

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Propuesta para la creación de una Planta de Incineración para  
disposición final de Desechos Sólidos Hospitalarios

ASTRID MÉRIDA GOFFIN

Trabajo de Graduación presentado para optar al grado académico de Licenciatura  
en Ingeniería Industrial.



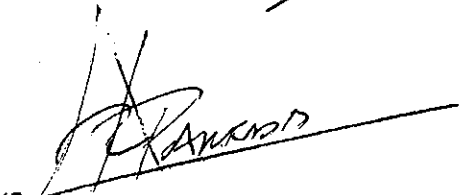
Guatemala, Mayo 2002

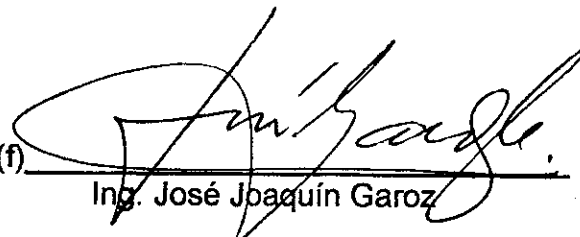
Propuesta para la creación de una Planta de Incineración para  
disposición final de Desechos Sólidos Hospitalarios

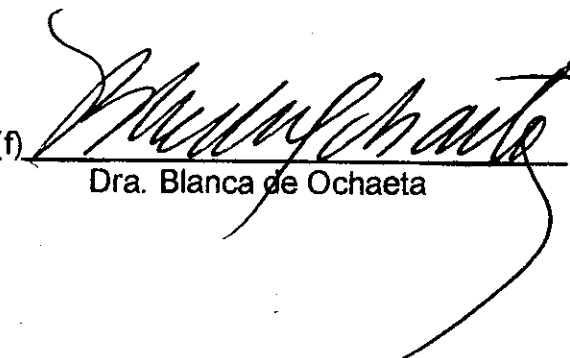
Vo. Bo. :

(f)   
Dra. Blanca de Ochaeta

Tribunal :

(f)   
Ing. Carlos R. Paredes

(f)   
Ing. José Joaquín Garoz

(f)   
Dra. Blanca de Ochaeta

Guatemala, 14 de junio del 2002

## DEDICATORIA A:

Mis padres  
Gerda y Víctor:

Por su amor, su esfuerzo, su apoyo y su comprensión.  
Gracias por creer en mí.

Mis hermanas  
Evelyn y Stefanie:

Por su apoyo y su cariño.

# ÍNDICE

Pág.

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	2
III. MARCO TEÓRICO.....	3
A. Definiciones básicas.....	3
B. Clasificación de los desechos.....	3
C. Manejo de Desechos Sólidos Hospitalarios.....	7
IV. DIAGNÓSTICO DE SITUACIÓN EN GUATEMALA.....	17
A. Antecedentes.....	17
B. Marco constitucional.....	18
C. Hospitales Nacionales del Departamento de Guatemala.....	24
D. Manejo actual de los DSH/P.....	25
E. Definición de los problemas y los riesgos.....	35
V. PROPUESTA PARA CREACIÓN DE PLANTA DE INCINERACIÓN.....	37
A. Estudio técnico.....	37
B. Estudio económico.....	52
VI. CONCLUSIONES.....	61
VII. RECOMENDACIONES.....	62
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	63

## I. INTRODUCCIÓN

El deterioro ambiental, resultado de la aplicación de estrategias desarrollistas, se ha expresado en el agotamiento de recursos naturales, la generación de residuos tóxicos y peligrosos, la destrucción de ecosistemas y la extinción de las especies. Hasta hace poco tiempo, el modelo de desarrollo había prestado poca atención al medio ambiente. La naturaleza se veía como otra forma de capital y los servicios ambientales, al no haber precios para ellos, no eran considerados como parte de los procesos económicos. Esto ha dado paso a una preocupación y búsqueda de alternativas para esta preocupante crisis ambiental, conocido como *Desarrollo Sustentable*.

Guatemala ha experimentado durante años un proceso intenso de crecimiento con un deficiente control ambiental. Para comenzar a trabajar lo que es un desarrollo sustentable, es necesaria la generación de cambios en todos los niveles y atacando la ignorancia.

