPITAL ROOSEVELT DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**

**Diego Alejandro de León Samayoa**

Asesorado por el Ing. Erick Roberto Turcios Estrada

Guatemala, octubre de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROYECTO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN  
SISTEMA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS HOSPITALARIOS  
EN EL HOSPITAL ROOSEVELT DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**DIEGO ALEJANDRO DE LEÓN SAMAYOA**  
ASESORADO POR EL ING. ERICK ROBERTO TURCIOS ESTRADA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

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

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

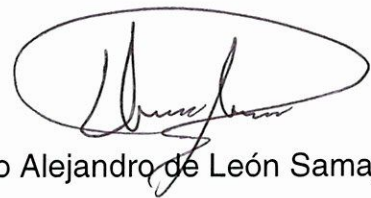
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Nora Leonor García Tobar
EXAMINADOR	Ing. César Augusto Akú Castillo
EXAMINADOR	Ing. Fredy Mauricio Monroy Peralta
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **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:

### **PROYECTO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS HOSPITALARIOS EN EL HOSPITAL ROOSEVELT DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 15 de junio de 2010.



Diego Alejandro de León Samayoa

Guatemala, 28 de junio de 2011

Ingeniero  
César Ernesto Urquizú Rodas  
**DIRECTOR DE LA ESCUELA DE  
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
Presente

Estimado Ingeniero Urquizú:

Por medio de la presente estoy dando mi aprobación al trabajo de graduación presentado por el estudiante **DIEGO ALEJANDRO DE LEÓN SAMAYOA**, titulado **“PROYECTO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS HOSPITALARIOS EN EL HOSPITAL ROOSEVELT DE LA CIUDAD DE GUATEMALA”**, previo a sustentar su Examen Público en la carrera de Ingeniería Mecánica Industrial.

Al respecto me permito informarle, que el trabajo de graduación elaborado por el estudiante de León Samayoa, fue desarrollado cumpliendo con los requisitos reglamentarios, así como sometido por el suscrito a las revisiones necesarios; por lo que considero que el mismo está apto para su trámite final en esa unidad académica.

Agradeciendo su atención me suscribo de Ud. Atentamente,



---

Ing. Erick Roberto Turcios Estrada  
Colegiado No. 7,095  
ASESOR





Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **PROYECTO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS HOSPITALARIOS EN EL HOSPITAL ROOSEVELT DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Diego Alejandro de León Samayoa**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Claudia Amarilis Morales Galicia  
Ingeniera Industrial  
Colegiado, 7205

Inga. Claudia Amarilis Morales Galicia  
Catedrática Revisora de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial


Guatemala, agosto de 2011.

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **PROYECTO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS HOSPITALARIOS EN EL HOSPITAL ROOSEVELT DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Diego Alejandro de León Samayoa**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

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



Guatemala, septiembre de 2011.

/mgp





DTG. 368.2011.

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: **PROYECTO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS HOSPITALARIOS EN EL HOSPITAL ROOSEVELT DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Diego Alejandro de León Samayoa**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
Decano



Guatemala, 30 de septiembre de 2011.

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por apoyarme siempre en todas mis actividades y nunca desampararme.
- Mis padres** Carlos Enrique de León y Silvia Urania Samayoa, por ser mi apoyo y mi ejemplo a seguir y por ser esos padres excepcionales que nunca me han defraudado.
- Mis hermanos** Andrés y Carlos de León, por ser mis verdaderos amigos y estar conmigo en todo momento.
- Mi familia** A mis abuelas, mis tíos (as), primos (as) y demás familiares que siempre me han apoyado.
- Mis amigos** Celso Gordillo, Marlon del Cid, América Maldonado, Juan Luis Roldán; por ser parte de mi vida y por haberme brindado su amistad.
- .

## **AGRADECIMIENTOS A:**

- Ing.  
Erick Turcios**                      Por compartir sus conocimientos para el buen desempeño de mi futuro, ofreciéndome de su tiempo y apoyo, y mucho más valioso, su aprecio y amistad.
- Inga.  
Claudia Morales**                      Por apoyarme íntegramente en la realización de mi trabajo de graduación, aportándome sus mejores recomendaciones y brindándome gran parte de su valioso tiempo.
- Licda.  
Diana Salguero**                      Por tener el don de la enseñanza y así proveerme de buenos consejos, con entusiasmo y paciencia.
- Inga.  
Francel Ochaeta**                      Por ser un apoyo en mi vida, por ser una verdadera amiga que siempre querrá lo mejor para mi persona y por todo el esfuerzo y apoyo que siempre me entrega con mucho cariño.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN .....	XV
1. ESTUDIO DE MERCADO.....	1
1.1. Análisis de antecedentes.....	2
1.1.1. Características del Hospital Roosevelt .....	2
1.1.2. Manejo actual del tratamiento de desechos sólidos .....	4
1.2. Caracterización y definición del tratamiento de desechos sólidos hospitalarios.....	7
1.3. Segmentación de mercado .....	10
1.4. Comportamiento e impacto al consumidor .....	11
1.5. Comportamiento histórico de la demanda .....	12
1.5.1. Tipos de desechos sólidos hospitalarios .....	13
1.5.2. Cantidad promedio de residuos generados por lo diferentes servicios.....	21
1.5.3. Cantidad de toneladas diarias y mensuales .....	23
1.5.4. Análisis de gastos actuales .....	24
1.6. Características de los principales prestadores del servicio .....	26
1.6.1. Empresas prestadoras del servicio en Guatemala .....	26
1.6.2. Método de tratamiento de desechos sólidos que se ofertan en el mercado nacional .....	28

1.7.	Comportamiento y análisis de los precios .....	29
1.8.	Ventaja competitiva .....	32
2.	ESTUDIO TÉCNICO.....	33
2.1.	Tipos de tratamiento de desechos sólidos hospitalarios .....	34
2.1.1.	Ventajas y desventajas de los tipos de tratamientos.....	42
2.2.	Ubicación del proyecto .....	47
2.2.1.	Área para la instalación del proyecto .....	47
2.3.	Proceso .....	48
2.3.1.	Descripción del funcionamiento de incineración .....	51
2.3.2.	Análisis de temperaturas y tiempos de exposición de residuos .....	52
2.3.3.	Etapas de la incineración .....	54
2.3.4.	Control de la tasa de alimentación del incinerador.....	56
2.3.5.	Combustión de la cámara de quemado.....	57
2.4.	Maquinaria y equipo .....	60
2.5.	Materia prima .....	61
2.5.1.	Insumos directos .....	62
2.5.2.	Insumos asociados .....	63
3.	ESTUDIO ECONÓMICO .....	65
3.1.	Análisis del costo actual de tratamiento de desechos sólidos hospitalarios .....	65
3.1.1.	Costo mensual con empresa exterior.....	66
3.2.	Inversiones.....	67
3.2.1.	Inversión en el equipo de incineración .....	67
3.2.2.	Costo de Instalación del equipo .....	68
3.2.3.	Costo de cimentación del terreno.....	69
3.3.	Capital de trabajo .....	70

3.3.1.	Mano de obra adicional .....	71
3.3.1.1.	Capacitación de personal .....	72
3.3.2.	Insumos para clasificación de desechos sólidos hospitalarios .....	72
3.3.3.	Insumos adicionales .....	73
3.4.	Costos de operación y mantenimiento.....	74
3.4.1.	Mano de obra .....	75
3.4.1.1.	Supervisión y ejecución.....	75
3.4.1.2.	Reparaciones .....	76
3.4.2.	Gastos asociados de funcionamiento.....	77
3.4.2.1.	Combustibles.....	77
3.4.2.2.	Repuestos .....	78
3.5.	Gastos de operación.....	78
3.6.	Financiamiento .....	78
4.	ESTUDIO FINANCIERO .....	79
4.1.	Análisis financiero .....	79
4.1.1.	Tasa interna de retorno del proyecto.....	80
4.1.2.	Análisis beneficio-costo .....	81
4.1.3.	Análisis del valor presente neto de inversión.....	83
5.	ESTUDIO ADMINISTRATIVO.....	85
5.1.	Antecedentes.....	85
5.2.	Aspectos legales.....	87
5.3.	Fondos de los rubros concernientes a los gastos administrativos .	88
5.4.	Estructura organizacional .....	89
5.5.	Personal administrativo adicional .....	93
5.5.1.	Control de actividades .....	95

5.5.1.1.	Etapas de la incineración de desechos sólidos hospitalarios .....	102
6.	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL .....	103
6.1.	Determinación del emplazamiento .....	103
6.2.	Identificación de impactos .....	109
6.3.	Análisis y evaluación de impactos ambientales.....	110
6.4.	Propuesta y selección de alternativas .....	112
6.5.	Plan de gestión ambiental .....	113
6.5.1.	Mitigaciones ambientales .....	113
6.5.2.	Plan de contingencia .....	114
	CONCLUSIONES.....	117
	RECOMENDACIONES .....	119
	BIBLIOGRAFÍA.....	121
	ANEXOS.....	123



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Crecimiento de desechos anuales en Hospital Roosevelt .....	6
2.	Clasificación de desechos sólidos hospitalarios .....	20
3.	Comportamiento de precios vs. contratos sector público, entratamiento de DSH.....	31
4.	Ubicación del proyecto .....	48
5.	Proceso de incineración .....	49
6.	Etapas del proceso de incineración .....	55
7.	Potencial energético de distintos residuos.....	58
8.	Materia prima.....	62
9.	Insumos directos.....	63
10.	Flujos netos del proyecto.....	84
11.	Estructura organizacional del Hospital Roosevelt.....	89
12.	Rutas de recolección de DSH.....	105

### TABLAS

I.	Demanda de servicios anuales (2007-2010).....	3
II.	Producción de DSH anuales del Hospital Roosevelt (2008-2010) .....	5
III.	Producción nacional de DSH anuales (libras) 2009 .....	21
IV.	Producción nacional estimada de DSH anuales (libras) 2009 .....	22
V.	Producción nacional de DSH anuales (libras) 2010 .....	22
VI.	Producción nacional estimada de DSH en libras/año para 2010 .....	23

VII.	Producción diaria y mensual de DSH en el Hospital Roosevelt .....	24
VIII.	Comparación de precios de tratamiento de DSH y demanda del servicio .....	30
IX.	Limites de calidad para emisión de humo .....	53
X.	Producción diaria de DSH en el Hospital Roosevelt, 2010.....	56
XI.	Equipo auxiliar para recolección y almacenamiento de DSH .....	64
XII.	Costo por producción de cada tipo de DSH en el Hospital Roosevelt, 2010 .....	66
XIII.	Inversión del equipo de incineración .....	68
XIV.	Costos de cimentación del terreno .....	69
XV.	Mano de obra adicional .....	71
XVI.	Costo de insumos asociados .....	73
XVII.	Costo de equipo de bioseguridad.....	74
XXVIII.	Programación del mantenimiento preventivo anual .....	76
XIX.	Consumo de combustible diesel para tratamiento de DSH.....	77
XX.	Costo de anualidades proyectadas a 4 años .....	80
XXI.	Beneficios anuales .....	82
XXII.	Gastos derivados de administración .....	88
XXIII.	Comité de desechos sólidos hospitalarios .....	94
XXIV.	Requerimientos para operación .....	100
XXV.	Flujo de manejo interno de los DSH en el Hospital Roosevelt .....	101
XXVI.	Identificación de impactos en el medio ambiente .....	109

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>H<sub>2</sub>O</b>	Agua
<b>C</b>	Carbono
<b>cm</b>	Centímetros
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de carbono
<b>°C</b>	Grado Celsius
<b>°</b>	Grado decimal
<b>kg</b>	Kilogramo
<b>Kg/h</b>	Kilogramos por hora
<b>Kw</b>	Kilowatts
<b>lb</b>	Libras
<b>m</b>	Metros
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro cuadrado

<b>m<sup>3</sup></b>	Metro cúbico
<b>ml</b>	Metro lineal
<b>mg/Nm<sup>3</sup></b>	Miligramo sobre Newton por metro cúbico
<b>mm</b>	Milímetro
<b>min</b>	Minutos
<b>%</b>	Porcentaje
<b>Q</b>	Quetzales
<b>Q/Lb</b>	Quetzales por libra
<b>TO</b>	Tasa de oportunidad
<b>TIR</b>	Tasa interna de retorno
<b>Vf</b>	Volumen de los humos

## GLOSARIO

<b>Desmenuzamiento</b>	Triturar, fragmentar, dividir en partes muy pequeñas.
<b>Dioxinas</b>	Grupo de compuestos químicos organoclorados que poseen estructuras químicas similares, algunos tienen propiedades nocivas en función del número y de la posición de los átomos de cloro.
<b>DSH</b>	Desechos sólidos hospitalarios.
<b>MSPAS</b>	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.
<b>Nosocomial</b>	Relativo a un hospital y por extensión cualquier lugar donde se atienda a los enfermos.
<b>Patógeno</b>	Elemento o medio capaz de producir algún tipo de enfermedad o daño en el cuerpo de un animal, un ser humano o un vegetal.

<b>PCB</b>	Policlorobifenilos son una familia de 209 congéneres que poseen una estructura química orgánica similar, son inflamables, estables y presentan un elevado punto de ebullición, así como propiedades de aislante eléctrico, normalmente utilizados como refrigerantes y lubricantes en transformadores y otros equipos eléctricos.
<b>PCI</b>	El poder calorífico inferior es la cantidad de calor expresada en kilojulios o kilocalorías que se desprenden de la combustión completa, a la presión constante de 1.01325 bar, de 1kg de combustible sólido o líquido.
<b>Polución</b>	Contaminación intensa del agua o del aire, producida por los residuos de procesos industriales o biológicos.
<b>Quemador industrial</b>	Equipo donde se realiza la combustión, se logra la mezcla íntima del combustible con el aire, proporcionando energía de activación.
<b>Vertedero</b>	Lugar donde se deposita finalmente la basura, escombros, desperdicios o aguas residuales. Éstos pueden ser oficiales o clandestinos.



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación describe todo lo relacionado con el tratamiento de los desechos sólidos hospitalarios generados por el Hospital Roosevelt y todos los aspectos referentes a la gestión y manejo de los mismos, para crear un sistema administrativo y de operaciones que pueda reducir costos, aumentar la seguridad e higiene de las personas y lograr mitigar la contaminación ambiental que provoca el tratamiento de los desechos.

Como parte de los temas principales que se analizan a detalle se mencionan los distintos tipos de tratamiento que se le pueden aplicar a los desechos, así como las características de las empresas prestadoras del servicio a nivel privado, tomando en cuenta que los enfoques que se buscan son: la mitigación del impacto ambiental y lograr reducir la problemática actual del hospital referente al crecimiento de la demanda de los servicios.

Se considera la opción de utilizar el proceso de incineración, tomando en cuenta que el crecimiento de producción de desechos sólidos hospitalarios se ve reflejado cada año, de este impacto se prevé, con el incinerador lograr la reducción del volumen en masa de todos los desechos, contribuir al medio ambiente con los controles rigurosos de contaminación de humos y a la salud humana por medio de la destrucción total de patógenos.

Se identifican los impactos ambientales que el sistema de incineración causa al aire, agua y suelo, y se presenta un plan de gestión ambiental.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Proponer un sistema adecuado de manejo de desechos sólidos hospitalarios para el Hospital Roosevelt y evaluar la factibilidad de la implementación del mismo que no represente impactos potenciales al ambiente, reduzca la problemática actual, respecto a este tema, del hospital con una mayor calidad y menor costo que las alternativas con que cuenta actualmente.

### **Específicos**

1. Evaluar la situación actual respecto al manejo de desechos sólidos hospitalarios de la institución.
2. Definir las alternativas existentes en cuanto a tratamiento de desechos sólidos hospitalarios en el mercado actual.
3. Formular las condiciones para lograr un ahorro sustancial en cuanto a los montos monetarios usados en el tratamiento de desechos sólidos hospitalarios.
4. Reducir los riesgos en daños a la salud y al medio ambiente generados por el Hospital Roosevelt.

5. Realizar un análisis comparativo de las alternativas, entre contratación de empresa privada y un sistema de tratamiento propio.
6. Determinar una propuesta del tratamiento de desechos sólidos hospitalarios guiada hacia una producción más limpia con desarrollo sostenible.
7. Encaminar hacia la mejora del funcionamiento del Hospital Roosevelt apoyado por conocimientos técnicos ingenieriles y el buen manejo de recursos potenciales.

## INTRODUCCIÓN

El medio ambiente es un tema de vital importancia, ya que está estrechamente ligado a la calidad de vida y salud de las personas. Los factores ambientales más vulnerables a la contaminación derivada de la actividad humana son: el suelo, el agua y el aire; y uno de los principales contaminantes en la actualidad son los residuos sólidos; dentro de éstos, los residuos peligrosos representan mayor riesgo y problema, en especial los de uso agrícola y los derivados de la actividad hospitalaria, porque su contenido y composición pueden ser dañinos para la salud de las personas.

Por tal razón, es importante contar con sistemas de tratamiento previo a la disposición final de los desechos sólidos peligrosos, particularmente los hospitalarios, y en Guatemala, a la fecha existen únicamente dos opciones económicamente factibles de aplicar en el mercado; una de ellas ofrece el servicio de tratamiento por incineración, y la otra a través de un sistema de desinfección por autoclave y trituración.

Ambas cuentan con una oferta similar de servicios y precios, algunas veces elevados, respecto a la producción de desechos de algunos entes generadores, tal es el caso del Hospital Roosevelt, que genera un promedio de tres mil libras diarias de desecho infeccioso.

En virtud de la elevada producción de desechos y al costo que la contratación de un sistema de tratamiento representa, surge la necesidad de evaluar la implementación de un sistema de tratamiento mixto y propio del hospital, a fin de determinar la factibilidad de reducir costos con un sistema propio, adecuado para su producción con un período de diseño de diez años, en comparación con la evaluación de costo beneficio que representa la contratación del servicio.

Se presenta el estudio de tesis en el cual se pretende diseñar un sistema adecuado de tratamiento, para la producción y caracterización de los desechos que el hospital genera, y a la vez, evaluar la factibilidad de implementarlo, comparando este sistema, con otras opciones existentes en el mercado.



## **1. ESTUDIO DE MERCADO**

El tema de los desechos sólidos hospitalarios es un tema de relevante importancia en el país, comenzó a considerarse en el marco de las instituciones nacionales de salud en 1992, a través de la cooperación europea y el proyecto Ala 91/33.

Para ese entonces no se contaba con un reglamento, ni lineamientos políticos y jurídicos que permitieran enmarcar el manejo de los desechos en instituciones de salud, como algo obligatorio, por lo que, los mismos eran tratados como residuos comunes, y trasladados a los botaderos municipales en cada departamento. En la ciudad capital eran trasladados al basurero de la zona 3.

Conforme fueron generándose las políticas ambientales a nivel internacional, y se fue haciendo evidente la necesidad de establecer lineamientos, políticas, leyes, normas y reglamentos que rigieran el manejo de los residuos en el marco de la protección ambiental en el país, surge el Reglamento de manejo de desechos sólidos hospitalarios, y a raíz de ello, se inicia el establecimiento de empresas dedicadas específicamente al manejo de éstos, como una alternativa de solución a los impactos potenciales que los mismos generan sobre la salud de las personas y el medio ambiente.

## **1.1. Análisis de antecedentes**

Aun con los esfuerzos realizados de inducción, promoción, capacitación, donación de insumos, inyección de capital, tanto de la cooperación europea, como de la cooperación japonesa, en tiempos posteriores; no se logró determinar la cantidad de desechos generados por las instituciones hospitalarias del país, sino hasta el 2000, a través de un estudio elaborado por la Organización Panamericana de la Salud (OPS), en el país, con el aval del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, en el que se determinó, mediante una caracterización básica de la producción de residuos sólidos de diversos hospitales situados en la ciudad capital, la cantidad que generaban los hospitales del país.

De ese estudio se pudo determinar que el Hospital Roosevelt, estaba generando la cantidad de 1 400 libras de desecho promedio mensual, catalogado como peligroso. Haciendo una separación macro de los residuos que podían considerarse como comunes.

### **1.1.1. Características del Hospital Roosevelt**

El Hospital Roosevelt es un hospital de referencia nacional, que cuenta con 877 camas para atención de pacientes, en todas sus especialidades: pediatría, ginecología, obstetricia, cirugía, traumatología, medicina general, consulta externa, neonatología, neurocirugía, patología, entre otras.

El hospital ha tenido un crecimiento potencial en la demanda de sus servicios, lo cual se puede ver claramente en la tabla I, que muestra el indicador de servicios y la demanda anual de éstos.

Tabla I. **Demanda de servicios anuales (2007-2010)**

<b>Indicador</b>	<b>Ene-dic 2007</b>	<b>Ene-dic 2008</b>	<b>Ene-dic 2009</b>	<b>Ene-dic 2010</b>
<b>Camas</b>	706	770	790	853
<b>Egresos</b>	36 126	41 888	43 186	47 410
<b>Consultas</b>	119 496	354 974	341 367	349 695
<b>Emergencias</b>	139 429	155 851	184 482	233 346
<b>Cirugías</b>	13 284	19 611	25 352	16 402
<b>Anestесias</b>	17 932	23 963	26 207	23 084
<b>Cesáreas</b>	3 946	4 125	3 980	4 118
<b>Partos</b>	6 414	4 779	3 776	5 383
<b>Laboratorios</b>	1 822 401	1 851 447	2 132 993	2 110 525
<b>U. de Sangre</b>	28 253	27 289	30 845	20 247
<b>Radiografías</b>	245 311	251 148	466 388	447 686
<b>Raciones</b>	397 159	364 660	363 821	365 309

Fuente: control interno, Hospital Roosevelt, Guatemala.

De esto se puede deducir que, al igual que la cantidad de consultas y egresos, han aumentado también, la generación de desechos sólidos hospitalarios, lo cual implica una mayor necesidad de implementar un sistema de tratamiento adecuado para los mismos.

### **1.1.2. Manejo actual del tratamiento de desechos sólidos**

Actualmente los DSH que genera el hospital Roosevelt son almacenados en un centro de acopio, ubicado en la parte lateral del hospital, el cual fue construido en coordinación con otras unidades, que ocupan espacio físico en el mismo terreno que el hospital, tal es el caso de Unidad de Cirugía Cardiovascular de Guatemala (UNICAR), Unidad Nacional de Oncología Pediátrica (UNOP) y la Unidad de Oftalmología.

El centro de acopio cumple con los estándares que establece el artículo 19 del Acuerdo Gubernativo 509-2001, Reglamento para el manejo de los desechos sólidos hospitalarios, y cuenta con el espacio suficiente para almacenar DSH, de cuatro o cinco días, lo cual da holgura de tiempo para atrasos en el servicio que actualmente utilizan.