Este trabajo fue motivado por la falta de importancia que se le ha dado hasta ahora en Guatemala a la contaminación por desechos biológico-infecciosos. La mayoría de las personas no se dan cuenta de los peligros que representa su mal manejo y disposición final. La necesidad de tratar dichos desechos surgió desde su generación, pero lamentablemente hasta hace poco se empieza a hacer algo al respecto.

La naturaleza de este trabajo de graduación se construye en tres partes, la primera se conforma de un marco teórico para familiarizarse con la terminología utilizada a lo largo de todo el estudio. La segunda parte se refiere concretamente a un proceso de investigación, el cual se presenta a manera de un diagnóstico. A partir del diagnóstico se define la problemática actual del manejo de los desechos sólidos hospitalarios peligrosos en los 7 hospitales de la Red Nacional de Hospitales del Área de Salud Guatemala. En la tercera parte se presenta una propuesta de manera concreta, lo cual merece atención primordial, dado que es la implicación de mayor incidencia de este estudio.

Cualquier propuesta que surge del sector público, guarda de alguna manera, relación con el conjunto de acciones derivadas de los otros sectores. La problemática de la salud no

sólo es cuestión del Ministerio de Salud, sino que involucra también a las condiciones socioeconómicas, ecológicas, educativas, culturales, etc.

Con la ejecución de este proyecto, se desea alcanzar los siguientes objetivos:

### **A. Objetivo General**

- Contribuir a sistematizar la gestión y manejo de desechos sólidos hospitalarios peligrosos mediante la creación de una planta de incineración y relleno sanitario.

### **B. Objetivos Específicos**

- Controlar la producción, clasificación, manejo, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos hospitalarios peligrosos.
- Reducir la contaminación ambiental.
- Aminorar los riesgos laborales por mal manejo de los desechos peligrosos.
- Reducir los riesgos de enfermedades adquiribles por el mal manejo de los desechos peligrosos.

## II. MARCO TEÓRICO

### A. Definiciones básicas

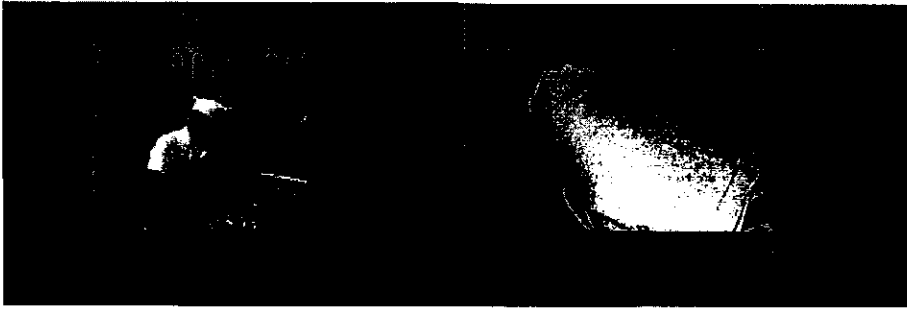
Para exponer la situación actual en Guatemala en cuanto al manejo de desechos hospitalarios, es necesario definir primero lo que se entiende por desecho. Se considera **desecho** a cualquier material a partir del momento en que haya sido descartado. Se consideran **Desechos Sólidos Hospitalarios (DSH)** los generados por una Instalación de Salud. Por **Instalación de Salud** se entiende cualquier establecimiento en donde se preste atención a la salud humana o animal mediante actividades de prevención, tratamiento, análisis o investigación, por ejemplo: hospitales propiamente dichos, públicos o privados, centros y puestos de salud, laboratorios de análisis clínico, clínicas veterinarias, clínicas odontológicas, bancos de sangre, farmacias y otros.

### B. Clasificación de los desechos

Los DSH presentan riesgos y dificultades especiales en su manejo debido fundamentalmente al carácter infeccioso de los mismos. La clasificación de los DSH es el primer paso hacia una gestión segura, efectiva y económica. El principal requisito de una buena clasificación es no dejar lugar a ambigüedades. A partir de una claridad absoluta sobre lo que son los desechos peligrosos para la salud, se pueden poner en práctica procedimientos de manejo y de tratamiento seguros para los trabajadores y el medio ambiente. A continuación se presenta la clasificación de los distintos tipos de desechos generados por instalaciones de salud.

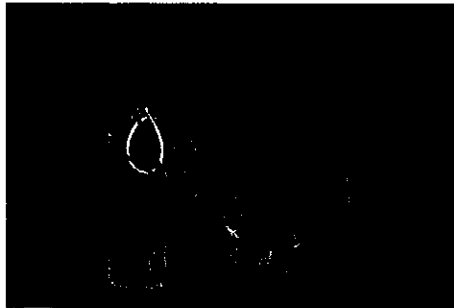
#### 1. Desechos comunes

Son todos los desechos generados principalmente por las actividades administrativas, auxiliares y generales. Son similares a los desechos de producción doméstica y no requieren manejo especial.



## 2. Desechos peligrosos

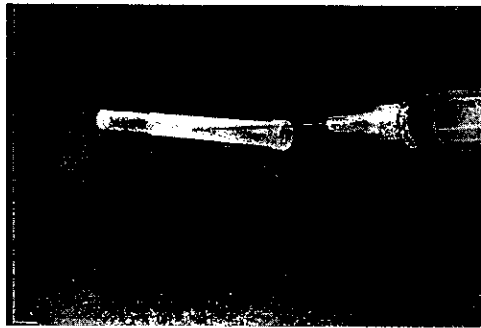
Se consideran **Desechos Sólidos Hospitalarios Peligrosos (DSH/P)** todos los residuos producidos en instalaciones de salud que de una forma u otra pueden afectar la salud humana o animal y el medio ambiente.



- a. **Bioinfecciosos:** son generados durante las diferentes etapas de la atención de salud y que por lo tanto pueden contener bacterias, virus u otros microorganismos con capacidad de provocar infección y que causan efectos nocivos a los seres vivientes.
  - i. **Infecciosos:** materiales provenientes de salas de aislamiento de pacientes con enfermedades altamente transmisibles, excreciones, exudados, materiales biológicos como medios de cultivo, placas de Petri, sangre humana y productos derivados.



- i. **Patológicos:** incluyen tejidos, fluidos corporales, órganos que se remueven durante las autopsias, cirugía o algún otro tipo de intervención, así como las muestras biológicas para análisis químico, microbiológico, citológico o histológico.
- ii. **Punzocortantes:** agujas hipodérmicas, jeringas, bisturíes, lancetas, agujas de sutura, material quirúrgico, pipetas de Pasteur, tubos, placas de cultivos, objetos de cristal enteros o rotos que estuvieron en contacto con fluidos corporales o con microorganismos infecciosos. También se considera peligroso cualquier punzocortante desechado, aun cuando no haya sido utilizado.

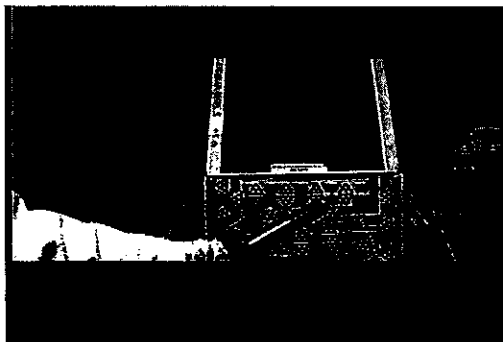


- b. **Químicos:** desechos generados durante las actividades auxiliares de las instalaciones de salud y que no han estado en contacto con fluidos corporales ni con agentes infecciosos. Estos incluyen los desechos provenientes de productos utilizados para diagnóstico, quimioterapia, trabajos experimentales, limpieza y desinfección, productos químicos no utilizados, plaguicidas, solventes, medicamentos vencidos.



- i. **Citotóxicos:** desechos tóxicos para las células, con características cancerígenas, mutagénicas o capaces de alterar el material genético.
- ii. **Corrosivos:** desechos que producen erosión. Tienen un pH menor o igual a 2, o mayor o igual a 12.5.

- iii. **Explosivos:** desechos que pueden ocasionar una reacción química violenta y produce un estallido.
  - iv. **Inflamables:** desechos capaces de ocasionar un incendio por fricción, por absorción de humedad o por producir un cambio químico espontáneo que puede generar un incendio. Puede ser líquido, sólido o gaseoso.
  - v. **Reactivos:** materiales inestables, reaccionan violentamente con el agua formando mezclas explosivas, capaces de generar gases peligrosos o potencialmente mortales.
  - vi. **Tóxicos:** pueden causar daños a la salud humana si se ingieren, inhalan o entran en contacto con la piel.
- c. **Radioactivos:** son generados en los laboratorios de investigación biológica y química, en laboratorios de análisis clínico, en los servicios de radiología y de medicina nuclear. Estos desechos pueden ser líquidos o sólidos e incluyen materiales o sustancias comúnmente utilizadas en los procedimientos clínicos o de laboratorio: jeringas, frascos, orina, heces, papel absorbente, etc. No pueden ser tratados con métodos químicos o físicos y tienen que ser aislados en depósitos de decaimiento hasta que su actividad radioactiva se encuentre dentro de los límites permitidos para su eliminación, de conformidad con las disposiciones del Ministerio de Energía y Minas.