Se hace mención de esta situación, ya que desde el 2002, los desechos bioinfecciosos, punzocortantes y especiales, que genera el hospital, eran trasladados al cementerio La Verbena, en donde, en un principio se quemaban en zanjas a cielo abierto. No fue sino hasta mediados del 2003, que se concluyó el proyecto de construcción de una planta de incineración para DSH en ese mismo lugar, en donde los desechos generados se incineraban.

La planta de tratamiento de DSH La Verbena cuenta con tres incineradores para cubrir la demanda de los siete hospitales nacionales del área metropolitana, es decir, los pertenecientes a la ciudad capital.

Sin embargo, con los años, la demanda hospitalaria aumentó en más de un 100% y así también la generación de desechos. En los últimos años ha habido un aumento en las producciones de DSH, ver tabla II.

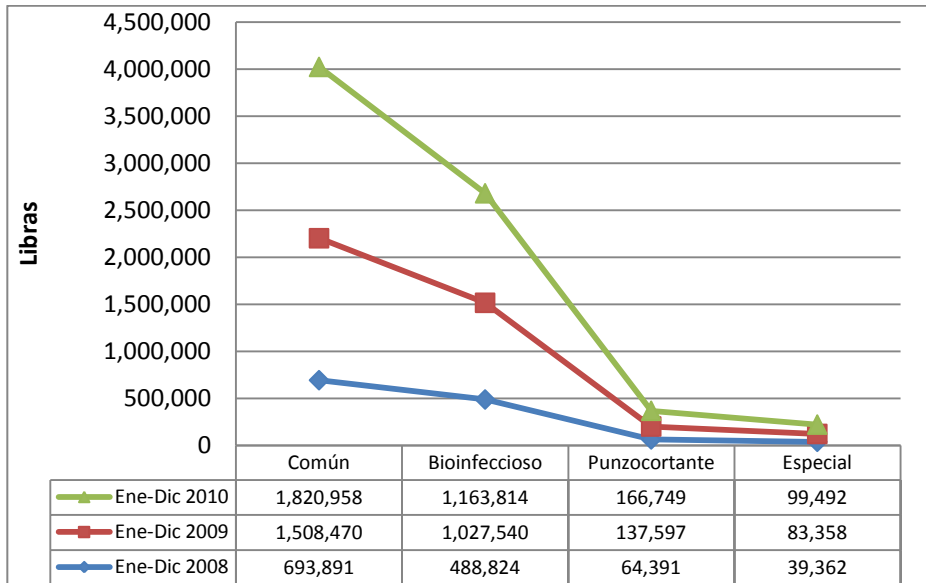
Tabla II. **Producción de DSH anuales del Hospital Roosevelt (2008-2010)**

<b>Tipo de DSH</b>	<b>Ene-dic 2008</b>	<b>Ene-dic 2009</b>	<b>Ene-dic 2010</b>
<b>Común</b>	693 891	1 508 470	1 820 958
<b>Bioinfeccioso</b>	488 824	1 027 540	1 163 814
<b>Punzocortante</b>	64 391	137 597	166 749
<b>Especial</b>	39 362	83 358	99 492

Fuente: control interno, Hospital Roosevelt, Guatemala.

En la figura 1 se presenta una gráfica con los datos de la tabla II, donde se analiza el comportamiento de cada tipo de desecho de los últimos tres años, concluyendo que con el paso del tiempo los DSH van creciendo y se proyectan con una tendencia al alza.

Figura 1. Crecimiento de desechos anuales en Hospital Roosevelt



Fuente: estudio de campo, control interno Hospital Roosevelt, Guatemala.

Estos DSH son trasladados a la planta de incineración en el cementerio La Verbena, en donde son incinerados, excepto los desechos punzocortantes, los cuales son enviados, desde junio del 2009 a una empresa de tratamiento de residuos autorizada por el MSPAS: Ecotermo de Guatemala S.A.

Es importante resaltar que la capacidad instalada para tratamiento de DSH por incineración en la planta del MSPAS, ubicada en el cementerio La Verbena, se ve superada en forma frecuente, por lo que se suspende el servicio de recolección, hasta que se logra terminar de incinerar los DSH recibidos en la planta.

La misma fue diseñada para cubrir a siete hospitales nacionales, con la producción que cada uno tenía para el 2002, misma que casi se ha triplicado en los últimos ocho años, sin que se hayan realizado modificaciones a la planta de tratamiento en mención.

## **1.2. Caracterización y definición del tratamiento de desechos sólidos hospitalarios**

Los desechos sólidos hospitalarios se clasifican, de conformidad a lo indicado en el Reglamento correspondiente, Acuerdo Gubernativo 509-2001, de la siguiente forma:

- **Desechos comunes**

Son los generados en las actividades administrativas que pueden ser reutilizados, reciclados o considerados como residuos domésticos. Comprenden los desechos de materiales como: papel, cartón, plástico, vidrio, aluminio, otros metales, residuos alimenticios, textiles, entre otros; que no han sido contaminados con secreciones de pacientes, ni representan riesgo para la salud de las personas.

Estos desechos se almacenan en bolsas de color negro, del tamaño y grosor adecuado a la producción del ente generador. Las bolsas deben colocarse en contenedores rígidos o botes de basura, de preferencia plásticos, y estar rotulados en el lugar donde se ubican, de forma que todo el recurso humano que pase por donde se coloca el bote, sepa el tipo de desecho que debe colocarse en él. Los desechos comunes se tratan como residuos municipales y deben ser recolectados por el servicio municipal de tratamiento de residuos sólidos, o bien una empresa privada a cargo de ello.

En Guatemala no existen empresas privadas que se hagan cargo del manejo integral de los residuos municipales o urbanos; por lo que, los DSH comunes deberán ser tratados por el servicio municipal. De preferencia en un relleno sanitario adecuado.

- Desechos hospitalarios peligrosos

Se catalogan como desechos peligrosos a todos los que se generan en las instituciones de salud, y que de alguna forma representan riesgo a la salud de las personas. Dentro de éstos los más comunes a nivel nacional son los bioinfecciosos, los punzocortantes y los especiales.

- Desechos bioinfecciosos

Son los que han estado en contacto con secreciones de pacientes con enfermedades contagiosas, y por ende, son un riesgo para la salud de las personas. Estos se desechan en bolsas de color rojo, deben ser etiquetadas y debidamente identificadas al momento de llenarse a 3/4 de su capacidad y ser utilizadas para su almacenamiento temporal, mientras se procede a la recolección y tratamiento.

Las bolsas deben ser del grosor y tamaño acorde a la producción de cada servicio, y deben colocarse en botes de basura rígidos, preferentemente de plástico, por la facilidad de su transporte y lavado. Deben colocarse en los servicios en donde se genera desecho de ese tipo, fuera del alcance de pacientes y visitas para evitar mala segregación, porque se elevan los costos de tratamiento.



Cada bote debe estar debidamente rotulado, al igual que los desechos comunes, de forma que las personas que generan los desechos puedan identificar fácilmente el lugar y tipo que corresponde.

- Desechos punzocortantes

Son bioinfecciosos, con la propiedad de cortar o punzar. Éstos deben colocarse en contenedores rígidos, preferentemente guardianes de polipropileno. Éstos, al igual que los anteriores, deben ser del tamaño adecuado según la producción del servicio, de manera que un contenedor no pase más de una semana en el servicio.

Los contenedores deben colocarse cerca del área donde se generen los desechos de este tipo, para que sea fácil la eliminación de los mismos, estar debidamente rotulados y señalizados con la fecha y hora del inicio de su uso. Deben descartarse cuando estén llenos a 3/4 partes de su capacidad, o bien al llegar el período máximo de permanencia, lo que sea primero.

- Desechos especiales

Son los que no han estado en contacto con pacientes, pero por su composición o contenido representan riesgo a la salud de las personas. Dentro de éstos se identifican desechos químicos, residuos de laboratorio, cristalería y equipo (entera, rota o utilizada), restos de medicamentos, medicamentos vencidos o deteriorados, entre otros. Los mismos se colocan en bolsas de color blanco, con las mismas propiedades y características de uso que las anteriores.

### **1.3. Segmentación de mercado**

El mercado de los desechos sólidos hospitalarios está segmentado, según su clasificación y producción en cuatro sectores:

- Servicios de atención a la salud humana
- Servicios de atención a la salud animal
- Industria hospitalaria
- Industria química y farmacéutica

Actualmente prestan este servicio las empresas existentes, únicamente a los entes generadores a cargo de servicios de atención a la salud humana y a la industria química farmacéutica.

Dentro de los servicios de atención a la salud humana se segmentan en tres sectores:

- Público
- Privado
- Seguro Social

Hasta en el 2009, el Departamento de Regulación, Acreditación y Certificación de Establecimientos de Salud (DRACES), del MSPAS, inició la solicitud como requisito obligatorio para la obtención de licencia sanitaria de establecimientos de salud, el dictamen aprobado de un plan de manejo de desechos hospitalarios y la contratación de un servicio de tratamiento autorizado y apropiado.

Antes de ese año, no hay un registro de la cantidad de establecimientos a nivel privado que contaran con el servicio; y dado que la licencia tiene un período de validez de cinco años, la información no será significativa sino hasta el 2014, en que todos los establecimientos se vean obligados al cumplimiento de la norma para su funcionamiento.

En el sector público, el mercado se divide en áreas de salud, que comprenden servicios de atención ambulatoria y algunos de atención con encamamiento, como los centros y puestos de salud, centros de urgencias, centros de atención permanente, entre otros; y los hospitales, que prestan servicios más específicos y manejan una mayor cantidad y variedad de desechos.

De acuerdo a estadísticas presentadas por el MSPAS, de los reportes emanados por los servicios de salud pública, respecto a la producción de los desechos hospitalarios, se define una segregación con un 60% de producción de desechos comunes, y 40% de desechos peligrosos; lo cual se califica por la institución como una segregación no adecuada, ya que según los estándares internacionales de calidad en el manejo y gestión de residuos hospitalarios, una institución de salud, dependiendo de su especialidad, genera de un 15% a un 25% de desecho peligroso, siendo el más significativo el desecho bioinfeccioso.

#### **1.4. Comportamiento e impacto al consumidor**

El manejo y gestión integral de desechos, en cualquier sector comercial, industrial, o que genere residuos, es un tema en el cual no se invierte sino hasta que se tiene una norma que obligue a la inversión en sistemas de tratamiento y gestión.

Respecto a los desechos sólidos hospitalarios, fue hasta en el 2001, que se hizo el lanzamiento del Acuerdo Gubernativo 509-2001, que tanto instituciones prestadoras de servicio como empresas privadas, comenzaron a ponerle atención al aspecto del tratamiento de desechos hospitalarios.

En ese año surgieron las empresas que a la fecha prestan servicios de tratamiento de desechos sólidos hospitalarios en forma específica. En el 2007, el sector público comenzó a realizar contrataciones del servicio, debido a la implementación de procesos de evaluación de gestión ambiental, en cuanto a cumplimiento de normas ambientales implementado por la Contraloría General de Cuentas.

En el 2009, el sector privado inició este proceso, debido a los requisitos establecidos por el MSPAS para la obtención de licencia sanitaria para su funcionamiento.

### **1.5. Comportamiento histórico de la demanda**

La demanda de tratamiento de desechos sólidos hospitalarios, ha ido creciendo, no sólo por el aumento poblacional en el país y por ende el aumento de procedimientos de salud prestados y realizados en todos los sectores; sino también con la aparición e implementación de normas ambientales relacionadas al tema.

### **1.5.1. Tipos de desechos sólidos hospitalarios**

Los DSH se definen conforme al Acuerdo Gubernativo 509-2001 y se clasifican en forma detallada de la siguiente manera:

- **Desechos comunes**

Son los residuos generados principalmente por las actividades administrativas, auxiliares y generales, que no corresponden a ninguna de las categorías de desechos peligrosos. Son similares a los desechos de producción doméstica e implican las mismas prácticas de higiene en su manejo y transporte.

Se incluyen en esta categoría, entre otros, los papeles, cartones, cajas, plásticos, los restos de la preparación de alimentos y materiales de la limpieza de patios y jardines, como se especifica a continuación:

- **Comida**

Todo lo que procede de las cocinas y residuos alimenticios, con exclusión de los que hayan entrado en contacto con pacientes de salas de aislamiento.

- **Papelería**

Desechos procedentes de las oficinas administrativas, talleres, embalajes de papel y/o cartón.

- Envases y otros

Contenedores de vidrio y/o plásticos para fármacos no peligrosos y alimentos, materiales metálicos o de madera, yesos, que no hayan sido contaminados.

- Desechos peligrosos

Como desechos sólidos hospitalarios peligrosos se entienden todos los residuos producidos en instalaciones de salud que pueden de una forma u otra afectar la salud humana, animal o el medio ambiente.

Los desechos peligrosos se dividen en desechos bioinfecciosos, especiales y radiactivos.

- Desechos bioinfecciosos

Son los que pueden contener agentes causantes de enfermedades e infecciones hacia los seres humanos y el medio ambiente. Estos pueden ser:

- \* Infecciosos

Los desechos infecciosos son generados durante las diferentes etapas de la atención de salud y representan diversos niveles de peligro potencial, de acuerdo con su grado de exposición ante agentes infecciosos. Se dividen en:

◇ Materiales provenientes de salas de aislamiento

Residuos biológicos, excreciones, exudados o materiales de desecho provenientes de salas de aislamiento de pacientes con enfermedades altamente transmisibles. Se incluye a los animales aislados y cualquier tipo de material que haya estado en contacto con éstos.

◇ Materiales biológicos

Cultivos, muestras almacenadas de agentes infecciosos, medios de cultivo, placas de Petri, instrumentos usados para manipular, mezclar o inocular microorganismos, vacunas vencidas o inutilizadas, filtros de aire de áreas altamente contaminadas, etc.

◇ Sangre humana y productos derivados

Sangre de pacientes; bolsas de sangre inutilizadas, con plazo de utilización vencida o serología positiva; muestras de sangre para análisis; suero, plasma y otros subproductos. También se incluyen los materiales empapados o saturados con sangre; materiales como los anteriores aunque se hayan secado, incluyendo el plasma, el suero y otros, así como los recipientes que los contienen o que se contaminaron, como bolsas plásticas, tubos de venoclisis, etc.

\* Patológicos

Son los generados por distintos entes, humanos o animales, provenientes del contacto con estos mismos. Se clasifican así:

- ◇ Residuos anatómicos patológicos y quirúrgicos

Desechos patológicos humanos, incluyendo tejidos, órganos, partes y fluidos corporales, que se remueven durante las autopsias, la cirugía u otros, incluyendo las muestras para análisis.

- ◇ Residuos de animales

Éstos pueden ser cadáveres o partes de animales infectados, provenientes de los laboratorios de investigación médica o veterinaria, así como sus camas de paja u otro material.

- \* Punzocortante

Elementos punzocortantes que estuvieron en contacto con fluidos corporales o agentes infecciosos, incluyendo agujas hipodérmicas, jeringas, pipetas de Pasteur, agujas, bisturíes, tubos, placas de cultivos, cristalería entera o rota, etc. Se considera también cualquier objeto punzocortante desechado, aun cuando no haya sido utilizado.

- Desechos especiales

Son los que no están incluidos en las categorías anteriores y por alguna característica particular necesitan un manejo diferente, que se debe definir para cada caso.



## \* Desechos químicos

Son generados durante las actividades auxiliares de las instalaciones de salud y que no han estado en contacto con fluidos corporales ni con los agentes infecciosos. Constituyen un peligro para la salud por sus características propias, tales como: corrosividad, reactividad, inflamabilidad, toxicidad, explosividad.

También se incluyen en esta categoría los fármacos vencidos que presentan características similares de peligrosidad. Los desechos químicos pueden subdividirse en varias categorías:

### ◇ Inflamables

Un líquido con un punto de ignición menor de 60°C es un desecho inflamable. Un sólido es un desecho inflamable si es capaz de ocasionar un incendio por fricción o por absorción de humedad, o producir un cambio químico espontáneo que puede generar un incendio energético y persistente. Un oxidante es un desecho inflamable. También se incluye en esta categoría a todo gas comprimido inflamable.

### ◇ Corrosivos

Es un desecho que produce una erosión debida a los agentes químicos presentes. Las soluciones acuosas que tienen un pH menor o igual a 2, o mayor o igual a 12.5, son consideradas desechos corrosivos.

#### ◇ Reactivos

El término reactivo define la capacidad de producir una reacción química. Sin embargo, por desecho reactivo se entiende comúnmente un material normalmente inestable, que presenta un cambio químico violento sin detonar, susceptible de reaccionar violentamente con el agua para formar mezclas potencialmente explosivas, o capaz de generar gases peligrosos o potencialmente mortales.

#### ◇ Tóxicos

Un desecho que puede causar daños de variada intensidad a la salud humana, si se ingiere, inhala o entra en contacto con la piel.

#### ◇ Citotóxicos

Un desecho tóxico para las células con características cancerígenas, mutagénicas o capaz de alterar material genético.

#### ◇ Explosivos

Son los que pueden ocasionar una reacción química violenta, que se desarrolla en un brevísimo lapso de tiempo y produce un estallido.

- Desechos radiactivos

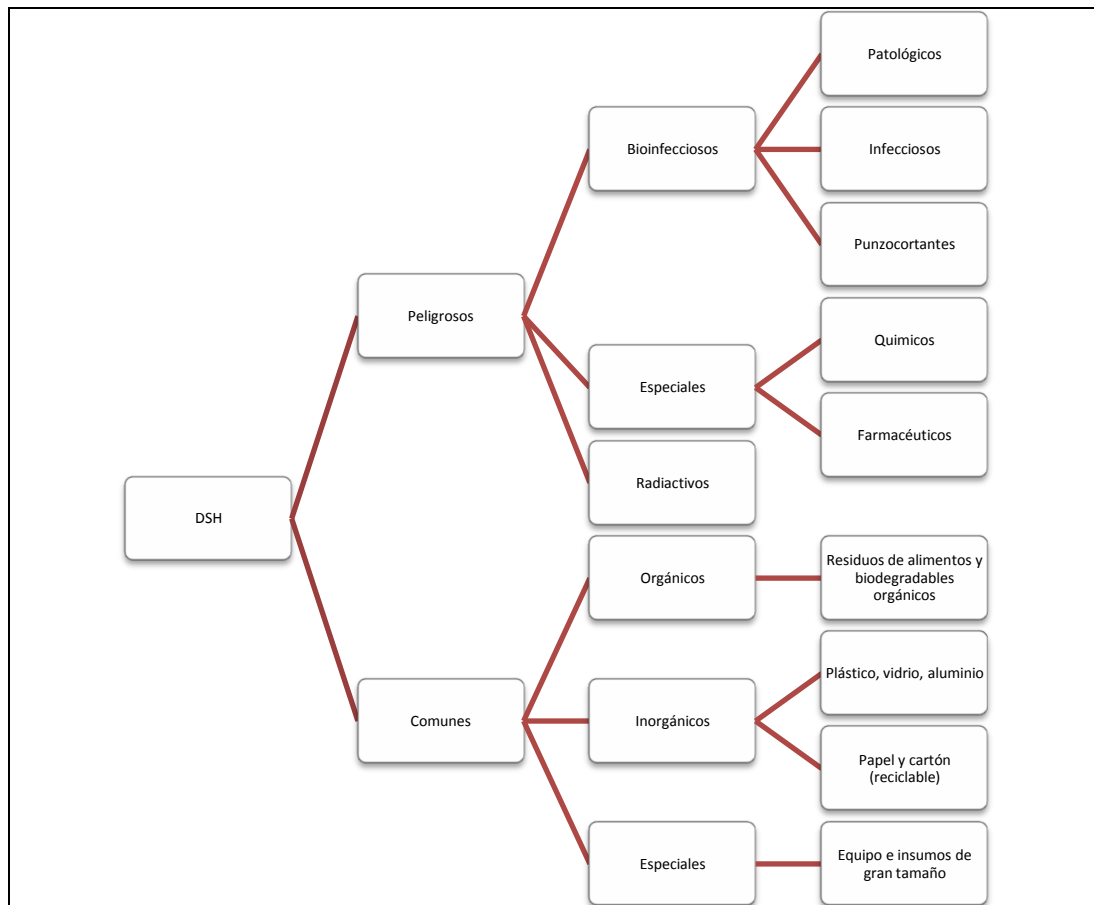
Cualquier tipo de residuo con características radiactivas o contaminadas con radionucleidos es considerado un desecho radiactivo. Son generados en laboratorios de investigación química y biológica, en laboratorios de análisis clínicos, en los servicios de radiología y servicios de medicina nuclear.

Estos desechos pueden ser sólidos o líquidos e incluyen materiales o sustancias contaminadas comúnmente utilizadas en los procedimientos clínicos o de laboratorio: jeringas, frascos, orina, heces, papel absorbente, etc.

A diferencia de los otros desechos peligrosos, éstos no pueden ser tratados con métodos químicos o físicos y tienen que ser aislados durante el tiempo necesario para alcanzar el decaimiento de su actividad. Generalmente su disposición final se hace en contenedores con paredes gruesas de concreto, enterrados. En Guatemala estos DSH son manejados por el Ministerio de Energía y Minas.

La figura 2 muestra el diagrama de la clasificación de desechos sólidos hospitalarios.

Figura 2. **Clasificación de desechos sólidos hospitalarios**



Fuente: elaboración propia.

### 1.5.2. Cantidad promedio de residuos generados por los diferentes servicios

De acuerdo a la estadística registrada por el MSPAS, en cuanto a la generación de DSH a nivel general en todos los servicios de salud de los tres niveles de atención, desde puestos, centros, hospitales y otros servicios, se tienen los datos del 2009 y 2010.

La tabla III muestra la producción de DSH en el 2009, de los desechos bioinfecciosos, punzocortantes, especiales y comunes.

Tabla III. **Producción nacional de DSH anuales (libras) 2009**

	<b>Bioinfeccioso</b>	<b>PC</b>	<b>Especial</b>	<b>Común</b>
<b>Total hospitales</b>	3 017 675,30	532 530,94	177 510,31	14 200 824,96
<b>Total unidades nacionales</b>	196 866,94	34 741,22	11 580,41	926 432,64
<b>Total centros y puestos (áreas)</b>	2 504 584,91	441 985,57	147 328,52	11 786 281,92

Fuente: MSPAS, Guatemala.

De acuerdo con los datos de la tabla III se observa que los desechos con mayor incidencia dentro de la red de servicios del MSPAS son los comunes, pero con la única salvedad de que éstos no son factores determinantes en daños hacia el medio ambiente y la salud, por lo que el de mayor incidencia es el desecho bioinfeccioso.

La tabla IV muestra la producción estimada de DSH en el 2009, incluyendo la red de servicios y sin incluir las unidades nacionales.

Tabla IV. **Producción nacional estimada de DSH en libras/año para 2009**

	<b>Bioinfeccioso</b>	<b>PC</b>	<b>Especial</b>	<b>Común</b>
Total DSH: producción estimada en libras de red de servicios del MSPAS	5 719 127,15	1 009 257,73	336 419,24	26 913 539,52
Total DSH: producción estimada en libras de red de servicios del MSPAS (sin incluir unidades nacionales)	5 522 260,21	974 516,51	324 838,84	25 987 106,88

Fuente: MSPAS, Guatemala.

Cada día se ve incrementada la demanda de servicios en la red hospitalaria, tal y como se comprueba en las tablas V y VI, teniendo un crecimiento aproximado de 105% en la generación de desechos sólidos hospitalarios bioinfecciosos.

Tabla V. **Producción nacional de DSH anuales (libras) 2010**

	<b>Bioinfeccioso</b>	<b>PC</b>	<b>Especial</b>	<b>Común</b>
<b>Total hospitales</b>	6 212 860,92	887 551,56	532 530,94	10 118 087,78
<b>Total unidades nacionales</b>	405 314,28	57 902,04	34 741,22	660 083,26
<b>Total centros y puestos (áreas)</b>	5 156 498,34	736 642,62	441 985,57	8 397 725,87

Fuente: MSPAS, Guatemala.

La tabla VI muestra la producción estimada de DSH en el 2010, considerada por el MSPAS.

**Tabla VI. Producción nacional estimada de DSH en libras/año para 2010**

	<b>Bioinfeccioso</b>	<b>PC</b>	<b>Especial</b>	<b>Común</b>
Total DSH: producción estimada en libras de red de servicios del MSPAS	11 774 673,54	1 682 096,22	1 009 257,73	19 175 896,91
Total DSH: producción estimada en libras de red de servicios del MSPAS (sin incluir unidades nacionales)	11 369 359,26	1 624 194,18	974 516,51	18 515 813,65

Fuente: MSPAS, Guatemala.

El MSPAS cuenta con cuarenta y tres hospitales, veintinueve áreas de salud y cuatro unidades nacionales. Dentro de las áreas de salud se tienen 1 306 servicios pertenecientes al primer y segundo nivel de atención, en donde el 80% de éstos son relacionados a la atención ambulatoria, por lo que la cantidad de DSH generada es menor.

### **1.5.3. Cantidad de toneladas diarias y mensuales**

Según las tendencias de los últimos 3 años, se observa un crecimiento anual en la generación de DSH, de la cual el hospital debe prepararse para manejarlos. De acuerdo a las estadísticas del 2010 se observan las cantidades diarias y mensuales que se producen en el Hospital Roosevelt, en la tabla VII.

Tabla VII. **Producción diaria y mensual de DSH en el Hospital Roosevelt**

<b>Tipo de desecho</b>	<b>Producción lb/día</b>	<b>Producción lb/mes</b>	<b>Producción lb/año</b>
Común	5 058	151 747	1 820 958
Bioinfeccioso	3 233	96 985	1 163 814
Punzocortante	463	13 896	166 749
Especial	276	8 291	99 492

Fuente: control interno, Hospital Roosevelt, Guatemala.

#### **1.5.4. Análisis de gastos actuales**

El Hospital Roosevelt comenzó a dar tratamiento a sus desechos hasta en el 2002, con apoyo de la planta de incineración en el cementerio La Verbena.

En tal sentido, si bien el gasto no era cargado al presupuesto del hospital, si pertenecía al MSPAS, ya que la planta, es administrada por el Área de Salud Guatemala Central. Los procesos y procedimientos para el funcionamiento de la planta se fundamentan en los lineamientos establecidos en el marco legal de los desechos sólidos hospitalarios y están definidos en forma diferenciada como procesos administrativos, de operación y mantenimiento.

En el 2003 se implementó una tarifa intra-institucional de Q 500,00 al mes, para compensar la recolección, transporte e incineración de los DSH del Hospital Roosevelt, llevados a la planta La Verbena, se utilizaban en la compra de combustible para el camión y su mantenimiento.



Sin embargo, para el 2009 se estableció en el hospital la contratación de un servicio, debido al continuo colapso de la planta La Verbena, ya que la misma sobrepasaba la capacidad instalada que tiene, con la cantidad de DSH que recibe, siendo el Hospital Roosevelt, uno de los más significativos en cuanto a la producción de DSH que en esa planta se tratan.

Para el efecto se realizó un evento de licitación, mismo que fue adjudicado a la empresa Ecotermo de Guatemala S.A., por un monto de Q 180 000,00. El contrato incluye el tratamiento de 72 000 libras en un período de un año.

Para solventar la problemática derivada de los colapsos recurrentes del área de salud, en donde la acumulación de desechos en el centro de acopio del hospital, representaban un riesgo considerablemente alto, se procedió a la contratación en mención, en donde la cobertura se limita a 6 000 libras por semana a través de un contrato por los servicios de recolección y tratamiento; lo cual cubre parcialmente la producción de dos o tres días completos por mes; o bien, de los desechos punzocortantes generados.

En ese sentido se ha reducido la cantidad de desechos enviados al área de salud, y se han minimizado los efectos negativos relacionados a la saturación del centro de acopio del hospital, en los momentos de colapso de la planta La Verbena. Sin embargo, siguen utilizando ese servicio, como principal tratamiento para los DSH que generan.

## **1.6. Características de los principales prestadores del servicio**

En Guatemala hay dos empresas prestadoras de servicios de manejo de desechos sólidos hospitalarios. La empresa Biotrash (Alcances Médicos S.A.) y la empresa Ecotermo de Guatemala S.A. Ambas cubren la oferta existente en el país, respecto al manejo, tratamiento y disposición final de desechos sólidos hospitalarios; y la planta La Verbena, que presta servicio a 9 hospitales nacionales y 19 centros asistenciales de salud.

### **1.6.1. Empresas prestadoras del servicio en Guatemala**

Antes de describir las empresas prestadoras de servicios, es importante indicar, que el Sector de Salud Pública, cuenta a la fecha, con 1 306 servicios, distribuidos en los diversos niveles de atención, de la forma siguiente:

- Primer nivel de atención → 962 servicios
- Segundo nivel de atención → 301 servicios
- Tercer nivel de atención → 43 servicios

Entendiendo por primer nivel de atención los puestos de salud, en donde se da atención ambulatoria y se realizan jornadas de vacunación, el segundo nivel de atención ya cuenta con servicios de mayor complejidad y por tanto mayor cantidad de DSH generados; y el tercer nivel contempla la atención hospitalaria.

Para cubrir este sector, adicional al sector público, se cuenta en el país, únicamente con dos empresas del sector privado:

- Biotrash

Esta empresa inició operaciones en el 2002, como Alcances Médicos, S.A., prestando los servicios de esterilización de desechos mediante el uso de autoclave y trituración de éstos, más el almacenamiento de los mismos en cuarto frío. Cuenta con una planta ubicada en El Frutal, con un área de administración y una de operación.

Actualmente la empresa cubre, en el campo del tratamiento de los desechos sólidos hospitalarios del sector público, un 29% de la red de servicios de Salud Pública. A éstos les presta asistencia de recolección en periodos de dos a tres días por semana y tratamiento mediante desinfección con autoclave, trituración y enterramiento de residuos en el vertedero de Amatitlán.

- Ecotermo

Esta empresa inició operaciones en el 2002 como Ecotermo de Guatemala S.A., prestando los servicios de incineración, contando en un principio con dos incineradores en toda la planta. Actualmente cubre el 39% del mercado relacionado a entes generadores del sector público, entre ellos, el Hospital Roosevelt. A estos se les da el servicio de capacitación del personal, recolección dos o tres veces por semana, tratamiento por medio de incineración para todo tipo de desecho y disposición final de cenizas y residuos.

La planta de incineración La Verbena, es parte de los servicios del MSPAS para algunos de sus propios hospitales, es importante mencionar que cubre el 12% de los servicios, con recolección semanal y tratamiento mediante incineración y disposición final.

### **1.6.2. Método de tratamiento de desechos sólidos que se ofertan en el mercado nacional**

De acuerdo a su composición y clasificación, los desechos deben ser tratados en forma específica, de manera que; los desechos especiales, por no ser infecciosos, pero representar riesgo por su contenido, deben ser tratados en base al mismo, a su composición y configuración; y es recomendable darles un tratamiento a través de la trituración y su posterior disposición mediante enterramiento.

Por otra parte, los desechos punzocortantes, por el riesgo que representan a la salud de las personas, y considerando la composición y clasificación de los mismos; es recomendable el tratamiento de estos mediante la incineración, o bien, de forma más específica, la desinfección térmica, y la posterior trituración, disponiendo los residuos del proceso por enterramiento.

Se recomienda el tratamiento más específico para este tipo de desecho, en el sentido de que, la mayoría de jeringas y elementos son, o bien derivados metálicos o de plásticos tipo PVC, que al ser incinerados pueden generar gases contaminantes en el ambiente.

Los desechos bioinfecciosos, por su parte, son desechos que deben ser incinerados, contemplando temperaturas de 800°C a 1 300°C, en equipos adecuados para el efecto, considerados para desechos tipo cuatro, de doble cámara, cómo mínimo.

Actualmente, se presentan dos tipos de oferta para tratamiento general de DSH. El tratamiento por incineración, y el tratamiento por desinfección y trituración.

No existe una empresa que oferte servicios variados de tratamiento según tipo de desecho, ni que genere mayor competencia para tener mayores variables de precios en el mercado.

### **1.7. Comportamiento y análisis de los precios**

En el 2002, cuando se inició la actividad empresarial en el país, respecto al manejo de DSH, colocándose en el mercado, dos empresas que ofertaran tales servicios, siendo las únicas existentes a la fecha, en su ramo; los precios al inicio fueron de Q 7,00 a Q 8,00 por libra, lo que representaba un elevado costo de tratamiento al Estado.

La tabla VIII muestra el comportamiento de los precios y la adquisición del servicio en el sector público.

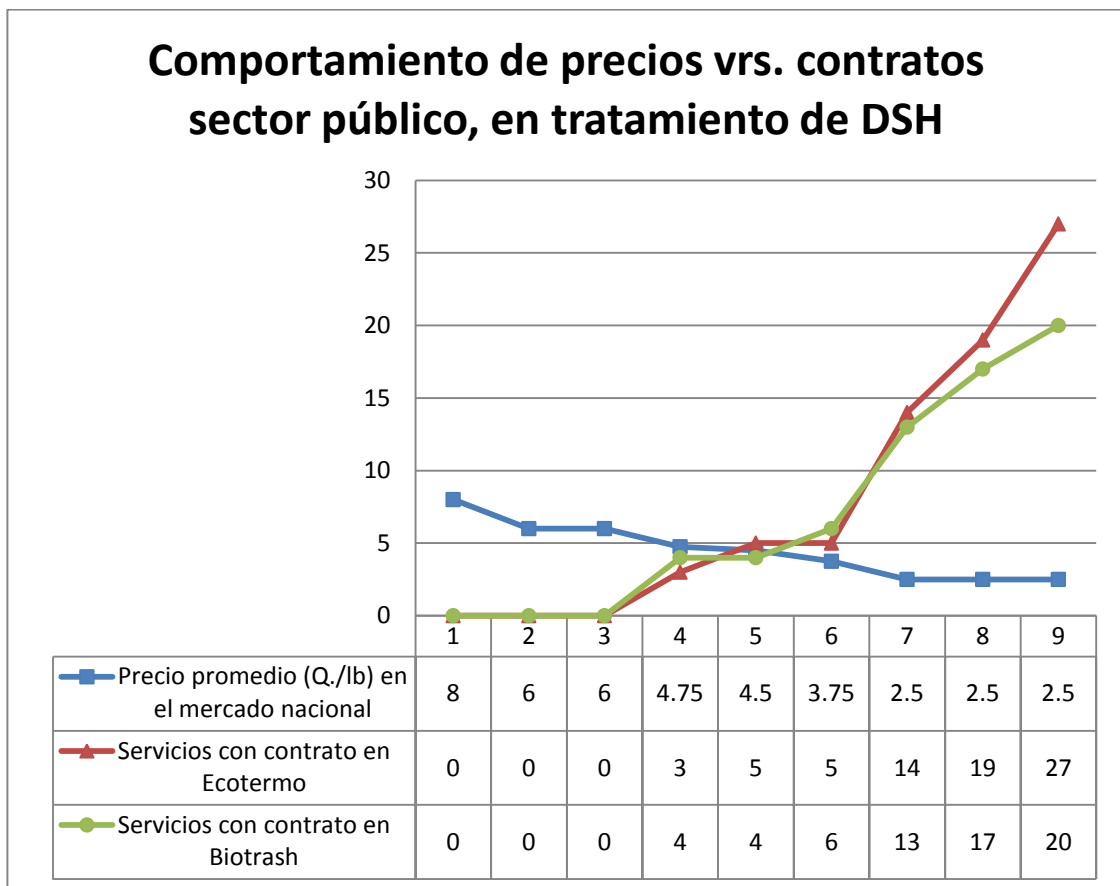
Tabla VIII. **Comparación de precios de tratamiento de DSH y demanda del servicio**

Año	Precio promedio (Q/Lb) en el mercado nacional	Servicios con contrato en Ecotermo	Servicios con contrato en Biotrash
2002	8,00	0	0
2003	6,00	0	0
2004	6,00	0	0
2005	4,75	3	4
2006	4,50	5	4
2007	3,75	5	6
2008	2,50	14	13
2009	2,50	19	17
2010	2,50	27	20

Fuente: estadísticas internas, Hospital Roosevelt.

La figura 3 representa el comportamiento de la demanda del servicio de tratamiento de DSH con distintas variaciones del precio del servicio.

Figura 3. **Comportamiento de precios vrs. contratos sector público, en tratamiento de DSH**



Fuente: estadísticas internas, Hospital Roosevelt.

Como puede observarse, conforme el precio promedio fue disminuyendo en el mercado, dentro del sector público, fue aumentando la demanda del servicio.

Esto puede también compararse al hecho, de que en el 2007 se inició el proceso de auditoría de gestión ambiental, a servicios de salud en la red del MSPAS, por parte de la Contraloría General de Cuentas, en la que se evaluaba el cumplimiento de la norma correspondiente, y se definió específicamente la obligatoriedad de la contratación de servicios para tratamiento de DSH, de no contar con un sistema propio y adecuado.

Es importante hacer mención, que cada empresa tiene diferentes paquetes de servicios que ofrecen a los diversos sectores del país, y que en el actual estudio se relacionan precios ofertados a servicios públicos, de acuerdo a información proporcionada en el MSPAS, ya que, a entes generadores privados y a industria farmacéutica, son otros precios y paquetes los que se manejan.

### **1.8. Ventaja competitiva**

El hecho de que existan en el mercado de los DSH únicamente dos empresas que prestan servicios de tratamiento de DSH, no presta una ventaja competitiva significativa, ya que los precios que se ofrecen para el sector público, varían en un rango de dos a cinco centavos diferenciales, de una a otra oferta. El mercado se segmenta dentro de los servicios que las dos empresas existentes ofrecen, y por tanto, cada empresa maneja su sector como considera mejor, sin dar lugar a una competitividad marcada o específica.



## 2. ESTUDIO TÉCNICO

Uno de los principales sistemas de tratamiento de desechos sólidos hospitalarios es la incineración. La importancia de contar con un tratamiento propio es de vital importancia debido a la producción elevada de desechos que el Hospital Roosevelt genera anualmente, para lo que el tratamiento por incineración es una de las opciones más factibles por el control de las temperaturas, la eliminación de componentes patógenos, la desintegración de sólidos en cenizas, el fácil manejo de la maquinaria y la reducción del volumen de desechos.

Gran cantidad de países desarrollados cuentan con sistemas de incineración en hospitales debido a que es una opción que al ser tratada cuidadosamente por parte de los agentes contaminantes, genera bastantes beneficios.

El manejo adecuado de los desechos no es únicamente la incineración de ellos sino también la implementación de planes de recolección, selección y transporte de los desechos que se generan en los diferentes servicios del hospital, hasta el centro de acopio donde se encuentra ubicado el incinerador, dando lugar al reciclaje de algunos desechos que por su naturaleza pueden ser renovados y volverse a usar.

La incineración es contraria a la quema a cielo abierto, su característica principal es la anti polución, la cual se rige por temperaturas, presiones, humedades y flujos gaseosos desarrollados en las dos cámaras necesarias, que son la cámara primaria y secundaria.

## 2.1. Tipos de tratamiento de desechos sólidos hospitalarios

Dentro de las tecnologías disponibles para el tratamiento de los DSH, se pueden mencionar: incineración, autoclave, desinfección por microondas y enterramiento en relleno sanitario.

El tratamiento de los desechos hospitalarios se efectúa para lograr los siguientes resultados:

- Eliminar el potencial infeccioso o peligroso de los desechos, previo a su disposición final.
- Reducir su volumen.
- Volver irreconocibles e irrecuperables los DSH de cirugía.
- Impedir el reuso inadecuado de artículos reciclables.
  - Incineración

La incineración de desechos sólidos hospitalarios es un sistema de tratamiento que consiste en quemar a altas temperaturas los desechos sólidos, con lo que se reduce su volumen un 90% y su peso hasta un 75%. De esta combustión resultan cenizas, escoria o residuos inertes y gases tóxicos.

Una de las grandes ventajas es que esos residuos quemados se utilizan como energía en forma de calor, aunque sólo se pueda aprovechar un bajo porcentaje del calor para convertirlo en energía aprovechable (en torno a un 20%).

Sin embargo, la operación y mantenimiento del equipo de incineración demanda una inversión considerable de recursos monetarios, por lo que este equipo es usado normalmente por países desarrollados que tienen suficientes recursos económicos para desarrollar estas tecnologías para el tratamiento de la basura. Otros de los inconvenientes que tiene, son los siguientes:

- \* Altos costes de explotación.
  - \* Sistema de tratamiento de gases complejo y costoso.
  - \* Las cenizas son altamente tóxicas y necesitan un vertedero especial.
  - \* Tiempos de preparación del proyecto y de construcción bastante largos.
  - \* Viable únicamente a gran escala.
  - \* Rechazo social.
- Enterramiento en relleno sanitario

Es una técnica de eliminación final de residuos sólidos en el suelo (incluidos algunos lodos) que no causa molestias a la comunidad ni riesgos para la salud tanto durante su operación como después de terminado. La técnica se basa en el principio de compactar los desechos sólidos en capas cubriendo cada capa con material adecuado conforme avanza la operación.

Los requisitos que exige el enterramiento son los siguientes:

- \* Supervisión permanente del relleno sanitario, mientras se está rociando o recubriendo con desechos.
- \* Los residuos deben compactarse en capas de 15 a 30 cm.

- \* La profundidad del relleno no debe ser excesiva, probablemente no más de 2,50 m.
  - \* Todo desecho hospitalario recibido diariamente debe quedar cubierto con una capa temporal de tierra o material similar de por lo menos 0,60 m de espesor.
  - \* Adoptar medidas para evitar el esparcimiento de papeles u otro tipo de desperdicios fuera del recinto del relleno sanitario.
  - \* Impermeabilizar el lecho para evitar que los lixiviados contaminen el agua subterránea.
  - \* Establecer una planta de tratamiento de desechos líquidos para tratar los lixiviados.
- o Tipos de rellenos sanitarios

Los tres principales tipos de relleno sanitario son: relleno de área, de zanja y combinado o rampa, los cuales tienen distintas técnicas de operación, pero similares. Normalmente, las condiciones y características de los terrenos exigen una operación combinada de los distintos sistemas, tendientes a un mejor aprovechamiento de la disponibilidad del terreno, material de recubrimiento y rendimiento de los equipos de operación.

- \* Relleno sanitario tipo área

El relleno de área normalmente se emplea cuando se dispone de terrenos con depresiones y hondonadas naturales y artificiales, canteras, pozos producidos por extracción de materiales (ripio, arena, arcilla), lugares pantanosos o marismas, terrenos adyacentes a los ríos u otros similares.

- \* Relleno sanitario tipo zanja o trinchera

Este tipo de relleno sanitario es probablemente uno de los más prácticos y apropiados, ya que su operación es sencilla y la escasez de material de recubrimiento no produce problemas siempre que el terreno para este sistema de disposición final sea convenientemente elegido.

- \* Relleno sanitario tipo combinado o rampa

El relleno tipo combinado se opera en forma similar a los rellenos de área y zanja, pero los desperdicios descargados se extienden sobre una rampa, se apisonan y recubren diariamente con una capa de material de 0,15 m de espesor. La rampa debe tener una pendiente de unos 30° de inclinación.

Terminada la operación y alcanzado el nivel previsto, se recubre con una capa de tierra, o material similar, de 0,60 m de espesor. El método de rampa se utiliza en terrenos de declive moderado o en aquellos que tienen una capa delgada de material susceptible de ser usado para recubrimiento o como sello del relleno.

- Desinfección por microondas

Proceso por el cual se aplica una radiación electromagnética de corta longitud de onda a una frecuencia característica. La energía irradiada a dicha frecuencia afecta exclusivamente a las moléculas de agua que contiene la materia orgánica, provocando cambio en sus niveles de energía manifestados a través de oscilaciones a alta frecuencia, las moléculas de agua al chocar entre sí friccionan y producen calor elevando la temperatura del agua contenida en la materia, causando la desinfección de los desechos.

La aplicación de esta tecnología implica una trituración y desmenuzamiento previo de los residuos biocontaminados. A fin de mejorar la eficiencia del tratamiento, al material granulado se le inyecta vapor de agua y es transportado automáticamente hacia la cámara de tratamiento, donde cada partícula es expuesta a una serie de generadores de microondas convencionales que producen el efecto mencionado anteriormente. El producto final tratado está preparado para ser depositado en el relleno sanitario o ser enviado a plantas de reciclaje y aprovechamiento de residuos. El volumen de los residuos se reduce en un 60%.

El equipo está conformado por cuatro elementos, el primero consiste en un sistema de carga automático que permite que el operador no entre en contacto con los desechos. Este elemento levanta los residuos sólidos hasta una cámara en la parte superior del equipo, donde los desechos son triturados previamente al proceso de manera de tener una masa homogénea de residuos.

Debido al principio de funcionamiento del microondas, luego de la trituración, se inyecta vapor de agua al desecho con la finalidad de elevar la humedad de los mismos de 60 hasta 90% aproximadamente.