- d. **Especiales:** desechos de gran tamaño, contenedores presurizados, desechos provenientes de construcción de obras civiles, fármacos vencidos que no se clasifican como peligrosos, maquinaria obsoleta, mobiliario de madera o de metal.



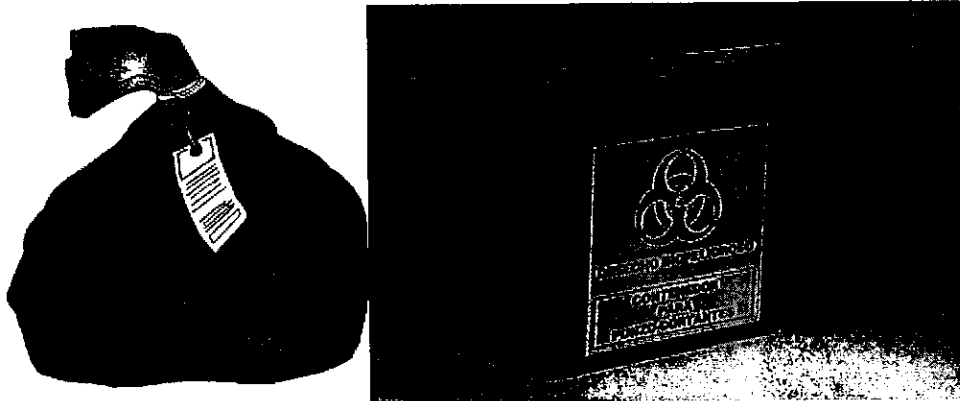
## C. Manejo de Desechos Sólidos Hospitalarios

El objetivo principal de llevar a cabo un diagnóstico de situación es determinar la problemática existente, para así definir los planes de acción. A manera de definir la problemática, es necesario tener parámetros de comparación o lineamientos que permitan guiar la forma correcta de proceder. Para ello se indican a continuación cada uno de los procesos que implica un adecuado manejo de los DSH. El manejo de los DSH se divide en el tren de aseo interno y el tren de aseo externo. El **tren de aseo interno** de los desechos hospitalarios es un conjunto de operaciones que se realizan en el interior de las instalaciones de salud, con el fin de asegurar un manejo efectivo de los desechos peligrosos hospitalarios. Comprende las siguientes operaciones:

### 1. Segregación:

Consiste en separar los desechos contaminados de los desechos comunes, y colocarlos en el envase adecuado dependiendo de sus características de peligrosidad. Esta operación es la primera actividad en el manejo de los desechos y debe efectuarse en el lugar donde se generan, esto permite la recuperación de materiales reusables y facilita el reciclaje. Asimismo, reduce la cantidad de materiales peligrosos que requieren manejo especial, por lo que reduce costos de manejo y sobre todo disminuye los niveles de riesgo. Para los desechos comunes se utilizan bolsas de color NEGRO, para los desechos bioinfecciosos se usan bolsas de color ROJO, y para los desechos químicos se utilizan bolsas de color BLANCO. Las bolsas deben llevar el símbolo universal de peligrosidad correspondiente a cada tipo de desecho, y deben ser de material plástico impermeable, polietileno opaco de baja densidad y con calibre de 0.08 a 0.10 mm.

Los punzocortantes deben ser descartados en envases resistentes e impermeables. Los sólidos que drenan líquidos deben ser desechados en envases herméticos, resistentes y que permitan la incineración y desinfección. Para los materiales de vidrio se deben usar recipientes de metal o plástico con volumen de 5 galones. Para residuos químicos se deben utilizar envases adecuados de acuerdo al estado físico del desecho y ser seguros. Los envases rígidos deben ser de material resistente, estar provistos de tapas herméticas y en el caso de los punzocortantes, las tapas no deben permitir la extracción del objeto desechado.