Logrado esto, los desechos son transportados mediante un tornillo sin fin hasta los generadores de microondas; éstos se irradiarán con ondas de alta frecuencia durante 30 min. Las temperaturas de operación son de 95°C. En estas condiciones los residuos quedarán desinfectados. Finalmente, los residuos ya tratados son colocados en un contenedor para ser evacuados por un camión recolector municipal y listo para ser enterrados.

Este nuevo sistema de tratamiento reduce los volúmenes de los residuos biocontaminados mediante un triturador a un 60%. Hay ausencia de emisiones peligrosas; sin embargo, podrían liberarse de la cámara de tratamiento materiales volátiles durante la operación. Hay ausencia de vertidos líquidos y el producto final es irreconocible.

En general, el impacto ambiental que ofrece este tratamiento es relativamente bajo. Sin embargo, posee complejidad operativa, requiere de un triturador y de una batería de generadores de microondas, de un elevador, de un transportador sin fin, y de altas demandas de energía eléctrica (60 Kw para un tratamiento de 100 Kg/h).

Dada la capacidad mínima de tratamiento de esta tecnología, técnicamente tendría su aplicación para un solo establecimiento, pues en las capacidades que actualmente se fabrican (de 100 a 250 Kg/h) quedan subdimensionados.

- Autoclave, esterilización a vapor

Proceso que utiliza vapor saturado a presión en una cámara dentro del cual se someten los residuos sólidos a altas temperaturas con la finalidad de destruir los agentes patógenos que están presentes en los residuos.

El autoclaveado es el método más conocido de esterilización a vapor, se caracteriza por tener una chaqueta de vapor, que rodea a la cámara de presión (cámara de esterilización); la chaqueta es abastecida con vapor luego de cargar los residuos biocontaminados, una vez que la autoclave está cargada y cerrada se hace ingresar vapor a la cámara de esterilización.

La temperatura y el tiempo son los parámetros fundamentales para la eficacia de este tratamiento. Las temperaturas de operación deben estar entre 135 a 137° C, por un tiempo de 30 minutos como mínimo.

El equipo consiste en una cámara hermética, de acero inoxidable, dentro de la cual se colocan los desechos, esta cámara puede resistir altas presiones y vacíos. En esta cámara se colocan los residuos a ser esterilizados; en primer lugar se produce vacío para extraer el aire de la cámara, luego se inyecta vapor de agua en el interior, a fin de evitar la formación de burbujas de aire donde la temperatura no alcanza el nivel adecuado; nuevamente se realiza un segundo vacío extrayendo el contenido de aire y vapor de la cámara. Se prevé que en este momento la cámara no tendrá bolsas de aire, inmediatamente después se inyecta vapor.

Un sistema controla el incremento de la temperatura hasta 137°C, momento en el cual comienza a contar el tiempo de tratamiento de 30 minutos. Si por algún motivo la temperatura decae de 137°C el tiempo se inicia nuevamente en cero. Una vez que el tiempo de 30 minutos ha transcurrido se inicia un último vacío extrayendo el vapor contenido en la cámara bajo la forma de condensados por un lapso de 15 minutos. En este instante, a altas temperaturas, y bajas presiones se produce un proceso físico químico que consiste en la evaporación súbita y sublimación del agua contenida en los residuos sólidos. La humedad final de los desechos se recomienda sea del 5%.



Una vez finalizada esta parte del proceso se extraen los residuos de la cámara totalmente esterilizados.

Los esterilizadores a vapor convencionales son estáticos, lo que provoca que en el interior de las cámara de esterilización se puedan formar bolsas de aire, en éstas las temperaturas en ocasiones no llegan a las adecuadas, sin embargo existen equipos rotativos que efectúan el mismo proceso que, además de homogenizar los desechos, evitan que se formen estas bolsas de aire.

Su utilización es aconsejable en los servicios donde se halla un potencial de generación de residuos sólidos biocontaminados. Sin embargo, las restricciones técnico económicas de su aplicación orientarían su uso a los establecimientos de salud que cuenten con red de vapor (calderas) o energía eléctrica disponible dada la alta demanda de potencia eléctrica requerida para la operación de las calderas eléctricas incorporadas en los modelos de autoclave de operación autónoma.

Con esta aplicación al no reducirse ni destruirse la masa, se recomienda utilizar un tratamiento posterior que haga irreconocible los residuos que salen de la autoclave (particularmente aplicable a jeringas, agujas e hipodérmicas), a fin de evitar su reúso ilegal propiciado por la segregación informal existente en los rellenos sanitarios. El tratamiento posterior más recomendable es la trituración. Los parámetros que se deben tener en cuenta para este tipo de tratamiento son la temperatura y tiempo, a fin de garantizar la esterilización completa de los residuos biocontaminados. Parámetros que se fijarán en función a las características operativas y a los tipos de patógenos que se desea esterilizar.

### 2.1.1. Ventajas y desventajas de los tipos de tratamientos

- Incineración

#### Ventajas

- Reduce el volumen en un 90%
- Destrucción total de patógenos, si opera a las temperaturas requeridas
- No hay necesidad de acondicionar los residuos previamente al proceso
- Se puede contar con sistemas móviles de incineración
- Se pueden tratar los residuos comunes y biocontaminados

#### Desventajas

- Emisiones gaseosas peligrosas, con contenido de dioxinas, PCB's, SOx, NOx entre otros.
- Riesgos en la operación, se pueden provocar fogonazos, incendios y quemaduras al operador.
- Se requiere de personal entrenado y capacitado para su operación y Mantenimiento.
- Altos costos de operación (combustibles) y mantenimiento.

- Relleno Sanitario

#### Ventajas

- Es con frecuencia el sistema de eliminación de desechos sólidos más económico.
- La inversión inicial es baja comparada con la de otros métodos de eliminación.
- En el relleno sanitario se puede eliminar toda clase de desechos.

#### Desventajas

- Posible dificultad de conseguir el terreno adecuado
  - Facilidad de transformarse en botadero abierto
  - Necesita permanente supervisión
- Desinfección por microondas

#### Ventajas

- Reduce el volumen en un 60%.
- No hay necesidad de acondicionar los residuos previamente al proceso.
- Se puede contar con sistemas móviles.

- Se pueden tratar los residuos comunes y biocontaminados.
- Bajo riesgo en su operación.
- No hay efluentes ni emisiones gaseosas peligrosas.
- No usa productos químicos.
- El producto final es irreconocible.
- Olor y niveles de ruido muy reducidos.
- Su operación implica un bajo impacto ambiental por ausencia de emisiones peligrosas.
- No hay sobrecarga de los vertedores municipales, hay una mejora en las relaciones públicas con los vecinos del hospital.

#### Desventajas

- Se requiere de personal entrenado y capacitado para la operación y mantenimiento.
- Altos costos de inversión y mantenimiento.
- Las temperaturas de tratamiento (95°C) no eliminan todo el espectro de patógenos presentes en los residuos.

- Autoclave

### Ventajas

- Reduce el volumen en un 40%, con un sistema complementario de trituración de desechos se alcanza hasta un 70%.
- Destrucción total de patógenos si se opera a las temperaturas, presiones y tiempos adecuados.
- No hay necesidad de acondicionar los residuos previamente al proceso.
- Se puede contar con sistemas móviles de esterilización a vapor.
- Bajo costo de inversión, operación y mantenimiento.
- Tiene efluentes estériles.
- Fácil operación.

### Desventajas

- Riesgos de quemaduras en caso de mala operación.
- Requiere de una línea de vapor o una fuente de energía barata para que sus costos de operación sean convenientemente bajos.
- El sistema requiere de un sistema complementario de destrucción de desechos (trituración).

- Luego de ser procesados, los residuos quedan reconocibles por tanto hay el peligro de reuso.

#### Criterios técnicos para la selección del tipo de tratamiento a adoptar

En la selección de una alternativa de tratamiento es necesario realizar un análisis comparativo de los parámetros más relevantes de cada proceso considerando las ventajas y desventajas de cada uno de ellos.

La elección de tecnologías de tratamiento debe ser hecha en función al buen conocimiento del tipo de residuos que se va a manejar y del objetivo que se pretenda alcanzar con el tratamiento. El tratamiento de los residuos hospitalarios se efectúa por diversas razones:

- Reducir su volumen
- Volver irreconocibles los desechos de la cirugía (partes corporales)
- Impedir la inadecuada reutilización de artículos reciclables

Efectuar la descaracterización física de los residuos, a fin de evitar que los éstos se reconozcan como residuos hospitalarios. Antes de elegir un tratamiento es necesario realizar la clasificación de residuos de acuerdo a la normativa nacional. De esta manera el manejo de residuos hospitalarios será eficaz en el control de riesgos para la salud.

Si se logra una clasificación adecuada mediante entrenamiento, estándares claros y una fuerte puesta en práctica, los recursos pueden destinarse al manejo de la porción pequeña de residuos que necesita tratamiento especial.

La clasificación de los residuos generados en los hospitales se basa principalmente en su naturaleza y en sus riesgos asociados, así como en los criterios establecidos por el Ministerio de Salud y Asistencia Social a través de la Norma técnica de manejo de residuos hospitalarios.

## **2.2. Ubicación del proyecto**

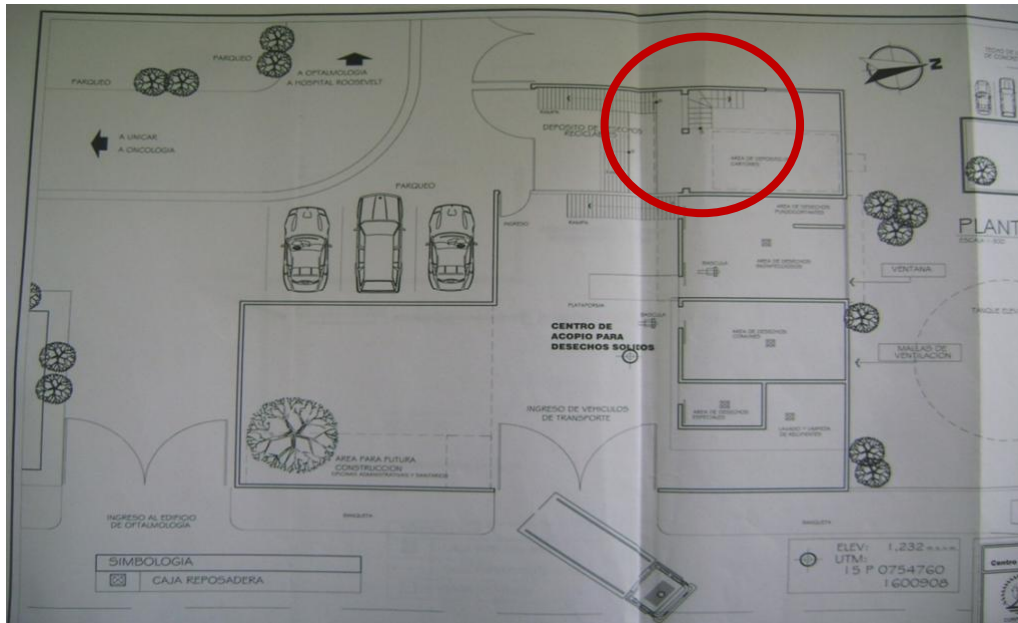
El presente estudio de tesis, evalúa las alternativas para el diseño de un sistema de tratamiento propio para el Hospital Roosevelt. El mismo consistiría en un sistema de tratamiento integral para los DSH que el hospital genera, y en ese sentido, se considera que el sistema estaría ubicado en la parte posterior al hospital, del lado que colinda hacia la quinta avenida de la zona 11, considerando que en esa área se encuentra el centro de acopio, el área de máquinas, con una lavandería industrial al extremo opuesto, el área de calderas y un área de terreno libre para la implementación del equipo necesario para el funcionamiento del proceso.

### **2.2.1. Área para la instalación del proyecto**

El área disponible para la instalación del proyecto es de 1 200 metros cuadrados, en una extensión plana de 40 x 30 metros, colindante al muro perimetral del lado de la quinta avenida, posterior al lugar en donde se encuentra el centro de acopio de DSH del hospital.

En la figura 4 se muestra la ubicación del proyecto con una vista de planta.

Figura 4. **Ubicación del proyecto**



Fuente: elaboración propia.

### 2.3. Proceso

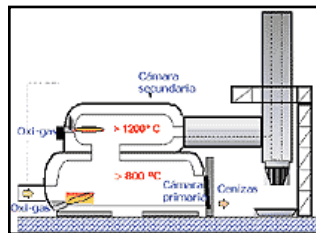
#### Incineración

Es un proceso de oxidación química en el cual los residuos son quemados bajo condiciones controladas para oxidar el carbón e hidrógeno presentes en ellos, destruyendo con ello cualquier material con contenido de carbono, incluyendo los agentes patógenos.



La figura 5 muestra el equipo de incineración, que consta principalmente de una cámara primaria, una secundaria, quemadores, chimenea y filtros de aire.

Figura 5. **Proceso de incineración**



Fuente: Abelló Linde, S.A., España. [www.abello-linde-sa.es/](http://www.abello-linde-sa.es/) 19/02/2011.

Los gases de combustión son venteados a través de una chimenea, mientras que los residuos convertidos en cenizas son removidos periódicamente para su disposición final en el relleno sanitario.

Para tratar los residuos biocontaminados por este método, los parámetros que se deben tener en cuenta y que tienen influencia en la eficacia del tratamiento son: en primer lugar el dispositivo debe contar con dos cámaras o más de incineración, la primera cámara debe alcanzar temperaturas entre 600°C y 850°C, temperatura a la cual combustionarán los desechos con contenido de carbono e hidrógeno, la cámara secundaria y subsecuentes deben alcanzar temperaturas superiores a 1 200°C, donde los gases provenientes de la cámara primaria con contenido de gases tóxicos de la quema de plásticos (Dioxinas, PCB's, SOx, NOx entre otros) romperán sus cadenas químicas logrando un efluente con un mínimo de emanaciones peligrosas.

La incineración de residuos biocontaminados requiere de temperaturas y tiempos de exposición mínimas para asegurar la destrucción de todos los microorganismos presentes. Temperaturas del orden de los 1 200°C en la cámara de combustión secundaria con tiempos de residencia del orden de un segundo permitirá obtener una adecuada incineración de los elementos tóxicos generados en la cámara primaria.

La composición de los residuos y la tasa de alimentación de los residuos al incinerador, son aspectos fundamentales para una correcta operación y una adecuada protección de la unidad de incineración. La regulación del contenido de humedad y de la proporción de plástico resulta necesaria para evitar variaciones excesivas de la temperatura que pudieran derivar en un tratamiento inadecuado o en daños al equipo.

Una solución conjunta no sólo incluye la incineración como método de tratamiento, sino también otras alternativas, por ejemplo el enterramiento controlado.

Los residuos comunes, cuando una buena práctica de segregación asegure que ellos están exentos de residuos biocontaminados, pueden derivarse directamente al recolector municipal, sin tratamiento adicional. Su utilización para el tratamiento de residuos sólidos biocontaminados resulta eficaz por la destrucción de los materiales orgánicos, incluyendo patógenos, además de reducir el volumen y masa de los residuos en un 80 a 95%, haciendo irreconocibles los residuos, para ser llevados a su disposición final en el área habilitada especialmente en el relleno sanitario.

El hecho de que con este tratamiento se haga irreconocibles los residuos, es particularmente relevante en nuestro país, donde la segregación informal de los residuos en los rellenos sanitarios y botaderos es una práctica común. Sin embargo, se debe contemplar el impacto ambiental que representa la operación de los incineradores.

La protección al medio ambiente que se exige en un esquema universalmente aceptado en nuestro tiempo de desarrollo sostenible, implica el implementar incineradores eficientes y que posean un equipo complementario para la limpieza de los gases de combustión, como factor determinante para su aplicación actual en los establecimientos de salud.

### **2.3.1. Descripción del funcionamiento de incineración**

Es precisa la medición en continuo y el registro de los parámetros de funcionamiento, tales como: la temperatura del horno de combustión, oxígeno gaseoso, presión y temperatura en gases de escape. En cuanto a las exigencias legales para asegurar la eficacia de destrucción de los contaminantes más críticos se debe considerar lo siguiente:

- El calor generado en el proceso de incineración deberá recuperarse en la medida de lo posible.
- Deben instalarse quemadores que se activen automáticamente cuando la temperatura de los gases de combustión descienda por debajo de la temperatura legalmente exigible.

- Disponer de un sistema que impida la alimentación del residuo cuando las medidas de control continuo de las emisiones sobrepasen los valores límites, por fallos en los dispositivos de depuración.
- Reducir las repercusiones de los fallos y averías, establecer sanciones, instalación obligatoria de sistemas para vigilar los parámetros y los límites de emisión, reducir al mínimo la cantidad y nocividad de residuos, autorizar todos los vertidos de aguas utilizadas y obligar a su análisis.

### **2.3.2. Análisis de temperaturas y tiempos de exposición de residuos**

La temperatura es una variable particularmente crítica y la necesidad de conseguir la destrucción prácticamente completa de los compuestos que confieren a los residuos su carácter peligroso, obliga a trabajar a valores suficientemente elevados de dicha variable.

La temperatura a la cual deberá trabajar la cámara primaria deberá ser de 800°C con un tiempo de exposición y residencia de 1 hora para lograr eliminar el nivel patógeno de los desechos.

La temperatura de los gases derivados de la incineración, tras la última inyección de aire de combustión, el cual se encuentra en la cámara secundaria se elevará por encima de 1 200°C, con tiempo de exposición de durante al menos 2 segundos con presencia mínima de 6 % oxígeno gaseoso, para evitar gases tóxicos. No obstante, si el residuo peligroso contiene más del 1% de sustancias orgánicas halogenadas (como cloro), la temperatura deberá elevarse hasta un mínimo de 1 300°C, para asegurar la destrucción de dioxinas y furanos productos de reacciones secundarias.

En el proceso de incineración se deberá controlar: la flama, la temperatura y el suministro apropiado de oxígeno. Para nuestro estudio, la cámara secundaria se debe trabajar a 1 300°C, debido que la emisión de gases y humos se debe controlar rigurosamente, como lo establece el Capítulo 6 del Acuerdo Gubernativo 509-2001, en las especificaciones técnicas para incineradores y rellenos sanitarios.

En la tabla IX se muestran los límites de calidad para emisión de humo provenientes de la chimenea de gases.

**Tabla IX. Límites de calidad para emisión de humo**

<b>Parámetro</b>	<b>Límite</b>
Polvo total	< 50 mg/Nm <sup>3</sup>
Ácido clorhídrico	< 50 mg/Nm <sup>3</sup>
Óxidos de azufre (como SO <sub>2</sub> )	< 200 mg/Nm <sup>3</sup>
Ácido fluorhídrico + ácido bromhídrico	< 3 mg/Nm <sup>3</sup>
Metales (As+Be+Cd+Cr+Hg+Mn+Ni+Pb+Sb)	< 5 mg/Nm <sup>3</sup>
Plomo	< 3 mg/Nm <sup>3</sup>
Cadmio	< 0.1 mg/Nm <sup>3</sup>
Mercurio	< 0.1 mg/Nm <sup>3</sup>
Cromo	< 0.2 mg/Nm <sup>3</sup>
Níquel	< 0.1 mg/Nm <sup>3</sup>
Policlorodibenzodioxinas (PCDD) + Policlorodibenzofuranos (PCDF)	< 0.001 mg/Nm <sup>3</sup>
Sustancias orgánicas (como carbono orgánico total)	< 10 mg/Nm <sup>3</sup>
Monóxido de carbono	< 100 mg/Nm <sup>3</sup>
Cianuros (como HCN)	< 3 mg/Nm <sup>3</sup>
Fósforo	< 5 mg/Nm <sup>3</sup>

Fuente: Unión Europea, Normas ambientales.

De acuerdo a la tabla anterior, se observa que los metales como el cadmio, mercurio, cromo y níquel son de los parámetros que se deben controlar cuidadosamente debido a su alta resistividad de destrucción, teniendo los límites más bajos con promedio de  $0,1 \text{ mg/Nm}^3$ .

### **2.3.3. Etapas de la incineración**

La incineración no es exactamente una combustión. Es un proceso muy complejo donde, evidentemente, la combustión juega un papel esencial.

Los sólidos, aunque su poder calorífico sea importante, no reaccionan con el oxígeno del aire como es obvio. Hay que someterlos a un determinado nivel de temperatura para que se inicien en una serie de reacciones químicas y físicas.

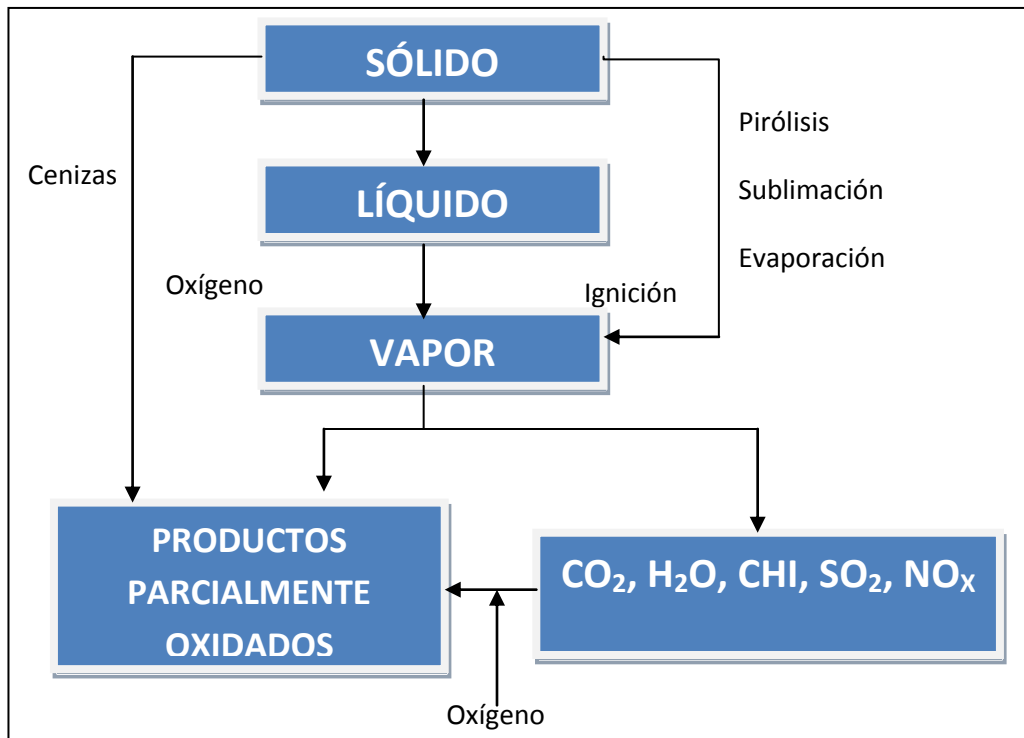
Para comprender el fenómeno de la incineración es necesario tener en cuenta a la vez las operaciones de transferencia de materia y transmisión de calor, tanto en la fase sólida como en la gaseosa, y entre ambas.