## 2. Etiquetado:

Es el proceso de colocar una etiqueta a cada bolsa, envase y contenedor que incluye los diferentes desechos peligrosos, con la finalidad de que sean fácilmente identificados por el personal para reconocer la peligrosidad y el riesgo que representan. Debe realizarse en el lugar de origen y en el momento de cerrar los recipientes, los rótulos deben ser indelebles y claros, lo que permite prevenir accidentes durante su manejo.



## 3. Acumulación:

Consiste en ubicar y almacenar temporalmente los desechos dentro del servicio en un lugar apropiado en espera de su recolección. Debe seleccionarse un lugar ventilado y alejado

de áreas estériles o de pacientes. Para ello se utilizan recipientes apropiados y debidamente rotulados.

#### **4. Recolección y transporte interno:**

Esta actividad es de gran importancia en el manejo de los desechos peligrosos. Consiste en trasladar los recipientes, contenedores y bolsas que almacenan los desechos del lugar de acumulación de los distintos servicios hacia el área de almacenamiento temporal. En esta fase hay que contemplar el horario y frecuencia en función a la cantidad y tipo de desecho generado por los servicios. La ruta crítica para el traslado de los contenedores debe ofrecer seguridad, con trayectos cortos y no interferir con los servicios o tránsito de personas. El medio de transporte deben ser carros manuales, que permitan transportar los desechos comunes y peligrosos por separado y tomar medidas de seguridad.



#### **5. Almacenamiento temporal:**

Es la última fase del manejo interno, la cual consiste en acumular los desechos peligrosos hospitalarios en espera de su recolección definitiva en áreas separadas para los desechos comunes y los desechos peligrosos para evitar la mezcla de los mismos, así como los focos de contaminación.

El centro de acopio debe estar alejado de los servicios, tener fácil acceso, ubicación próxima a las salidas y no tener cruce de circulación durante el transporte con servicios, cocina, lavandería, etc. Asimismo, debe tener suficiente espacio para el manejo de los desechos durante las maniobras de descarga, almacenamiento y recolección. Debe tener pisos y paredes lisas, impermeables, con ángulos redondeados y con declive del 2% hacia el desagüe. El lugar debe estar provisto de pila, chorro y equipo necesario para efectuar limpieza del área, y contar con un sistema de ventilación e iluminación. Deben haber rótulos para restringir el acceso a personas ajenas y estar protegido de la radiación solar.



El **tren de aseo externo** de los desechos peligrosos hospitalarios es el conjunto de operaciones que se realizan en el exterior de las instalaciones de salud, con el fin de garantizar un tratamiento y destino final seguro de los desechos peligrosos hospitalarios.

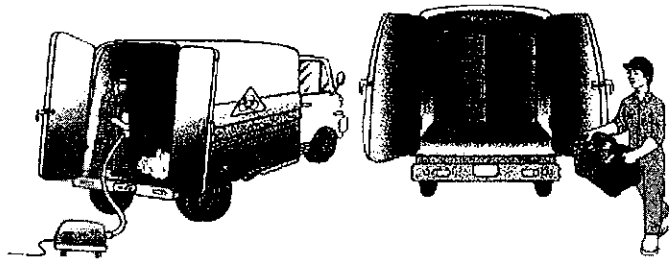
La institución de salud es la responsable de los desechos peligrosos que genera, su responsabilidad no concluye sino hasta que los desechos peligrosos se encuentren en un lugar seguro, para evitar riesgos a la población. Esta etapa consta de tres fases:

### **6. Recolección y transporte externo:**

El proceso de traslado de los desechos peligrosos hospitalarios desde el lugar de almacenamiento temporal en la instalación de salud hasta el lugar de tratamiento por personal debidamente entrenado.

Se debe evitar circular en vías muy transitadas y en horarios de mayor tránsito, estableciendo trayectos cortos y lo más directo posible hacia el lugar de la disposición. El medio de transporte debe tener área de carga separada de la cabina, con espacio suficiente para alojar los desechos, así como no permitir que las bolsas y contenedores se deslicen y puedan ocurrir derrames. Asimismo, debe ser lavable y con puerta amplia que permita las maniobras de carga y descarga y que pueda cerrarse con llave. Es importante que el camión

esté rotulado e indique la presencia de desechos peligrosos hospitalarios en ambos lados del mismo y que sean claramente visibles a 10 metros.