El calor desarrollado en la combustión, o bien el quemado inicial cuando se inicia la operación, es transferido al resto del residuo, lo que provoca las siguientes etapas:

- Evaporación del agua residual
- Calentamiento del sólido o líquido
- Vaporización de compuestos
- Gasificación de materia orgánica
- Pirólisis de otra fracción de la materia orgánica
- Combustión total o parcial de otra fracción de la materia orgánica

La figura 6 describe las etapas del proceso de incineración, indicando las fases en las que la materia es transformada.

Figura 6. **Etapas del proceso de incineración**



Fuente: elaboración propia.

El calentamiento tiene lugar en el horno. Los factores que propician una mayor o menor intensidad de las etapas antes enumeradas son:

- Tipo de horno: de parrilla, rotatorio, lecho fluidizado, etc.
- Forma de la transferencia de calor hacia el residuo
- Exceso de aire en el proceso

#### 2.3.4. Control de la tasa de alimentación del incinerador

La carga de los desechos dentro de la cámara de combustión deberá hacerse mediante un pistón lateral con un mecanismo que evite mantener la cámara de combustión primaria abierta, como lo establece el Capítulo 6 del Acuerdo Gubernativo 509-2001, en las especificaciones técnicas para incineradores y rellenos sanitarios.

Según los datos de producción de DSH del 2010, en el Hospital Roosevelt se tienen los siguientes datos:

Tabla X. **Producción diaria de DSH en el Hospital Roosevelt, 2010**

Tipo de desecho	Producción de DSH (lb/día)
Bioinfeccioso	3 233
Punzocortante	463
Especial	276
<b>TOTAL</b>	<b>3 972</b>

Fuente: control interno, Hospital Roosevelt, Guatemala.

El tratamiento de los desechos se realizará en jornada diurna de 8 horas diarias, con lo cual se tiene una tasa de alimentación de:

$$\text{Tasa de alimentación} = \frac{3\,972 \text{ Lb/día}}{8 \text{ h/día}} = 496,50 \text{ Lb/hr}$$



La tasa de alimentación será variable diariamente, debido a que algunos meses se tendrá mayor producción de desechos, pero por motivos de cálculo se trabaja con promedios estimados, concluyendo que se instalará un incinerador con capacidad de 500 Lb/hr.

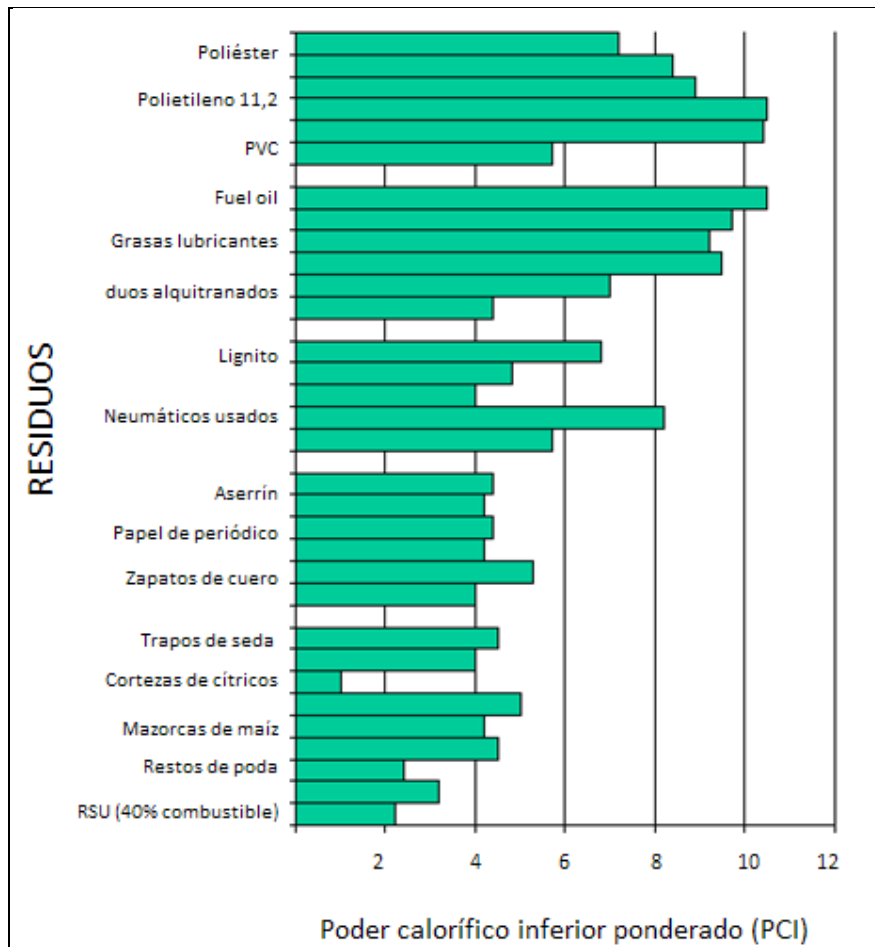
### **2.3.5. Combustión de la cámara de quemado**

El proceso de combustión requiere de varios elementos para que se complete el proceso mismo, la combustión en la cámara de quemado se debe llevar a cabo a 1 200°C y se teóricamente se estima que se da completa, por las propiedades de los materiales que van a quemar, entonces se genera agua y CO<sub>2</sub>, pero generalmente no se da una combustión completa, debido a que los materiales generalmente llevan mucha humedad o tienen elementos que no permiten la combustión completa, entonces, se generan trazas de monóxido de carbono.

Si se tiene en cuenta que los principales elementos que intervienen en las reacciones de combustión aplicadas al proceso de incineración, se observa que participan directamente el carbono, hidrógeno, azufre y oxígeno.

Para la valorización energética de la combustión y el tratamiento térmico de los residuos, el primer factor que debe analizarse es su potencial energético. Este factor se mide por el valor del poder calorífico inferior (PCI). Así la figura 7 presenta el potencial energético de un conjunto de residuos.

Figura 7. **Potencial energético de distintos residuos**



Fuente: elaboración propia.

La ordenación se ha hecho de acuerdo con los siguientes criterios:

- Primer grupo: residuos de plásticos, sólidos de alto PCI
- Segundo grupo: residuos industriales, líquidos de alto PCI
- Tercer grupo: residuos industriales sólidos de PCI medio
- Cuarto grupo: residuos orgánicos de PCI medio
- Quinto grupo: residuos orgánicos de PCI bajo

Hay que destacar que se obtiene una ley prácticamente lineal de la variación del volumen de los humos,  $V_f$ , en función del PCI y que la influencia del contenido de agua llega a ser despreciable. Esta relación lineal se puede traducir en la fórmula:

$$V_f = 3 \times \frac{PCI}{1\ 000}$$

De acuerdo a esta relación lineal, se asume teóricamente que el volumen de los humos que salen de la cámara de combustión para una temperatura de 950°C, expresado en  $Nm^3/Kg$ . de residuos, y el PCI en Kcal/kg.

$$V_f = 3 \times \frac{6\ 500}{1\ 000}$$

PCI medio de los DSH: 6 500 Kcal/kg

$$V_f = 19,50\ Nm^3/Kg$$

La temperatura de la cámara primaria se ha tomado con una temperatura máxima de referencia de 950°C, cualquiera que sea el PCI. Estos cálculos demuestran que con PCI pequeños, las temperaturas no alcanzan este límite, obteniéndose en general las condiciones óptimas de funcionamiento del horno con PCI más elevados.

## **2.4. Maquinaria y equipo**

El equipos de incineración cuenta con una cámara primaria de acero, con resistencia a las temperaturas altas, esta cámara se encuentra revestida con ladrillos refractarios, cuya finalidad es la de retener el calor producido por los quemadores. Las temperaturas de operación de la cámara primaria oscilan entre 600 y 850°C.

Los quemadores consisten en unas boquillas donde se pulveriza el combustible diesel en una mezcla con aire a presión, el cual se encenderá mediante una chispa producida por un sistema eléctrico que es parte del equipo. Quemadores tipo HP para múltiples combustibles, tiro forzado, aire atomizado, desde 7 350 000 hasta 25 200 000 BTU/hr. Los quemadores tipo HP son diseñados para quemar diversos combustibles gaseosos, aceites desde el #2 hasta #6 y combustibles líquidos de características similares.

Algunas cámaras primarias cuentan con sistemas para insuflar aire con la finalidad de mantener una combustión completa de los productos que se están incinerando y mantener la temperatura de operación adecuada sin el uso de combustible, únicamente con la quema de los mismos desechos sólidos.

La cámara secundaria, de menor tamaño que la primera, consiste también en una estructura de acero, la cual se encuentra revestida de ladrillo refractario que soporta mayores temperaturas, en ésta, los gases producto de la combustión de material sólido de la primera cámara son incinerados mediante un quemador adicional. Las temperaturas que deben alcanzar son superiores a los 1 200°C.

Los gases de combustión de la cámara secundaria pasan finalmente a través de un sistema lavador de gases, el cual consiste en duchas cuya función es la de retener las partículas en suspensión y enfriar los gases de combustión. Los gases ya limpios de partículas y enfriados pasan a través de un filtro antes de ser eliminados al ambiente.

## **2.5. Materia prima**

Considerando el proceso de incineración, la materia prima son los desechos sólidos hospitalarios que el hospital genera con todas sus actividades y servicios, esta materia prima es clasificada y manejada como se menciona en el estudio de mercado.

Esta materia prima se clasifica como natural debido a su constitución y el fin con el cual se utiliza para el proyecto, los desechos ya clasificados se transforman en cenizas que son transportadas hacia rellenos sanitarios y gases filtrados que son liberados al medio ambiente.

A continuación se muestra en la figura 8 la materia prima referente al proceso del tratamiento de los desechos sólidos hospitalarios.

Figura 8. **Materia prima**



Fuente: Programa Regional Desechos Hospitalarios ALA 91/33.

### 2.5.1. **Insumos directos**

Todo lo que se utiliza directamente para el funcionamiento del sistema se clasifica como insumos directos, los cuales se describen en la figura 9.

Figura 9. **Insumos directos**



Fuente: Programa Regional Desechos Hospitalarios ALA 91/33.

### 2.5.2. Insumos asociados

La separación y el envasado de los DSH se realizan mediante bolsas y contenedores que son utilizados a través de los encargados de los servicios así como el de gran parte de la institución, estos insumos son de apoyo para el manejo interno del hospital.

Los principales insumos asociados son: el equipo auxiliar y el centro de acopio.

Tabla XI. **Equipo auxiliar para recolección y almacenamiento de DSH**

<b>Equipo auxiliar</b>
<b>Bolsa negra</b>
<b>Bolsa roja</b>
<b>Bolsa blanca</b>
<b>Contenedor</b>
<b>Carro recolector</b>

Fuente: elaboración propia.

- **Centro de acopio**

El centro de acopio cumple las funciones de resguardar y almacenar los DSH procedentes de todos los servicios médicos y consta de las siguientes características:

- Cuartos separados para desecho común y desecho peligroso
- Señalización adecuada
- Facilidad de acceso
- Puertas metálicas
- Iluminación
- Chorro para lavado y drenaje
- Aristas internas redondeadas y piso liso e impermeable
- Techo
- Ventilación natural
- Cuarto de baño con ducha y vestidor para los operativos



### **3. ESTUDIO ECONÓMICO**

El sistema de costos e inversiones dentro de entidades del Estado es sumamente importante y su auge está en crecimiento continuo, debido a que el desarrollo y la participación cada día más en el mejoramiento del medio ambiente y de la salud de los habitantes es de los procedimientos y actividades que se promueven con bastante atención.

El sistema actual de tratamiento de DSH en el Hospital Roosevelt se ve afectado día con día debido al crecimiento de las cantidades generadas de dichos desechos, lo cual ha sido problema durante aproximadamente 3 años atrás, esto conlleva a voltear la mirada y realizar inversiones y estudios que puedan ser apoyados por medio del Estado.

#### **3.1. Análisis del costo actual de tratamiento de desechos sólidos hospitalarios**

Actualmente el Hospital Roosevelt cuenta con ciertos procedimientos para el cual se tratan los DSH dentro de las instalaciones del mismo. Antes del 2009 los gastos se amortizaban por medio del envío de los residuos que generaba el hospital hacia la planta de La Verbena, para luego quedarse como actualmente se manejan en donde se tiene un contrato con la empresa Ecotermo de Guatemala, S.A. La gran parte de los gastos que genera el rubro de DSH está capitalizado con dicha empresa para lo que se presentan grandes cantidades de dinero.

### 3.1.1. Costo mensual con empresa exterior

Los desechos que genera actualmente el hospital son tratados por dos empresas exteriores, las cuales han impuesto los precios que cobran por libra tratada de acuerdo a sus políticas y propia conveniencia.

El costo del tratamiento de DSH por medio de servicio externo se resume en la tabla XII.

Tabla XII. **Costo por tratamiento de cada tipo de DSH producido en el Hospital Roosevelt, 2010**

Tipo de desecho	Producción lb/día	Producción lb/mes	Producción lb/año	Costo por día	Costo por mes	Costo por año
Común	5 058	151 747	1 820 958	Q 10 419,93	Q 312 597,79	Q 3 751 173,48
Bioinfeccioso	3 233	96 985	1 163 814	Q 6 659,60	Q 199 788,07	Q 2 397 456,84
Punzocortante	463	13 896	166 749	Q 954,17	Q 28 625,25	Q 343 502,94
Especial	276	8 291	99 492	Q 569,32	Q 17 079,46	Q 204 953,52
<b>Costo total por desechos peligrosos</b>						<b>Q 2 945 913,30</b>

Fuente: control interno, Hospital Roosevelt, Guatemala.

- Los DSH a tomar en cuenta son: bioinfeccioso, punzocortante y especial
- Precio promedio de tratamiento de DSH en el mercado: Q2,06/libra

Costo anual por manejo de DSH utilizando el servicio de una empresa externa:

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Q 2 945 913,30} & + & \text{Q 2 224 836,15} = \text{Q 5 170 749,45 anuales} \\
 \text{Tratamiento de DSH} & & \text{Insumos}
 \end{array}$$

Para tratar:

1 430 055 libras en el año

Lo que genera un costo real por libra de:

Q 3.62

### **3.2. Inversiones**

La operación normal del proyecto se consolida por medio de las inversiones que se puedan atribuir directamente hacia una eficiente e importante selección del equipo de incineración, mano de obra calificada y simplificación de recursos que se pueden utilizar multifuncionalmente dentro del hospital.

La valoración económica es un agente que se considera dentro de las inversiones a estimar ya que el proyecto se enfoca en el Hospital Roosevelt dentro del régimen del MSPAS, lo cual su capital debe ser adjudicado al presupuesto que se tiene para mejoras y desarrollo dentro del Ministerio.

#### **3.2.1. Inversión en el equipo de incineración**

La inversión en el equipo de incineración lleva consigo una serie de equipos auxiliares para el tratamiento correcto de los desechos generados, así como el costo de obra civil que se necesita para adaptar los espacios e instalar correctamente la maquinaria.

La tabla XIII representa los gastos del sistema de inversión.

Tabla XIII. **Inversión del equipo de incineración**

Equipo	Cantidad	Precio unitario	Total por planta
<b>Obra Civil (obra gris)</b>	1	Q 1 500 000,00	Q 1 500 000,00
<b>Incineradores 500lb/hr</b>	1	Q 1 250 000,00	Q 1 250 000,00
<b>Tanque combustible</b>	1	Q 20 000,00	Q 20 000,00
<b>Autoclave industrial</b>	1	Q 1 000 000,00	Q 1 000 000,00
<b>Triturador mixto</b>	1	Q 850 000,00	Q 850 000,00
<b>Extintidor</b>	1	Q 2 000,00	Q 2 000,00
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>Q 4 622 000,00</b>

Fuente: Innovaciones médicas y ecoreprocesos S.A.

### 3.2.2. Costo de Instalación del equipo

De acuerdo a los parámetros que se evalúan actualmente en cotizaciones de tipo industrial, se incluye el costo de instalación dentro de los costos del equipo, debido a que la mayoría de empresas tienen sus proveedores especializados y la garantía que se ofrece dentro del servicio incluye todo tipo de procedimiento y detalle hasta el momento de instalación y el inicio del funcionamiento del incinerador.

### 3.2.3. Costo de cimentación del terreno

La cimentación del terreno se realiza por medio de un equipo de albañilería guiado por la supervisión y ejecución del ingeniero encargado de mantenimiento dentro del hospital.

Los costos para realizar la cimentación del terreno están estimados para un área de 12 metros cuadrados.

La tabla XIV muestra la memoria de cálculo de los costos de cimentación del terreno para la instalación del equipo.

Tabla XIV. **Costos de cimentación del terreno**

	DESCRIPCION RENGLON	RENGLON	UNIDAD	CANT.	P.U. (Q)
I.	CIMIENTO CORRIDO DE 0,20X0,60 CON 4 No3 + EST. No 2 @ 0,20	4,05	M2	12,00	488,44
<b>MATERIAL</b>					
	DESCRIPCION RENGLON	UNIDAD	CANT.	P.U. (Q)	TOTAL (Q)
	CEMENTO	SACO	30	65,00	1 950,00
	ARENA	M3	2	125,00	250,00
	PIEDRÍN 3/8	M3	4	150,00	600,00
	HIERRO LEGÍTIMO NO. 3 (3/8)	VARILLA	14	30,00	420,00
	HIERRO LEGÍTIMO NO. 2 (1/4)	VARILLA	40	14,00	560,00
II.	ALAMBRE DE AMARRE	LIBRA	34	4,50	153,00
	MADERA PARA ENCOFRADO	PIE-TABLAR	19	6,00	114,00
	CLAVO DE 3"	LIBRA	3	4,00	12,00
	REGLA DE 2X2	PIE	4	3,50	14,00
	TACOS DE CONCRETO PEQUEÑOS (de 1 pulg @ 0,30 )	UNIDAD	93	1,10	102,30
TOTAL DE MATERIAL CON IVA					4 175,30
TOTAL DE MATERIAL SIN IVA					3 727,95

Continuación tabla XIV.

MANO DE OBRA					
	DESCRIPCIÓN RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. (Q)	TOTAL (Q)
III.	ARMADURA No. 3 LONGITUDINAL	ML	39,60	5,00	198,00
	ARMADURA No. 2 TRANSVERSAL	ML	104,40	2,00	208,80
	COLOCADO Y CENTRADO DE ARMADURA	M2	12	1,00	12,00
	HECHURA DE FORMALETA	M2	12	1,50	18,00
	<b>TOTAL DE MANO DE OBRA</b>				
IV	<b>HERRAMIENTA (5% TOTAL DE MANO DE OBRA)</b>				21,84
	TOTAL COSTO DIRECTO (MAQUINARIA Y EQUIPO + MATERIALES + M.O. + HERRAMIENTA):				4 186,59
	TOTAL COSTO INDIRECTO:			25.00%	1 046,65
	SUB-TOTAL DEL RENGLÓN				5 233,23
	IVA			12.00%	627,99
	<b>TOTAL DEL RENGLÓN</b>				

Fuente: Arquitectura, diseño y planificación, DIPLANI.

### 3.3. Capital de trabajo

Dentro de los gastos se promueve la mejora del tratamiento de DSH a través de los distintos insumos, capacitaciones y mano de obra que se necesite para desarrollar las actividades de manera normal y sin faltantes de cualquier tipo.

Para dicho caso se tiene contemplado como capital lo que es mano de obra adicional y capacitación de personal.

### 3.3.1. Mano de obra adicional

Dentro del terreno que se tiene previsto para la aplicación del proyecto existen objetos y materiales que obstaculizan el buen desempeño e instalación del equipo de incineración, se incluirán 2 auxiliares de albañilería para limpiar el terreno y remover los materiales para luego llevarlos fuera de las instalaciones.

La mano de obra se incluye dentro del proceso de licitación de construcción que realiza el hospital, lo cual se puede estimar que dentro del renglón de mano de obra, en dicho documento será suficiente incluir los auxiliares mencionados.

La tabla XV muestra el costo de la mano de obra adicional necesaria, este gasto será amortizado por el propio hospital, debido a que, únicamente será por dos días.

Tabla XV. **Mano de obra adicional**

Puesto	Cantidad	Costo por día	Días	Costo total
Colaborador técnico	2	Q 60,00	2	Q 240,00

Fuente: elaboración propia.

Se cuenta con la ayuda del personal interno de mantenimiento, pero se requiere la contratación de 2 colaboradores técnicos para lograr la evacuación de todos los desechos que se puedan limpiar.

### **3.3.1.1. Capacitación de personal**

Con la instalación del proyecto de incineración de los DSH se deberá capacitar al encargado del manejo y operación del mismo, debido a que será la persona que lleva la responsabilidad de inserción, proceso y control de gases del incinerador.

El costo de esta capacitación será nulo, debido a que se cuenta con un encargado de mantenimiento que supervisará las actividades y está capacitado para el manejo correcto de las temperaturas, tiempos de exposición y todo tipo de control que se deba cumplir dentro los reglamentos legales.

Además, se cuenta con el apoyo de la planta de tratamiento de La Verbena, que cuenta con un proceso muy similar para lo cual la puesta en marcha del sistema será cuestión interna del Hospital Roosevelt.

### **3.3.2. Insumos para clasificación de desechos sólidos hospitalarios**

La clasificación de los DSH incurre en gastos administrativos como lo son los insumos para dicho manejo, el cual se mencionan todos los tipos de bolsas, contenedores y carros recolectores.

La tabla XVI muestra el costo de insumos asociados referentes a la clasificación de los desechos sólidos hospitalarios.



Tabla XVI. **Costo de insumos asociados**

Insumos	Uso promedio anual	Costo unitario (Q)	Costo por año (Q)
Bolsa negra	91 048	2,50	227 619,75
Bolsa roja	116 381	5,00	581 907,00
Bolsa blanca	19 898	3,50	69 644,40
Contenedor	9 949	75,00	746 190,00
Carro recolector	600	500,00	300 000,00
Equipo Bioseguridad	900	332,75	299 475,00
<b>TOTAL INSUMOS ASOCIADOS</b>			<b>Q 2 224 836,15</b>

Fuente: elaboración propia.

### 3.3.3. Insumos adicionales

Gran parte de la importancia de este proyecto es el de la mejora y cuidado del medio ambiente y de la salud de los habitantes alrededor de todo el proceso hospitalario.

Set de bioseguridad por empleado de limpieza consta de guantes de nitrilo, botas de uso industrial, overol de tela gruesa, casco, mascarilla, lentes y gabacha de hule. Hay aproximadamente en el hospital 900 personas que laboran en intendencia por turnos.

La compra de equipo de seguridad es de vital importancia y a la vez se convierte en obligatoria para lo cual, en la tabla XVII, se tienen estimados los equipos necesarios para la operación.

Tabla XVII. **Costo de equipo de bioseguridad**

<b>Equipo de Bioseguridad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario (Q)</b>	<b>Total (Q)</b>
<b>Guantes de Nitrilo</b>	900	8,00	7 200,00
<b>Botas de uso industrial</b>	900	88,25	79 425,00
<b>Overol de tela gruesa</b>	900	85,00	76 500,00
<b>Casco</b>	900	54,50	49 050,00
<b>Mascarilla</b>	900	40,00	36 000,00
<b>Lentes</b>	900	12,00	10 800,00
<b>Gabacha de hule</b>	900	45,00	40 500,00
<b>TOTAL DE EQUIPO DE BIOSEGURIDAD</b>			<b>299 475,00</b>

Fuente: elaboración propia.

### **3.4. Costos de operación y mantenimiento**

El buen funcionamiento del tratamiento de DSH debe mantenerse estable, en cuanto se hace énfasis en la operación y mantenimiento, debido a que el equipo de incineración cuenta con materiales térmicos y mecánicos que se complementan, lo cual se debe de tener un buen plan de mantenimiento que pueda proporcionar un mantenimiento preventivo a cabalidad.

### **3.4.1. Mano de obra**

El manejo de la planta de tratamiento de DSH, ya en operación, es una responsabilidad con el hospital y con el medio ambiente, debido a que los conocimientos con los que se dirige el proceso deben de adecuarse a las leyes ambientales, las prácticas y procedimientos deben de realizarse con personal altamente calificado, lo que conlleva a una buena elección y capacitación de los recursos que se utilicen en el sistema.

#### **3.4.1.1. Supervisión y ejecución**

La supervisión estará a cargo del jefe de mantenimiento, así como la ejecución de los programas de mantenimiento, lo cual se estima que el análisis preventivo adecuado al sistema estará como mínimo sustentado en los siguientes procedimientos:

Tabla XVIII. **Programación del mantenimiento preventivo anual**

Proceso	Cantidad	Periodicidad anual	Costo de mantenimiento (Q)	Total (Q)
Limpieza del material refractario	1	2	1 500,00	3 000,00
Limpieza de tanques en quemadores	3	4	100,00	1 200,00
Cambio de Termo coplas	3	1	125,00	375,00
Cambio del filtro de cortina de agua	1	1	5 000,00	5 000,00
Pintura anticorrosiva para alta temperatura	1	0,5	1 200,00	600,00
<b>TOTAL MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>				<b>10 175,00</b>

Fuente: elaboración propia.

### 3.4.1.2. Reparaciones

Los costos que se contemplan para cualquier reparación o modificación de la planta de tratamiento, se incluyen como contingencia debido a la alta responsabilidad con el medio ambiente y las leyes que regulan el mismo, por lo que la responsabilidad de mantener en buen estado el sistema de tratamiento se hace bastante grande, esta cantidad se estima en Q 2 000,00 anuales.

### 3.4.2. Gastos asociados de funcionamiento

En este trabajo no se ha considerado algún gasto adicional relacionado con el funcionamiento del incinerador, debido a que todos los gastos de instalación, maquinaria y equipo y operación están incluidos dentro de lo análisis anteriores, incluyendo cualquier rubro adicional dentro de la licitación que se realiza para dicho proyecto.

#### 3.4.2.1. Combustibles

El incinerador instalado consta de 3 quemadores que funcionan con combustible diesel, el precio de este insumo es bastante variable y muchos de los factores económicos que lo modifican se regulan con el tiempo, con lo se realiza el estimado de costos en el cual las jornadas de trabajo para el incinerador serán únicamente de 8 horas (jornada diurna), logrando así atender todas las necesidades en un solo turno.

La tabla XIX muestra el consumo de combustible diesel para la operación del tratamiento de DSH en los horarios de trabajo del Hospital Roosevelt.

Tabla XIX. **Consumo de combustible diesel para tratamiento de DSH**

Descripción	Datos
Número de quemadores en el proyecto	3
Gasto de combustible (Galones/hora/quemador)	1,50
Cantidad de tiempo a trabajar (horas/día)	8
Costo del galón de diesel	Q 31,88
Consumo de diesel (galones/año/quemador)	4 380
<b>Costo del consumo de diesel al año</b>	<b>Q 418 903,20</b>

Fuente: elaboración propia.

### **3.4.2.2. Repuestos**

El equipo de incineración en análisis conlleva cierto mantenimiento que, como se propuso anteriormente, se puede administrar efectivamente a través de un mantenimiento preventivo programado. El hospital no almacena *stock* de repuestos para reparaciones futuras, por lo que no se estima un costo de repuestos que pueda influir algún gasto asociado de funcionamiento.

### **3.5. Gastos de operación**

El Hospital Roosevelt cuenta actualmente con personal contratado para limpieza e higiene del mismo, estas personas se encuentran dentro de la planilla de pagos. El manejo de los DSH está incluido como parte de sus funciones y los gastos de operación para el tratamiento de los desechos se amortiza por este medio.

### **3.6. Financiamiento**

El financiamiento para el proyecto está únicamente ligado a un proceso de aprobación dentro del Ministerio de Salud y Asistencia Social, el cual deberá incluirse en la próxima planeación de presupuesto del Hospital Roosevelt, que será autorizado por el Ministro de Salud para luego ser enviado al Ministerio de Finanzas para su aprobación y el inicio de su ejecución.

## **4. ESTUDIO FINANCIERO**

Los proyectos de inversión requieren de un análisis económico que pueda determinar la viabilidad, factibilidad y rentabilidad del mismo, para lograr así tomar decisiones acerca de la realización y de las características que puedan modificarse para un buen uso de los recursos económicos.

El desarrollo del sistema de tratamiento de DSH dentro del Hospital Roosevelt requiere de inversiones de capital, recursos humanos especializados y materiales. Para el análisis de la factibilidad de la inversión se utilizan métodos de evaluación financiera como el cálculo de la tasa interna de retorno, (TIR), el beneficio costo y el valor presente neto.

La elaboración de estudios financieros tiene como objetivo anticipar el futuro y evitar posibles problemas en el cumplimiento de cronogramas de trabajo, presupuestos y alcance del proyecto.

### **4.1. Análisis financiero**

En este caso, el interés es tanto social como económico, de tal manera que la evaluación es de tipo socio-económico, por lo que los costos y beneficios se plantean de manera que se tenga en cuenta la negociación de contratos de servicios, compra de equipos y maquinaria, calificación de proveedores y la capacitación del personal que operará el proyecto.

#### 4.1.1. Tasa interna de retorno del proyecto

La tasa interna de retorno, TIR, de una inversión, es la tasa de interés con la cual el valor presente neto es igual a cero. El VPN es calculado a partir del flujo de caja anual, trasladando todas las cantidades futuras al presente. Es un indicador de la rentabilidad del proyecto, a mayor TIR, mayor rentabilidad. En la tabla XX se muestran los 4 primeros años del proyecto.

Tabla XX. Costo de anualidades proyectadas a 4 años

Año	Monto (Q)
0	(4 672 000,00)
1	2 097 931,90
2	2 097 931,90
3	2 097 931,90
4	2 097 931,90

Fuente: elaboración propia.

$$\text{TIR} = 28,37\%$$

Al analizar la tabla anterior se observa que en el año cero se tiene la inversión inicial, la cual corresponde al monto en efectivo que el hospital debe desembolsar para lograr poner en marcha el proyecto. Posteriormente en los años siguientes se observa el beneficio y/o ahorro por la adecuada ejecución del proyecto, debido a que el costo anual contratado con empresas privadas es de Q 5 170 749,45 y el costo anual con tratamiento de DSH propio es de Q 3 072 817,55. La diferencia de estos dos montos se le conoce como el ahorro en operación de un proyecto de inversión social, lo cual nos da como resultado Q 2 097 931,90.



La tasa interna de retorno de 28,37% es comparada con la tasa de oportunidad, ésta un valor con el cual, si el proyecto se pone en marcha se tiene riesgo de la inversión, siendo este un argumento para considerar invertir en otro proyecto que genere más beneficios.

La tendencia de los precios de quienes ofertan tratamiento de desechos sólidos hospitalarios se estima constante, esto por la oferta en el mercado de empresas que se especializan en el tema y el crecimiento de la demanda de estos servicios. La tasa de oportunidad es la tasa líder que el Banco de Guatemala estableció hasta febrero del 2011, de 4,75%.

$$\text{TIR: } 28,37\% > \text{TO: } 4,75\%$$

Con el comparativo anterior se puede tener la confianza que el riesgo de invertir en el tratamiento de DSH en el Hospital Roosevelt será bajo, y se estima un ahorro sustancial en el presupuesto del MSPAS.

#### **4.1.2. Análisis beneficio-costo**

La relación beneficio-costo considera los ingresos y egresos presentes netos del estado de resultados, para determinar cuáles son los beneficios por cada quetzal que se invierte en el proyecto. La relación beneficio-costo es un indicador que mide el grado de desarrollo y bienestar que el proyecto de tratamiento de DSH puede generar al Hospital Roosevelt y a la comunidad.

En los análisis del sector público hay que seleccionar una tasa de interés, llamada tasa de actualización social, para determinar los beneficios y costos equivalentes.

En este proyecto público, como no tiene fines de lucro, se dice que debe de seleccionarse una tasa de actualización social que refleje únicamente la tasa gubernamental vigente de obtención de préstamos, que hasta febrero de 2011 es de 4,75%.

Al identificar todos los beneficios generados por el proyecto, se establece que uno de los mayores es con la comunidad de Guatemala. Como un valor agregado se puede disponer el dinero ahorrado al operar la planta de tratamiento propia del hospital, hacia mejoras en los servicios que ofrecen las instituciones del MSPAS.

Otro beneficio es el del buen manejo de los desechos por parte de las entidades del Estado, que velan por que la legislación ambiental se cumpla.

La tabla XXI muestra los beneficios anuales, que como se tenía planificado, son iguales en cada año del proyecto, el beneficio radica en el ahorro sustancial generado por la gestión del manejo de los DSH en una planta propia del Hospital Roosevelt que no es lucrativa.

Tabla XXI. **Beneficios anuales**

<b>Año</b>	<b>Beneficio en Quetzales</b>
1	2 097 931,90
2	2 097 931,90
3	2 097 931,90
4	2 097 931,90

Fuente: elaboración propia.

$$VPN \text{ Beneficios} = Q 7 482 567,92$$

Los costos son recursos que el proyecto necesita para su realización, teniendo en este renglón el costo de inversión de Q 4 672 000,00.

$$VPN \text{ costos} = Q4 672 000,00.$$

$$B/C = \frac{VPN \text{ beneficios}}{VPN \text{ costos}}$$

$$B/C = \frac{Q 7 482 567,92}{Q 4 672 000,00}$$

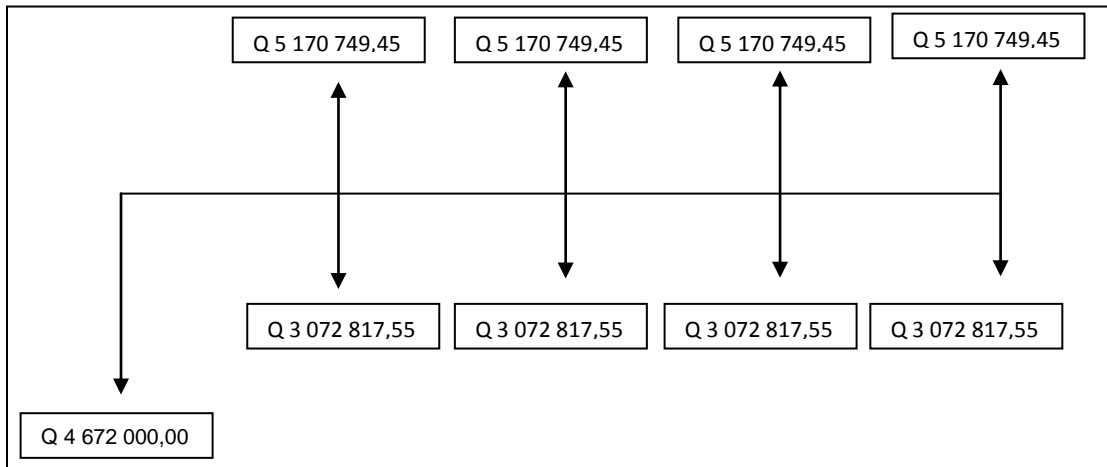
$$B/C = 1,68$$

Esto significa que por cada quetzal que se invierta en el proyecto, se tendrá un ahorro de 68 centavos de quetzal, lo cual es un buen indicador de reducción de gastos.

#### **4.1.3. Análisis del valor presente neto de inversión**

El valor presente neto (VPN), es el método más conocido para evaluar proyectos de inversión a largo plazo. Determina si la inversión cumple con el objetivo básico financiero que es el de maximizar los ahorros del hospital Roosevelt. La figura 10 muestra el flujo de efectivo a través de 4 años.

Figura 10. **Flujos netos del proyecto**



Fuente: elaboración propia.

$$VPN = Q 2 810 567,92$$

De acuerdo al cálculo del valor presente neto se concluye que la inversión tendrá un incremento de ahorro equivalente a Q 2 810 567,92; lo cual cumple con el objetivo de maximizar el ahorro del hospital.

## **5. ESTUDIO ADMINISTRATIVO**

Las acciones a realizar para alcanzar el objetivo del proyecto se establecen por medio de herramientas guía para realizar la buena gestión y administración del sistema, cumpliendo con todos los objetivos propuestos.

El análisis del organigrama y la planeación de los recursos humanos buscan introducir al mejor perfil que desarrolle las actividades necesarias para poner en marcha y en un correcto funcionamiento todas las actividades, ya que actualmente el personal contratado en el hospital únicamente será redistribuido y/o reasignado en nuevas labores.

Con este estudio se pretende realizar un análisis que permita obtener la información pertinente para la determinación de los aspectos organizacionales, administrativos, legales y laborales relacionados con la gestión de manejo de desechos sólidos hospitalarios.

### **5.1. Antecedentes**

El Hospital Roosevelt, ubicado en la 6ª avenida y calzada Roosevelt de la zona 11 de la ciudad capital de Guatemala, es uno de los dos hospitales de referencia nacional. Cuenta con 877 camas y se ubica en el 3er nivel de atención del MSPAS.

El hospital cuenta con todos los servicios propios de un hospital de referencia, entre los que están: medicina, cirugía, traumatología, neurocirugía, emergencia, consulta externa, intensivos, gineco-obstetricia, pediatría, entre otros. Cuenta también con servicios de apoyo para diagnóstico como rayos X, laboratorio clínico y otros.

- Antecedentes referentes al manejo de los DSH en la institución

Luego de haber sido publicado el Reglamento para manejo de los desechos sólidos hospitalarios, Acuerdo Gubernativo 509-2001, en diciembre del 2001; el Hospital Roosevelt participó en las jornadas de ciencia y tecnología que organizara el MSPAS, en el 2002, en el cual se socializó este reglamento a nivel nacional.

Se conformó un sub comité, como parte del comité de nosocomiales, que estaría a cargo del manejo de los desechos sólidos en el hospital, se realizaron jornadas de capacitación, con el apoyo de la asistencia técnica del Área de Salud Guatemala Central y se participó en las reuniones periódicas que organiza ésta área, con la finalidad de implementar una planta de incineración para dar tratamiento a los desechos bioinfecciosos generados en el hospital, en conjunto con los otros seis hospitales de la región metropolitana.

En el 2004 se inició con la implementación de rotulación y señalización en el hospital. Asimismo, con la programación para adquisición de bolsas del color respectivo, contenedores con rueditas para recolección interna y construcción de un centro de acopio adecuado, en coordinación con UNICAR, UNOP y Oftalmología.

A la fecha se cuenta con programación para adquisición de bolsas y contenedores, hay rotulación en la mayor parte del hospital y señalización del tren de aseo interno identificada.

## **5.2. Aspectos legales**

- Identificación de normas y legislación a cumplir
  - Constitución Política de la República de Guatemala.
  - Ley de Protección y Mejoramiento del Ambiente, Decreto 68-86.
  - Código de Salud, Decreto 90-97.
  - Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental, Acuerdo Gubernativo 431-2007.
  - Reglamento para manejo de desechos sólidos hospitalarios, Acuerdo Gubernativo 509-2001.
  - Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos, Acuerdo Gubernativo 236-2006.
- Determinación de los criterios de desempeño ambiental

Los criterios de desempeño ambiental que se utilizarán para controlar y mitigar los impactos ambientales negativos, estarán basados en las variables establecidas por la legislación vigente en generación y manejo de aguas residuales, residuos sólidos comunes y bioinfecciosos.

### 5.3. Fondos de los rubros concernientes a los gastos administrativos

Los gastos administrativos para el proyecto, se encuentran ya en la fase de ejecución, debido a que el Hospital Roosevelt ya tiene asignado y planificado fondos para la administración de los DSH.

La incorporación del sistema de tratamiento de los desechos no tiene sensibilidad en este rubro de gastos, debido a que todo el personal que lo maneja es interno y sus pagos salariales se encuentran en la planilla.

Actualmente se tienen los siguientes gastos derivados de administración, representados en la tabla XXII.

Tabla XXII. **Gastos derivados de administración**

<b>Actividad</b>	<b>Monto (Q)</b>
Suministros para la clasificación de DSH	879 171,15
Equipos para transporte interno	300 000,00
Contenedores para acopio en los servicios	746 190,00
Equipos de protección para el manejo de los DSH	299 475,00
Capacitaciones	1 200,00
Material didáctico para generar cultura para manejar optimo de DSH	2 511,00
<b>TOTAL GASTOS DE ADMINISTRACIÓN</b>	<b>2 228 547,15</b>

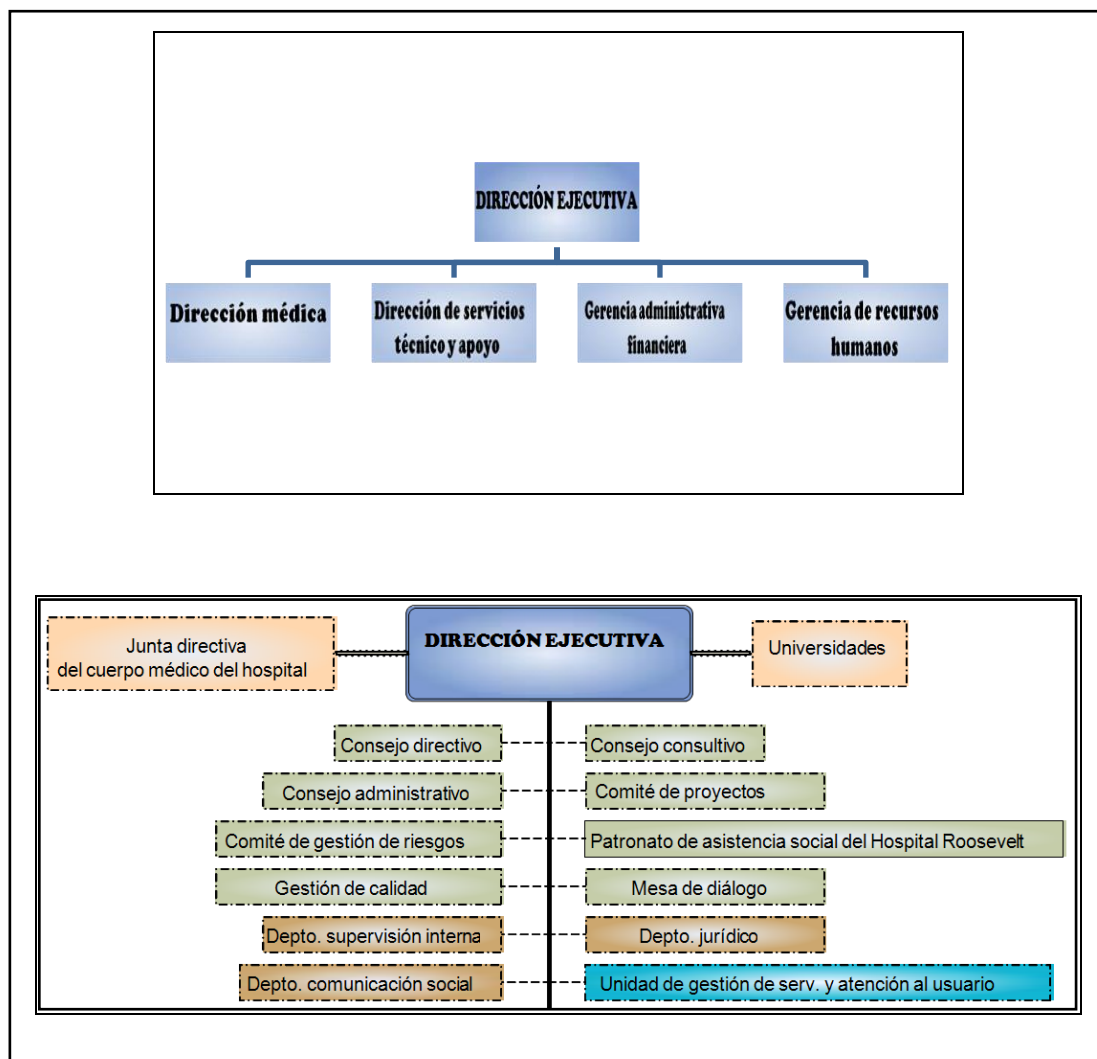
Fuente: elaboración propia.