## 7. Tratamiento:

La finalidad de cualquier sistema de tratamiento es la de eliminar las características de riesgo de los desechos peligrosos hospitalarios para que después del tratamiento no representen más riesgo para la salud humana y el medio ambiente.

Cualquier sistema de tratamiento para los desechos peligrosos hospitalarios tiene que asegurar la destrucción total de los gérmenes patógenos, no ocasionar daño al medio ambiente, reducir el volumen de los desechos tratados y lograr la transformación irreversible para evitar la reutilización.

- a. **Desinfección:** consiste en eliminar los microorganismos patógenos presentes en los desechos bioinfecciosos. Se diferencia de la esterilización en que esta última implica la destrucción de todos los microorganismos presentes.
  - i. **Desinfección química:** para efectuar la desinfección química debe procederse a la trituración preliminar de los desechos bioinfecciosos. Este tipo de desinfección puede realizarse con una amplia variedad de desinfectantes. Su eficacia depende del tipo de desinfectante utilizado, de la concentración del mismo y del tiempo de contacto.

**Ventajas:**

- bajo costo
- puede realizarse en la fuente de generación

**Desventajas:**

- podría ser ineficaz contra cepas de patógenos que son resistentes a un químico determinado
- las oportunidades de desinfectar químicamente el interior de una aguja o jeringuilla son muy bajas
- podría aumentar los riesgos, porque se tiende a considerar que los desechos han sido “tratados”
- no reduce el volumen de los desechos tratados
- la disposición del desinfectante usado puede dañar el funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales, afectando el proceso de degradación biológica

ii. **Desinfección térmica húmeda:** consiste en someter los residuos bioinfecciosos a un tratamiento térmico, bajo ciertas condiciones de presión, en una cámara sellada (autoclave) por un tiempo determinado, previa extracción del aire presente. Para que la desinfección sea completa, el vapor tiene que penetrar en cada parte de los desechos y mantener la temperatura alrededor de los 160°C por un mínimo de 12 a 15 minutos. Para una desinfección efectiva, sobre todo de las agujas, sería preferible su trituración o desfibración preliminar. Los factores principales que deben considerarse cuando se tratan desechos infecciosos mediante la esterilización de vapor son el tipo de desecho, los empaques y recipientes, y el volumen de los desechos y el tipo de carga en la cámara de tratamiento.

**Ventajas:**

- alto grado de efectividad
- es un equipo simple de operar
- es conceptualmente similar a las autoclaves para esterilización

**Desventajas:**

- no reduce el volumen de los desechos tratados
- puede producir malos olores y generar aerosoles
- es necesario utilizar recipientes termo resistentes cuyo costo es relativamente alto

- no es conveniente para residuos patológicos, porque siguen siendo reconocibles después del tratamiento

iii. **Desinfección por microondas:** consiste en someter los desechos bioinfecciosos, previamente triturados y rociados con vapor, a vibraciones electromagnéticas de alta frecuencia, hasta alcanzar y mantener una temperatura de 95 a 100°C por el tiempo necesario. Estas vibraciones electromagnéticas producen como resultado el movimiento a gran velocidad de moléculas de agua presentes en los desechos. La fricción que se origina entre ellas genera un intenso calor. Nunca hay que poner objetos metálicos en estos hornos, ya que las microondas, al rebotar en el metal, generan descargas eléctricas entre éstos y las paredes del horno.

**Ventajas:**

- alto grado de efectividad

**Desventajas:**

- costo de instalación superior al del autoclave
- no apropiado para tratar más de 800 a 1000 kg diarios de desechos
- riesgos de emisiones de aerosoles que pueden contener productos orgánicos peligrosos
- requiere personal especializado y estrictas normas de seguridad

iv. **Desinfección por irradiación:** consiste en destruir los agentes patógenos presentes en los desechos mediante su exposición a radiaciones ionizantes. La molienda o desfibración preliminar es realizada para mejorar la eficacia del procedimiento. La irradiación es un proceso de alta tecnología que debe ser operado con grandes precauciones y necesita de estructuras físicas adecuadas. Por tales razones no se recomienda, sobre todo en situaciones en las cuales no haya técnicos disponibles y bien capacitados. Los riesgos que se enfrentan en la utilización de sustancias radioactivas son bien conocidos: daños al patrimonio genético, a la médula ósea, a las células de la sangre y a la piel.

**Ventajas:**

- alto grado de efectividad
- contaminación mínima
- menos costos que desinfección química o térmica

**Desventajas:**

- requiere máxima seguridad ante el peligro de radiaciones
- tecnología compleja y problemas de mantenimiento
- personal de operación altamente capacitado y estructuras físicas adecuadas
- la fuente de irradiación se convierte en desecho peligroso al terminar su vida útil

b. **Incineración:** consiste en destruir los desechos (bioinfecciosos y químicos) mediante un proceso de combustión en el cual éstos son reducidos a cenizas. Los incineradores pueden quemar la mayoría de los desechos sólidos peligrosos, incluyendo los farmacéuticos y los químico-orgánicos, pero no los desechos radioactivos ni los contenedores presurizados. Los incineradores modernos están equipados con una cámara primaria y otra secundaria de combustión, provistas de quemadores capaces de alcanzar la combustión completa de los desechos y una amplia destrucción de las sustancias químicas nocivas y tóxicas (dioxina, furanos, etc.). En la cámara de combustión secundaria se alcanzan temperaturas de alrededor de 1,100°C y se opera con un tiempo de permanencia de los humos de un mínimo de dos segundos. Para tratar el flujo de gases y las partículas arrastradas, antes de ser liberados a la atmósfera, se agregan torres de lavado químico, ciclones, filtros, etc. Los incineradores operan con máxima eficiencia cuando los desechos que se queman tienen un poder calórico suficientemente alto, es decir, cuando la combustión produce una cantidad de calor suficiente para evaporar la humedad de los desechos y mantener la temperatura de combustión sin añadir más combustible. En general, es preferible que los incineradores operen continuamente, ya que los cambios de temperatura provocados por los paros deterioran rápidamente los revestimientos refractarios. Un incinerador en funcionamiento continuo o discontinuo, cuidadosamente operado, tiene una vida útil de 10 a 15 años. Necesita mantenimiento constante y un mantenimiento anual extraordinario que implica el paro del equipo entre 20 y 30 días.

**Ventajas:**

- destruye cualquier material que contiene carbón orgánico, incluyendo los patógenos
- produce una reducción importante en el volumen de los desechos (80%-95%)
- los restos son irreconocibles y definitivamente no reciclables
- bajo ciertas condiciones, permite el tratamiento de residuos químicos y farmacéuticos
- permite el tratamiento de residuos anatómicos y patológicos

**Desventajas:**

- cuesta 2 ó 3 veces más que cualquier otro sistema
- supone un elevado costo de funcionamiento por el consumo de combustible
- necesita un constante mantenimiento
- necesita operadores bien capacitados
- conlleva el riesgo de posibles emisiones de sustancias tóxicas a la atmósfera

**8. Disposición final:**

La disposición final de los DSH/P se define como su ubicación en rellenos sanitarios u otro destino adecuado, después de haber sido desinfectados o incinerados. Cuando se utiliza un proceso de tratamiento diferente a la incineración, es conveniente, como medida de precaución, destinar los DSH/P a un área separada, en la que se garantice su recubrimiento inmediato con tierra, a fin de evitar que sean recuperados y reciclados por los rebuscadores de basura.

Considerando que en la gran mayoría de los países de América Central no existen rellenos sanitarios y que la basura se maneja en vertederos, es importante buscar alternativas mientras se logra un cambio de actitudes y legislación sobre la gestión de los vertederos municipales, con el fin de garantizar la seguridad al máximo.

Un **Relleño Sanitario Especial (RSE)** debe tener las siguientes características:

- Celda de seguridad en terreno adecuadamente impermeabilizado, a fin de evitar la contaminación del suelo y, en particular, de las capas acuíferas.
- Totalmente cercado (altura mínima 2.5 metros) y vigilado las 24 horas para evitar la entrada a personas dedicadas a la recuperación de desechos que puedan tener valor comercial.
- Disponer de un sistema de recolección y de tratamiento de las aguas de lixiviación antes de su descarga.
- Disponer de un sistema adecuado para la liberación a la atmósfera de los gases producidos.

En la tabla 1 se muestra una comparación global de las características de los distintos procesos de tratamiento de DSH/P.