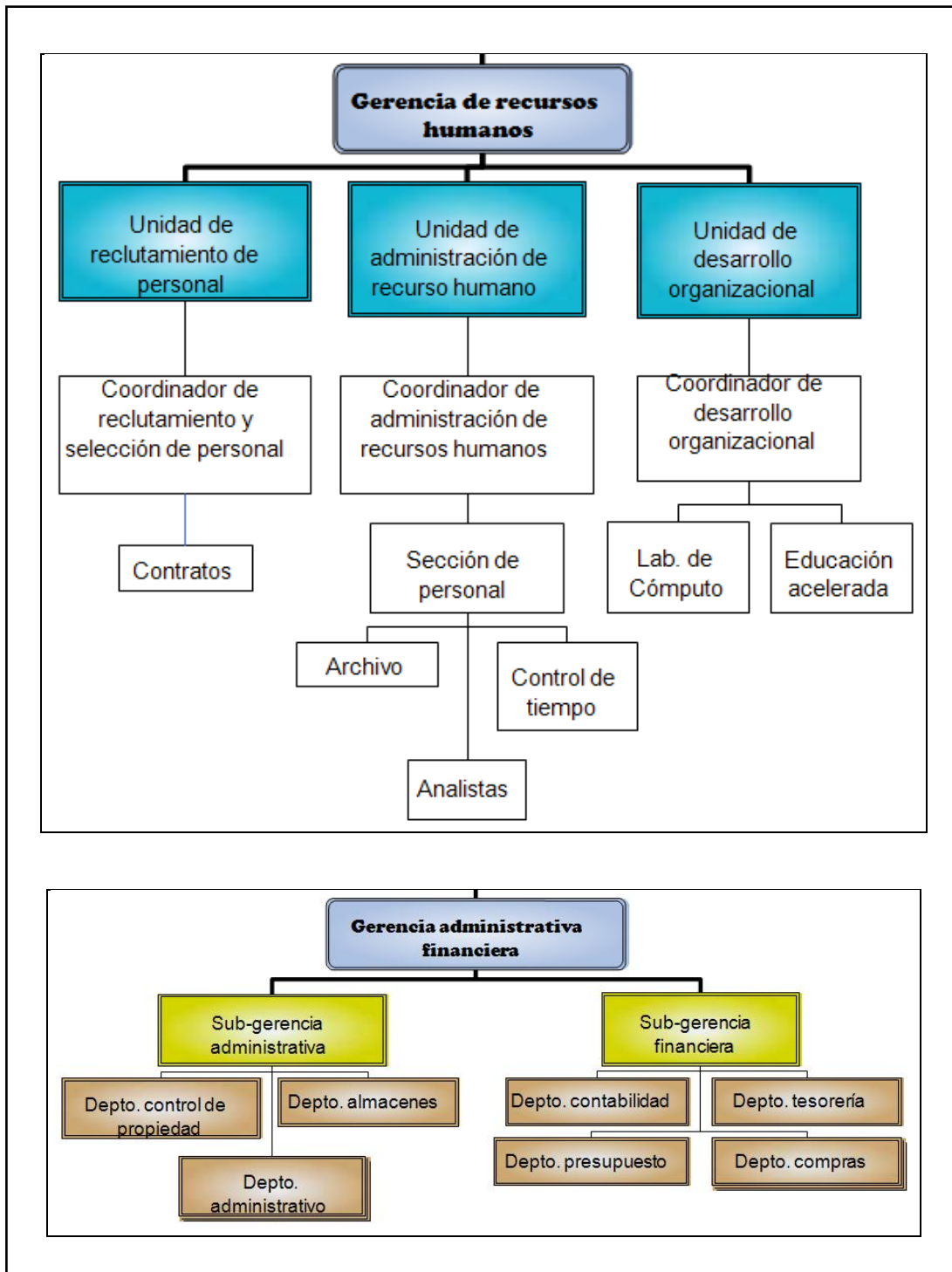
## 5.4. Estructura organizacional

Actualmente el Hospital Roosevelt cuenta con un organigrama estructurado, el cual se encuentra en funciones y el proyecto del tratamiento de desechos sólidos hospitalarios no modifica la jerarquía de los trabajadores, debido a que únicamente se reasignarán tareas al personal que actualmente está encargado de la recolección y operaciones de los desechos.

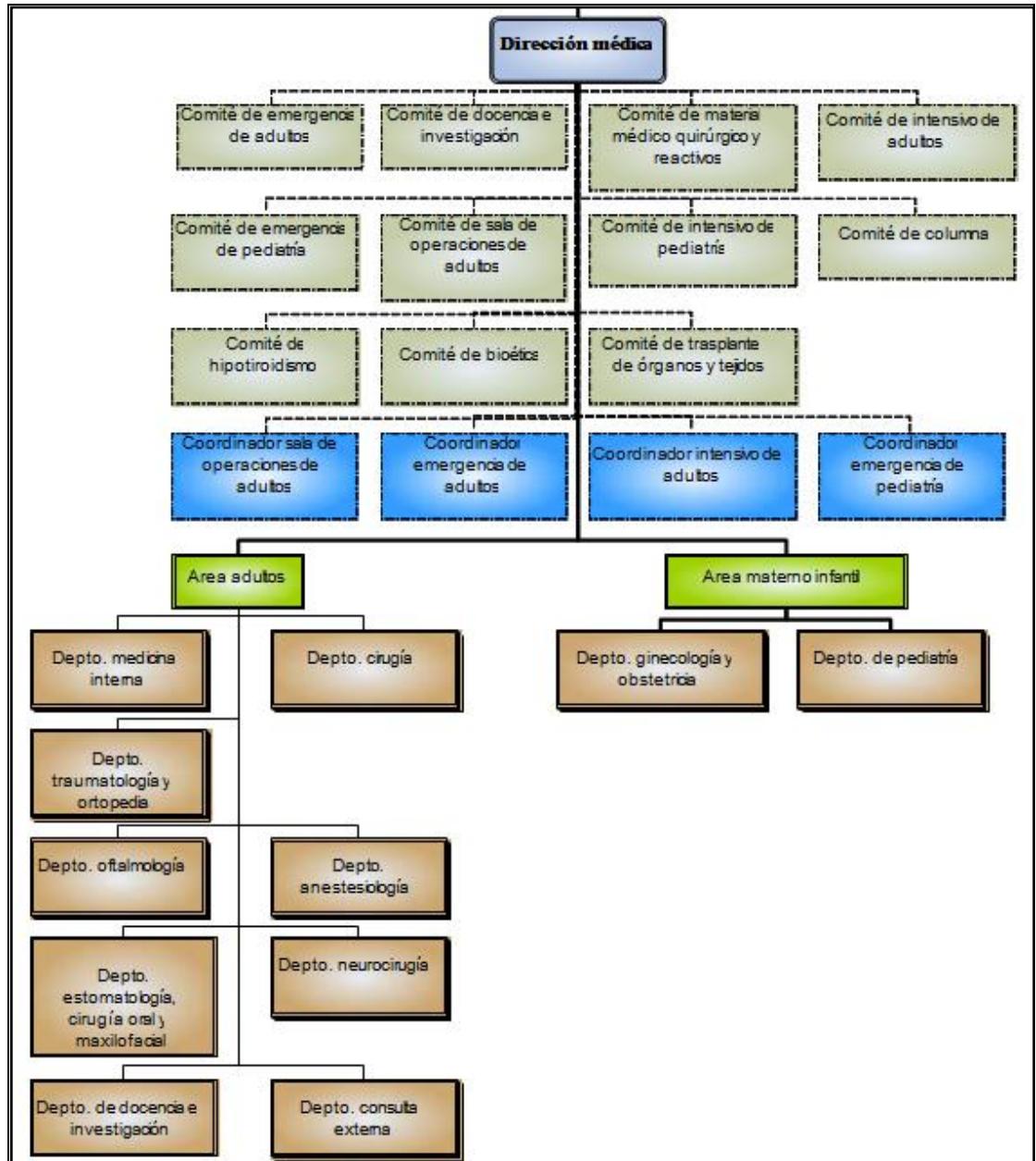
Figura 11. Estructura organizacional del Hospital Roosevelt



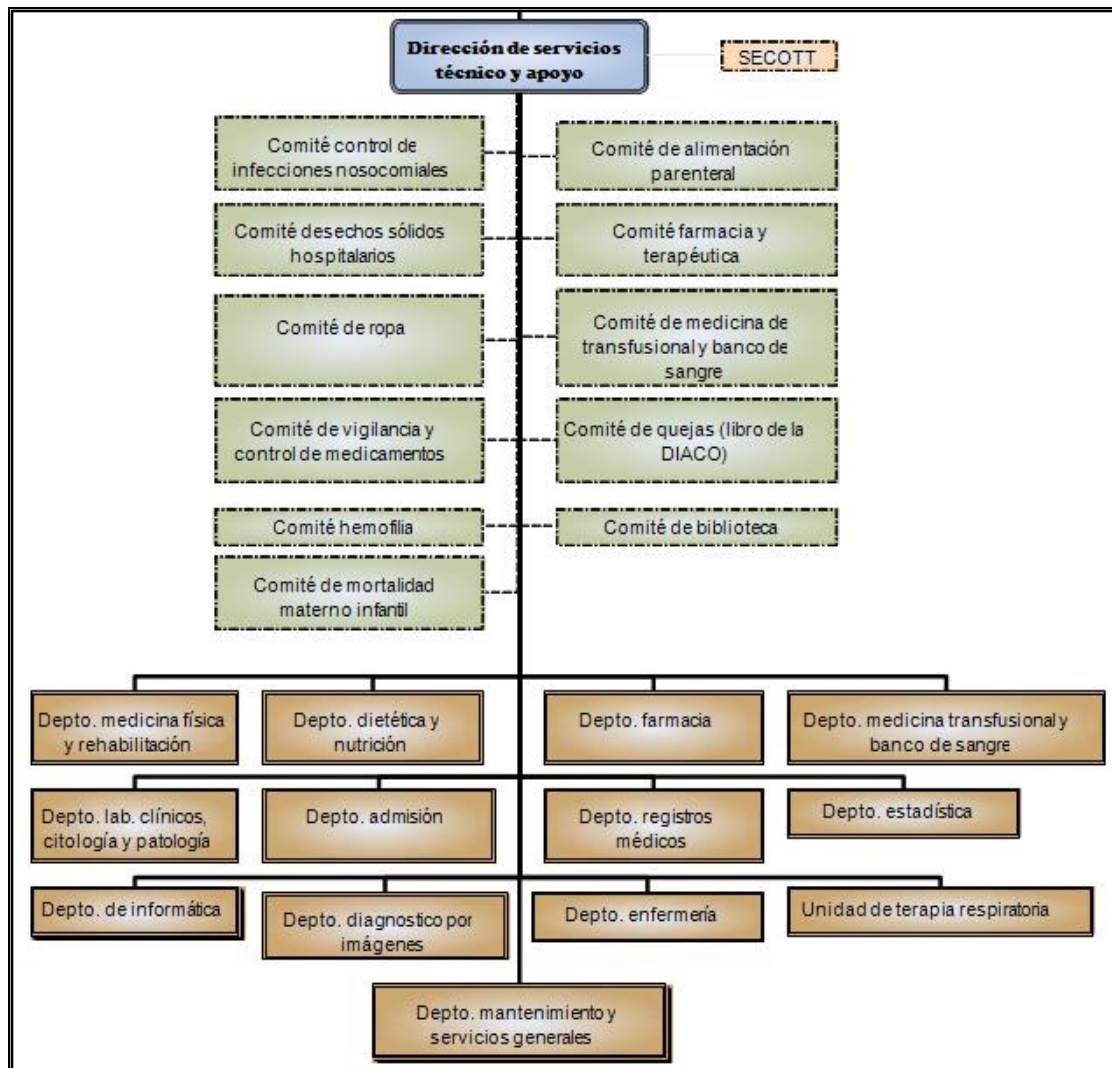
Continuación figura 11.



Continuación figura 11.



Continuación figura 11.



Fuente: control interno, Hospital Roosevelt, Guatemala.

## **5.5. Personal administrativo adicional**

La puesta en marcha del sistema de gestión administrativo para los DSH es un compromiso por parte de todos los involucrados, tanto personal administrativo, directivo y operativo, por esto es que los procesos de capacitación cumplen una función importante para el buen funcionamiento del sistema.

El personal administrativo adicional se refiere directamente al comité de DSH el cual debe hacerse cargo no solo de la administración del sistema sino de las actividades diarias que se presentan con el funcionamiento del proyecto.

El comité está conformado por un grupo de profesionales coordinados y dirigidos por el Ministerio de Salud.

El Hospital Roosevelt cuenta con un comité de DSH el cual es el encargado del manejo y administración de los recursos, conformándose por áreas, las cuales son: Médica, Enfermería, Nosocomiales, Mantenimiento y Administrativa.

- Comité de desechos sólidos hospitalarios del Hospital Roosevelt, 2011

Actualmente el Hospital Roosevelt tiene en su organización administrativa un comité de desechos sólidos hospitalarios, el cual tiene distintos miembros encargados del manejo y gestión de los desechos.

La tabla XXIII muestra los integrantes del comité de DSH que actualmente están en funciones.

Tabla XXIII. **Comité de desechos sólidos hospitalarios**

Área	Encargado
Área Médica	Doctor Óscar García
	Doctor Carlos Mejía
Área de Enfermería	Enfermera profesional Aury Monroy
Comité de Nosocomiales	Enfermera profesional Leticia García
Área de Mantenimiento	Ing. Pablo Palacios
Área Administrativa	Lic. Samuel Hernández
	Lic. José Antonio Gracias

Fuente: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, MSPAS.

Una de las principales áreas es la del Comité de Nosocomiales, debido a que por su composición y sus funciones es el más indicado para garantizar un aporte multidisciplinario para la solución de problemas de DSH.

Entre sus funciones principales se mencionan las siguientes:

- Definir y recomendar los lineamientos generales del plan de gestión.
- Otorgar conceptos sobre la eficiencia del sistema de manejo de DSH.

- Referir a la Dirección Médica las denuncias de irregularidades en la gestión, recomendando las medidas correctivas.
- Recomendar los contenidos del proceso de formación del personal.
- Recomendar los contenidos de información y comunicación dirigidos a la población en general.

#### **5.5.1. Control de actividades**

Dentro del diseño de gestión para las actividades del programa de DSH, es necesario caracterizar apropiadamente los residuos que en él se generan, tipos de desechos y su composición y la cantidad de la cual, los diferentes servicios están produciendo diariamente, así como los insumos requeridos.

Las actividades dentro del plan de gestión del tratamiento de DSH se clasifican de acuerdo a la etapa en la cual se encuentre el proceso.

- Plan de manejo de desechos sólidos hospitalarios
  - Tren de aseo interno
    - \* Segregación

En los diferentes servicios se colocarán recipientes plásticos con tapaderas, los cuales contienen bolsas de color. Los recipientes con bolsa roja son para desechos bioinfecciosos y los de bolsa negra para desechos comunes.

También se colocarán en los servicios reservorios para objetos punzo cortantes. Se ha establecido que las bolsas rojas deben ser de no menos de 6 micrones de grosor y se cuenta con dos tamaños: grande y mediano.

\* Etiquetado

Cuando una bolsa tenga llena  $2/3$  partes de su capacidad, la misma deberá ser reemplazada. Las bolsas se sellarán y se les colocará una etiqueta con el sello del Servicio de donde provienen y el tipo de material que contienen.

\* Acumulación

Las bolsas ya selladas se colocan en un lugar diseñado para tal efecto dentro del servicio, para que después el servicio de intendencia pase recolectándolas.

\* Recolección

El personal de Intendencia recolecta las bolsas selladas en un carro de transporte diseñado especialmente para tal efecto. Esta recolección se hará 3 veces al día, en los siguientes horarios:

- ◇ 06:00 – 07:00
- ◇ 11:00 – 12:00
- ◇ 18:00 – 19:00



\* Almacenamiento temporal

Los desechos son transportados en el hospital por la ruta que lleva hacia el elevador central automático y de ahí al sótano. Luego se evacúan por la rampa de la morgue hasta el almacenamiento temporal (depósito de basura del Roosevelt). En este lugar se clasifican los desechos en dos áreas: roja y negra.

Para los desechos comunes se utilizará el servicio normal de basura que se ha manejado hasta el momento (en el Roosevelt el servicio es privado).

Los desechos bioinfecciosos que eran trasladados temporalmente al San Juan de Dios para ser incinerados, serán enviados hacia el área de tratamiento propuesta en el estudio técnico, el cual será tratado dentro del mismo hospital.

Se dividirán los DSH en:

- ◇ Los reservorios
- ◇ Bolsas negras
- ◇ Bolsas rojas

Éstos serán manejados por personal de enfermería y médicos. Al llenarse los reservorios y tres cuartas partes de las bolsas el personal de intendencia será el responsable de sellarlas, etiquetarlas, cambiarlas y transportarlas.

- Personal requerido para tren de aseo interno

Se requiere un total de 5 personas por turno (mañana, tarde y noche), lo cual ya se tiene previsto dentro de la planificación actual del hospital.

- Procedimiento para desarrollo del manejo de DSH

- \* Capacitación

A cargo de comité de nosocomiales (Integrado por médicos, enfermeras profesionales y auxiliares de enfermería).

El curso se impartirá a todo el personal médico, paramédico y estudiantes, se efectuará durante el mes de octubre de 2011.

El seguimiento de las capacitaciones se realiza semanalmente, guiado por dicho comité que evaluará los temas y llevará el control de las personas involucradas en los cursos.

Los cursos se impartirán trimestralmente dentro de las instalaciones del hospital. Para que los conocimientos adquiridos sean puestos en práctica correctamente. Se llevarán hojas de control semanales con los movimientos de salida y entrada al hospital de todos los desechos.

- \* Tiempo de estancia

- ◇ Los DSH comunes serán extraídos cada 24 horas.
    - ◇ Los DSH peligrosos se extraerán al inicio del día a las 6:00 horas, diariamente en un furgón especial, si fuera necesario el traslado de desechos hacia otra institución.

- Tren de aseo externo

- \* DSH Peligrosos

La finalidad del sistema se proyecta de manera que los DSH sean tratados totalmente por el hospital mismo, pero como parte de un plan de contingencia se tiene previsto que en un aumento de volumen o desperfecto de la maquinaria de incineración, los desechos serán transportados por un servicio privado en un furgón especialmente acondicionado.

Para el efecto, siguiendo la ruta establecida, desde la 12 calle de la zona 11, subir al anillo periférico para desembocar en el incinerador del Hospital General San Juan de Dios en un horario de 6:00 am para evitar tránsito y posibles accidentes.

- Tratamiento final de los desechos sólidos hospitalarios

- DSH comunes

Se tiene contemplado que se sigan depositando los desechos, como actualmente se realiza, de manera que se envían al relleno sanitario.

- DSH peligrosos

- \* Incinerador del Hospital General San Juan de Dios (actual).
    - \* Planta La Verbena (actual).
    - \* Incinerador del Hospital Roosevelt (propuesta).

La tabla XXIV muestra los requerimientos para operación del sistema de tratamiento de DSH, referentes a equipo y herramientas, suministros y administración.

Tabla XXIV. **Requerimientos para operación**

Hospital	Equipos y herramientas	Suministros	Contenedores	Capacitación
<b>Roosevelt</b>	Incinerador, guantes de lona, mascarillas, anteojos, gabachas, overoles, botas de hule, cascos.	Bolsas rojas, negras, contenedores plásticos para objetos punzo-cortantes.	Carros con tapaderas y rodos especiales para el transporte de los contaminantes, centros de acopio.	Comité de nosocomiales: material didáctico, audio-visual y papelería.

Fuente: elaboración propia.

La tabla XXV muestra el flujo de manejo interno de los DSH en el Hospital Roosevelt. Dicho flujo es incluido dentro de los cursos de capacitación que se imparten al personal involucrado.

Tabla XXV. **Flujo de manejo interno de los DSH en el Hospital Roosevelt**

Operación	Quien	Qué	Donde	Cómo	Cuándo
<b>Segregación separar y envasar DSH</b>	Enfermería, médicos, técnicos de laboratorio, microbiología, patología, medicina nuclear y rayos x	Punzocortantes, curaciones, gasas, curaciones. Orgánicos y patológicos	Diferentes servicios hospitalarios	Se colocan en recolectores para punzocortantes y bolsas plásticas de 0.8 micrones	Al producirse el desecho
<b>Etiquetado</b>	Personal de intendencia	Al llenarse las 3 terceras partes de los recipientes.	En el servicio donde se generen	Al llenarse el recipiente al nivel indicado	Al sellar la bolsa
<b>Acumulación</b>	Personal de intendencia	Bolsas y dispensadores etiquetados y sellados	Depósitos de basura de cada servicio	Recipientes y bolsas plásticos	Al hacer recorrido de recolección
<b>Recolección y transporte</b>	Personal de intendencia	Contenedores	Vehículos de intendencia de tracción manual	Siguiendo la ruta de recolección establecida	6 a 6:30 horas, de 11 a 12 horas y de 18 a 19 horas
<b>Almacenamiento temporal</b>	Personal de intendencia	De acuerdo a su naturaleza se dispondrá de la misma	En el depósito general de basura	Separando los DSH entre comunes y peligrosos	Después de los tres tiempos de recolección de DSH

Fuente: comité de DSH, Hospital Roosevelt.

### **5.5.1.1. Etapas de la incineración de desechos sólidos hospitalarios**

El proceso de incineración lleva consigo una serie de actividades que se deben programar para que se pueda operar eficientemente. Dentro del sistema de incineración propuesto, se tiene previsto el acompañamiento de un autoclave y un triturador mixto, los cuales deben realizar las siguientes etapas para que el equipo trabaje conjuntamente:

- Control del régimen de temperaturas y presión en los diferentes equipos a utilizar.
- Limpieza de la maquinaria a utilizar.
- Aplicación autoclave para residuos punzocortantes como jeringas y agujas.
- Trituración de productos del autoclave.
- Incineración de residuos debidamente etiquetados.
- Descarga de cenizas con su debido embalaje.
- Control y verificación de gases hacia el medio ambiente.

Para las etapas de la incineración se tiene previsto la adaptación de una capacitación, en la cual se le presente al personal operativo y técnico-administrativo los pasos y procesos de las personas encargadas del equipo que deben realizar.

## **6. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

Actualmente es de suma importancia el análisis y cuidado del medio ambiente para la realización de proyectos, por esto se describen las características y modificaciones del proyecto, identificando e interpretando el impacto ambiental para que se pueda minimizar el riesgo de contaminaciones de cualquier tipo y que los efectos no alteren los recursos naturales como el aire, suelo, agua, fauna y flora.

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), es la entidad del sector público especializada en materia ambiental y de bienes y servicios naturales que regula las leyes y cualquier tipo de normativa que se deba cumplir en Guatemala, como el análisis y estudio de impacto ambiental.

### **6.1. Determinación del emplazamiento**

El Hospital Roosevelt es un nosocomio de mucha importancia dentro de los sistemas de salud que se encuentran en Guatemala, debido a su magnitud y beneficio que brinda a los habitantes de la ciudad.

Se encuentra ubicado en la 6ª avenida y calzada Roosevelt de la zona 11 de la ciudad capital de Guatemala, teniendo una única vía de acceso terrestre, guiándose por la calzada Roosevelt y entrando por la 6ta. Avenida de la zona 11.

Actualmente está rodeado por la Unidad Nacional de Oftalmología, Unidad de Cirugía Cardiovascular y la Unidad Nacional de Oncología Pediátrica. Estas unidades son aledañas al hospital, y existe cercanía con los movimientos de personas que se movilizan por estos servicios.

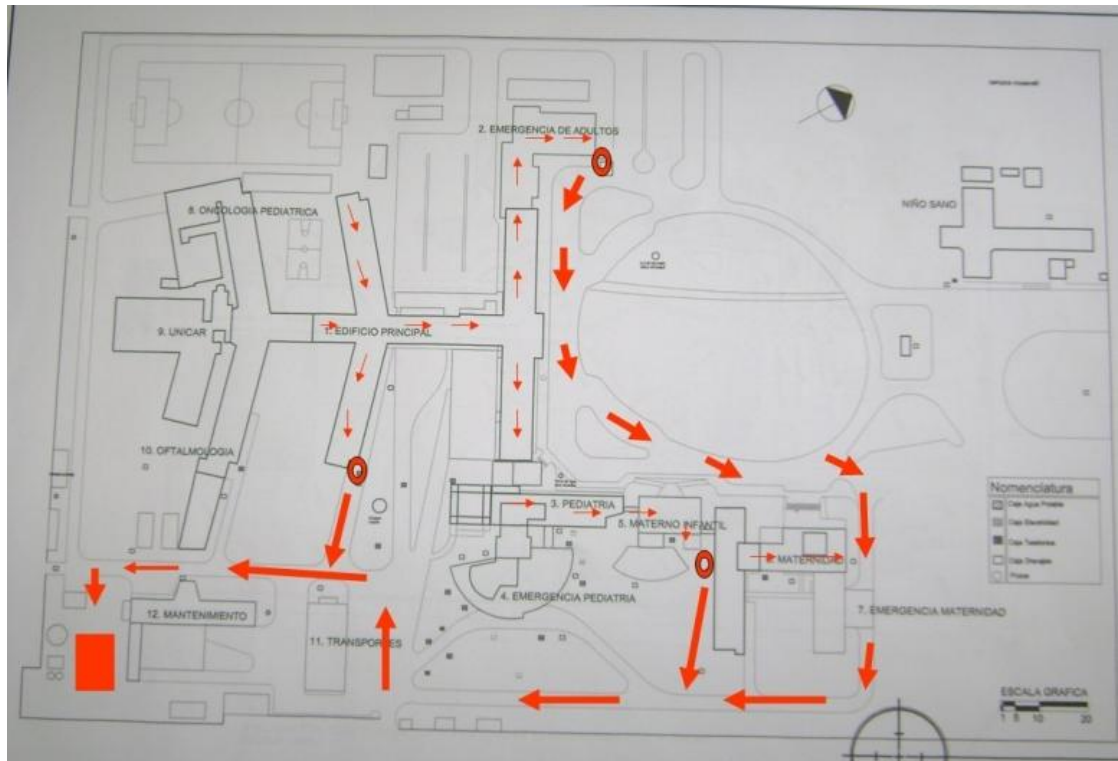
Aledaño al hospital se encuentra la 5ta avenida de la zona 11, siendo esta vía la entrada hacia el mercado El Guarda. Este mercado posee gran variedad de ventas callejeras, como de locales instalados con infraestructura formal, restaurantes, casetas de comidas rápidas y tránsito de vehículos livianos y pesados (camionetas urbanas).

En la entrada principal por la 6ta avenida está el parqueo Ecológico del MSPAS, colindando con la consulta externa de Niño Sano. El hospital está rodeado por varias áreas verdes, con árboles y secciones en proceso de jardinería.

En la figura 12 se muestran las rutas de recolección de los DSH que se tienen planificadas actualmente dentro del perímetro del Hospital Roosevelt, tomando en cuenta que las flechas más pequeñas señalan el transporte interno en la recolección de cada servicio y las flechas más grandes el transporte por medio de los carretones que se envían hacia el centro de acopio.



Figura 12. Rutas de recolección de DSH



Fuente: elaboración propia.

- Gestión ambiental
  - Política ambiental
    - \* Respetar el ambiente protegiéndolo y garantizando la armonía entre sus actividades y el ambiente.
    - \* Cumplir con la normativa ambiental nacional y cuando ésta no exista en temas involucrados con sus actividades, tomar en cuenta la normativa internacional.

- \* Mantener comunicación fluida con el sector competente en cuanto a la relación entre sus operaciones y los aspectos ambientales.
  - \* Informar a la comunidad y grupos de interés (pacientes, trabajadores, proveedores, contratistas) sobre sus actividades y su política ambiental para que sean cumplidas por éstos.
  - \* Mantener capacitados a sus trabajadores para que la política ambiental pueda ser cumplida.
  - \* Asegurar que cada elemento o cambio de los procedimientos hospitalarios incluya las normas y política ambiental.
  - \* Monitorear los componentes de su gestión ambiental para garantizar su buen funcionamiento y el estado saludable del ambiente.
- Procedimientos básicos de cada etapa del manejo de desechos
    - Acondicionamiento

Consiste en embalar o acomodar los residuos en recipientes adecuados que eviten los derrames y que sean resistentes a las acciones de punctura y ruptura y cuya capacidad sea compatible con la generación diaria de cada tipo de residuo para un transporte seguro, este acondicionamiento deberá ir de acuerdo con su clasificación.

- Segregación

Es la clave del manejo, debido a que en esta etapa se separan los residuos, una clasificación incorrecta puede ocasionar problemas posteriores. Cada uno de los residuos considerados en la clasificación y adoptada por el hospital debe contar con un recipiente apropiado. En esta etapa se usa, tanto bolsas plásticas de color, como recipientes especiales para los residuos punzo cortantes.

- Almacenamiento primario

Es el depósito temporal de los residuos ubicados dentro del establecimiento, antes de ser transportados al almacenamiento intermedio, el tiempo de almacenamiento no debe ser superior a doce horas.

- Almacenamiento intermedio

Las bolsas y recipientes de desechos deberán ser sellados y llevados a un lugar especial de almacenamiento donde se colocarán en pilas separadas de acuerdo al color de las bolsas, dos veces al día o con más frecuencia en quirófanos y unidades de cuidados intensivos. El lugar del almacenamiento deberá ser seguro y contar con instalaciones que permitan su limpieza, en caso de derrames de desechos.

- Transporte interno

Los vehículos para el transporte de desechos deben ser estables, silenciosos, higiénicos, de diseño adecuado y permitir el transporte con un mínimo de esfuerzo.

- Almacenamiento final

Es la selección de un ambiente apropiado a nivel intrahospitalario para acopiar los residuos en espera de ser transportados al lugar de tratamiento, reciclaje o disposición final.

- Tratamiento

Para cualquier método de tratamiento empleado debe realizarse una verificación periódica de los parámetros críticos (temperatura, humedad, volumen de tratamiento, tiempo, etc.).

- Recolección externa

Los desechos peligrosos en ningún caso deberán transportarse junto con los desechos municipales, se deben emplear vehículos especiales cerrados.

- Disposición final

El Hospital Roosevelt debe asegurarse de que la empresa prestadora de servicios utilizada para el manejo de desechos sólidos hospitalarios, cuente con la autorización emitida por el MARN y que los desechos sean depositados en un área adecuada.

## 6.2. Identificación de impactos

Gran parte de los impactos derivados por el tratamiento de DSH dentro del Hospital Roosevelt son generados por el incinerador, debido a que cuenta con una chimenea y ésta tiene emisiones de gases, los cuales son elevados hacia la atmosfera.

La tabla XXVI muestra un indicador de los impactos que el proyecto de incineración genera en los distintos recursos ambientales.

Tabla XXVI. **Identificación de impactos en el medio ambiente**

	Incinerador	Autoclave industrial	tritador mixto
Aire	X		
Agua		X	
Suelo	X		X
Fauna			
Flora	X		

Fuente: elaboración propia.

A partir de la identificación de impactos en el medio ambiente, se establece detalladamente el incinerador como se muestra a continuación:

## Incinerador

- Liberación al medio ambiente de compuestos denominados productos de combustión incompleta (PCI's), como las dioxinas y los furanos, metales pesados y residuos sin quemar.
- Liberación de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), debido a la combustión de materiales que dentro de su composición contienen azufre.
- Liberación al aire de gases ácidos que contienen flúor y cloro, como el fluoruro y el cloruro de hidrógeno.
- Producción de cenizas y efluentes líquidos que contienen compuestos tóxicos.

### **6.3. Análisis y evaluación de impactos ambientales**

- PCI's

Las dioxinas son compuestos persistentes y susceptibles de biomagnificación, es decir sus concentraciones se van elevando hacia eslabones superiores de la cadena alimenticia.

La incineración de residuos hospitalarios libera al medio ambiente metales pesados, incluidos el plomo, cadmio y el mercurio. Éstos mismos se presentan en cantidades bastante pequeñas en comparación al volumen necesario para afectar al ser humano y causarle daño físico. La existencia de fuentes de cloro dentro del incinerador es lo que ocasiona el inicio de la formación de dioxinas, a lo que se deduce que estas fuentes pueden ser el PVC y el papel.

- SO<sub>2</sub>

El dióxido de azufre es un gas irritante para los ojos, nariz y garganta. Dentro de los residuos hospitalarios, el azufre no es un químico que sea característico en la mayoría de las proporciones, pero con el tiempo es el responsable de la producción de lluvia ácida.

- Gases ácidos

Dentro de los residuos hospitalarios pueden existir productos que contienen flúor, mientras que el cloro, se encuentra regularmente en plásticos, sobretodo en el policloruro de vinilo, que suele ser un material que contiene cloro, lo cual genera contaminación al aire.

- Cenizas y efluentes

A pesar de que la contaminación del incinerador se da en su mayoría por la generación de gases de la chimenea, existen también la producción de cenizas y efluentes líquidos. Los impactos que pueden producir dependen de la naturaleza química de los desechos, lo cual algunos compuestos como sulfatos, nitratos y cloruros metálicos alteran la volatilidad de los metales y eso hace que se produzcan cenizas de tipo contaminante.

Otro de los factores que puede causar esto es la combustión incompleta o una pobre combustión con déficit de aire, el cual hace que sean más pesadas las cenizas.

#### **6.4. Propuesta y selección de alternativas**

Las alternativas que se pueden adecuar al tratamiento de DSH son bastantes, pero van a depender de la inversión que se quiera realizar, de las leyes que se estén regulando y de los análisis de los efectos que dichas alternativas puedan ejercer sobre la salud humana y el cuidado del medio ambiente.

Para lograr el control de la contaminación atmosférica, se puede realizar la inyección de amoníaco en la propia zona de combustión para controlar los óxidos de nitrógeno, también se puede utilizar una depuradora seca o húmeda, por ejemplo, lechada de cal para controlar los óxidos de azufre y con todo esto, adaptar un filtro de mangas para separar partículas que sean de grano volátil.

Un gran aporte hacia las propuestas de reducción de PCI's es proporcionar un plan de reciclaje de productos plásticos como policloruro de vinilo, poliestireno y polietileno, constituyéndose un plan de reutilización o de su correcto desecho para que las cantidades de cloro se puedan reducir y no crear dioxinas o furanos.

El tratamiento de las cenizas y efluentes que salen del incinerador se pueden regular con una buena combustión dentro de la cámara primaria, realizando un gasto un tanto elevado de operación, pero reduciendo los niveles de humedad que se puedan producir.

Otra manera para reducir el volumen y evitar que se formen cadenas de concentración alimenticia elevada, es la buena separación de los residuos, incinerando únicamente de un mismo tipo de compuestos, aunque se pueda ver afectado el tiempo en el que se realiza el desempeño de la operación.



## **6.5. Plan de gestión ambiental**

Dentro de este plan se busca proporcionar información para la verificación de los impactos antes mencionados, así como las actuaciones del proyecto en cualquiera de sus fases.

Para el sistema de incineración es necesario tener en cuenta mediciones y frecuencia de toma de datos, para que se pueda concretar el seguimiento de los posibles análisis y el buen funcionamiento del incinerador con respecto a las leyes nacionales.

### **6.5.1. Mitigaciones ambientales**

El manejo de DSH es un sistema complejo que requiere de una buena administración de los recursos y del conocimiento propio del tema, siendo así que la reducción de la vulnerabilidad con respecto a la contaminación se vuelva importante.

- Suelo

El relleno sanitario existente deberá aislarse adecuadamente para evitar el transporte de sustancias tóxicas por flujos subterráneos, delimitando el área con muros, los cuales pueden ser de bentonita que ser introducirán de manera considerable hasta encontrar un equilibrio de impermeabilidad.

La delimitación del área de relleno es suma importancia para poder evitar cualquier tipo de capa que pueda desgastar con más facilidad el terreno.

Estructuración de la política ambiental, de modo que se concientice a la población de la separación y reciclaje de los plásticos producidos por los desechos, creando así una integración del personal operativo y administrativo, a manera de evitar la creación de metales pesados, productos de la incineración mixta.

- Aire

Implementación de un embudo de, como mínimo, 1.5 metros de largo para la reducción de la sección de la chimenea del incinerador, logrando así que se pueda aumentar la velocidad de salida de los gases de escape, permitiendo la elevación de los mismos y evitando que caigan o afecten dentro del territorio del hospital.

### **6.5.2. Plan de contingencia**

El Hospital Roosevelt se encuentra actualmente en funcionamiento y el desempeño de sus operaciones está administrado por personal altamente calificado por lo que se establece el plan de contingencia que se adecúe al nivel que se necesita dentro de los parámetros de seguridad industrial y ambiental.

La seguridad e higiene industrial es de vital importancia para la realización del proyecto. Se colocarán señalizaciones ubicadas estratégicamente en los servicios donde se genere cualquier tipo de desecho.

Las señalizaciones consistirán en dar a conocer los distintos tipos de DSH y algunas de las precauciones y recomendaciones que sea requerido tener en cuenta para un manejo de desechos con responsabilidad, como se puede observar en los anexos.

La instalación y realización del proyecto debe estar respaldada por los siguientes casos que constituyen su contingencia ambiental:

- Incendio

El tipo de funcionamiento del incinerador está ligado a la posible alteración de reacciones químicas y físicas para lo que se debe tener en cuenta el cuidado del personal dentro del hospital, la vegetación y el medio ambiente.

Dados estos parámetros se creará una brigada de incendios compuesta por 5 trabajadores internos pertenecientes al área de mantenimiento e higiene del hospital para que con la ayuda de los bomberos voluntarios puedan ser capacitados para la lucha contra el fuego.

- Derrame de combustibles

La contaminación de los suelos y de las aguas debe ser de total cuidado, para lo que se tendrá el uso de superficies impermeables para almacenamiento temporal del combustible diesel, también se tendrá mantenimiento preventivo de equipos y dispositivos auxiliares para evitar rotura de mangueras o piezas hidráulicas.

- Comunicación integral

Se instalará una estación centralizada la cual poseerá un teléfono celular y/o fijo con un listado de teléfonos de emergencias y directorio de las oficinas relacionadas al proyecto dentro del hospital.

Como parte del procedimiento a seguir en caso de alguna emergencia ambiental y como medidas generales se mencionan las siguientes actividades:

- Informar al encargado de mantenimiento de cualquier suceso de emergencia;
- Evacuar el lugar, si realmente fuese necesario, únicamente con orden del jefe de mantenimiento;
- Prestar primeros auxilios;
- Resguardar la calma del personal reuniéndolos en grupos de 10 personas;
- Evaluar si el problema puede ser solucionado;
- Si fuese necesario, solicitar apoyo externo ajeno al hospital.

## CONCLUSIONES

1. Actualmente el Hospital Roosevelt cuenta con 877 camas para dar servicio a la comunidad, teniendo un crecimiento potencial de generación de desechos sólidos hospitalarios de más del 100% anual, lo que implica la saturación de las plantas de tratamiento nacionales y la elevación de los costos por pago de servicio externo para dichos desechos.
2. En Guatemala existen dos tipos de tratamiento para DSH: el de incineración y por desinfección y trituración; el manejo de los desechos es cubierto por la planta de incineración La Verbena y dos empresas privadas que son Biotrash (Alcances Médicos S.A.) y Eco termo de Guatemala S.A.
3. La instalación, tanto del equipo de incineración como de equipos auxiliares en el Hospital Roosevelt, generará un ahorro sustancial de Q 2 097 931,90 anualmente, después de amortizada la inversión inicial estimada a 4 años.
4. La reducción de riesgos en daños al medio ambiente está sustentada en la realización del plan de gestión ambiental constituido por varias mitigaciones ambientales y un plan de contingencias, complementándose con capacitaciones dirigidas a cualquier nivel, tanto administrativo como operativo.
5. El tratamiento de DSH contratando servicio privado genera un costo de Q 3,62 por libra y el sistema con tratamiento propio reduce el costo a Q 2,97 por libra, por lo que la realización del proyecto es viable y factible.

6. La integración de todo el hospital al sistema de gestión ambiental es un acercamiento a una producción más limpia dentro del proceso de incineración, debido a que dicho proceso reduce hasta un 90% el volumen de los desechos, eliminando totalmente agentes patógenos y evitando el tratamiento previo de los residuos antes de ser transformados.
  
7. El buen funcionamiento del Hospital Roosevelt en el área de DSH está basado en la optimización del recurso de mano de obra operativa que actualmente labora en dicha institución, en el control periódico de la contaminación, generada por los gases procedentes de la incineración y de la cultura organizacional aplicada en el tren de aseo interno y externo de los desechos producidos.
  
8. El reciclaje de productos plásticos, como policloruro de vinilo, poliestireno y polietileno contribuye directamente con el desarrollo sostenible del sistema de tratamiento por incineración, ya que por medio de la reutilización y el correcto desecho de los plásticos reduce las cantidades de cloro, evitando la creación de dioxinas o furanos.

## RECOMENDACIONES

1. Establecer un plan de capacitación por el comité de desechos sólidos hospitalarios para el personal activo del Hospital Roosevelt, con el objetivo de concientizar el manejo de los desechos, interna y externamente de la institución, enfatizando en el cuidado de la salud humana y la protección del medio ambiente.
2. Establecer convenios internos con las empresas Biotrash (Alcances Médicos S.A.) y Ecotermo de Guatemala S.A., para analizar un equilibrio de costos en los que el hospital pueda tratar propiamente un porcentaje sus desechos y gestionar el resto con dichas empresas, a un menor costo.
3. Destinar un porcentaje de los ahorros generados por la instalación de tratamiento propio de DSH en el Hospital Roosevelt, para el cuidado, manejo y control de la contaminación del medio ambiente.
4. Incluir dentro de las actividades del comité de desechos sólidos hospitalarios, la realización de conferencias, visitas técnicas y planes de manejo interno, enfocados propiamente a una producción más limpia.
5. Desarrollar un plan de seguridad industrial en donde se incluya señalización, rótulos visuales con recomendaciones, prohibiciones y actividades necesarias para el manejo de reciclaje interno, específicamente la separación y/o reutilización de plásticos, involucrando a todo el personal administrativo y operativo dentro de la institución.





## BIBLIOGRAFÍA

1. ARGUETA CHACÓN, Sergio Manolo. “Diseño de incineración de desechos sólidos hospitalarios con un control electrónico para su automatización”. Trabajo de Graduación de Ing. Mecánica Eléctrica. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2001. 113 p.
2. BARCA URBINA, Gabriel. *Evaluación de proyectos*. 5ª ed. México: McGraw-Hill, 2006. 392 p.
3. CONESA FERNÁNDEZ-VITORA, Vicente. *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. 3ª ed. Madrid: Mundi-Prensa, 2000. 410 p.
4. KOONTZ, Harold; O´DONNELL Cyril; WEIHRICH, Heinz. *Administración*. 3ª ed. México: McGraw-Hill, 1988. 757 p.
5. MONROY PERALTA, Fredy Mauricio. “Evaluación del incinerador de La Verbena”. Trabajo de Graduación de Ing. Mecánica. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007. 31 p.
6. MOTA CHI, Guillermo Enrique. “Propuesta de un programa para la operación y mantenimiento de incineradores en hospitales nacionales”. Trabajo de Graduación de Ing. Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2005. 127 p.

7. MUSTO, Stefan. *Análisis de eficiencia: metodología de la evaluación de proyectos sociales de desarrollo*. Madrid: Tecnos, 1975. 197 p.
8. RAMIREZ JUÁREZ, Juan Carlos. “Disposición final de los desechos sólidos hospitalarios y factibilidad de instalación de un incinerador en el Hospital Regional de Occidente “San Juan de Dios” de Quetzaltenango”. Trabajo de Graduación de Ing. Mecánica. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2005. 85 p.
9. REYNOSO COCHAJIL, Mario Ángel. “Los desechos sólidos hospitalarios y su necesaria reglamentación en la legislación guatemalteca para conservar la salud humana y minimizar el deterioro del medio ambiente”. Trabajo de Graduación de Abogado y Notario. Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2000. 92 p.
10. WARK, Kenneth; LONNGI AYALA, Pablo Alejandro. *Termodinámica*. 5<sup>a</sup> ed. México: McGraw-Hill, 1987. 905 p.

## ANEXOS

El proyecto del sistema de tratamiento de DSH en el Hospital Roosevelt se apoyará del Programa Regional de Desechos Sólidos Hospitalarios ALA 91/33, el cual fue elaborado con el apoyo financiero de la Unión Europea, para tomar como referencia ideas y enfoques para su señalización visual.

- Afiches



Fuente: Programa Regional Desechos Hospitalarios ALA 91/33.



Fuente: Programa Regional Desechos Hospitalarios ALA 91/33.

- Rótulos

**EN ESTE HOSPITAL  
LOS DESECHOS PELIGROSOS  
SE GUARDAN EN BOLSAS ROJAS  
¡ NO LAS TOQUE !  
CUIDE SU SALUD Y LA DE TODOS**



Programa Regional Desechos Hospitalarios ALA 91/33 • Unión Europea y Gobiernos Centroamericanos

Fuente: Programa Regional Desechos Hospitalarios ALA 91/33.



**LAS AGUJAS Y OTROS  
DESECHOS PUNZOCORTANTES  
PUEDEN PRODUCIR  
INFECCIONES MORTALES  
SEPÁRELOS  
EN RECIPIENTES ADECUADOS**

Programa Regional Desechos Hospitalarios ALA 91/33 • Unión Europea y Gobiernos Centroamericanos

Fuente: Programa Regional Desechos Hospitalarios ALA 91/33.