**Tabla 1 – Comparación de las características de algunos procesos de tratamiento de DSH/P**

PROCESO	Reducción volumen	Eficiencia desinfección	Impacto Ambiental	Capacitación personal	Capacidad tratamiento	Costo inversión	Costo operación
Desinfección química	baja	incompleta	medio	media	medio-alta	medio	medio
Desinfección térmica húmeda	baja	alta	bajo	media	medio-baja	medio	medio
Desinfección microondas	baja	alta	bajo	alta	unidades pequeñas	alto	alto
Desinfección irradiación	baja	alta	medio	alta	unidades pequeñas	alto	alto
Incineración	alta	alta	bajo	alta	sin límites	alto	alto
RSE	No	No	medio	baja	sin límites	medio	bajo

### III. DIAGNÓSTICO DE SITUACIÓN EN GUATEMALA

En este capítulo se expondrá la forma en que actualmente se manejan en el departamento de Guatemala los desechos sólidos hospitalarios generados por los siete hospitales nacionales.

#### A. Antecedentes

Se estima que una persona que reside en la ciudad genera en promedio 1 tonelada anual de desechos, lo cual en países desarrollados puede llegar a ser cuatro veces mayor. Estudios muestran que el 90% de los desechos de un país son líquidos, el 5.7% son lodos industriales y el 4.3% son sólidos. El 62% de todos estos desechos recibe tratamiento deficiente.

En 1985 el Gobierno de Guatemala inició estudios para establecer la situación del manejo de los DSH/P en el país. Fue así como buscó apoyo de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), demostrándose que no existía un sistema encargado de manejar los DSH/P. En 1990, ICAITI realizó un estudio que reportó un manejo inadecuado de los DSH/P debido a la carencia de insumos, higiene, equipo adecuado y capacitación. Los hospitales que disponían de incinerador no lo utilizaban puesto que éstos no funcionaban. Se comprobó que los desechos peligrosos y los comunes recibían el mismo tratamiento y destino final, y eran recolectados por los mismos camiones utilizados para la basura domiciliaria. Asimismo, se encontró que no existía un reglamento para normar el manejo de los desechos hospitalarios. Se recomendó efectuar capacitación del personal e instalar un incinerador en el Hospital General San Juan de Dios, así como crear una legislación y un programa de supervisión y control de aplicación de las normas.

En 1994 surgió el Programa ALA 91/33 y ese mismo año se fundó la Oficina Nacional del Programa.

En 1997 fue creado el Consejo Nacional de Desechos Sólidos (CONADESCO), presidido por el Coordinador de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), participando en su Junta Directiva el Ministro de Salud Pública.

El Ministerio de Salud Pública hizo gestiones para la instalación de 25 incineradores en los hospitales nacionales y la construcción de centros de acopio adecuados para clasificar los desechos según su naturaleza, proyecto que a la fecha no ha podido realizarse.

Estudios realizados estiman que cada departamento en Guatemala genera aproximadamente 450 toneladas al año de desecho peligroso, lo que representa 9,000

toneladas al año en todo el país, ocupando el 12° lugar en Latinoamérica y el 1er. lugar en Centro América. Estos desechos son manejados inadecuadamente, por personal sin conocimientos sobre el tema, tanto en establecimientos públicos como privados.

Según investigaciones realizadas en 1995 por ALA 91/33, se determinó que Guatemala generó 23,960 libras diarias de DSH/P en ese año. Se comprobó que los desechos reciben un manejo inadecuado; no existe una segregación correcta, no se utilizan bolsas plásticas de colores, en ocasiones ni se utiliza bolsa y los desechos son depositados en toneles de metal o plástico junto con desechos comunes. Tampoco existen medidas de seguridad, de higiene o de restricción a determinadas áreas de riesgo. Además, los lugares designados como centros de acopio no llenan los requisitos necesarios.

## **B. Marco constitucional**

El marco constitucional contempla aspectos institucionales y legales, y es el que permite determinar qué, cuáles y cómo son las condiciones y bases en las que se puede obstaculizar, facilitar o implementar el proyecto.

En la Constitución Política de la República de Guatemala, 1986, encontramos los siguientes artículos:

Art. 93.- "Derecho a la salud. El goce de la salud es derecho fundamental del ser humano, sin discriminación alguna." <sup>1</sup>

Art. 94.- "Obligación del Estado sobre salud y asistencia social. El Estado velará por la salud y la asistencia social de todos los habitantes, desarrollará en forma gratuita a través de sus instituciones, acciones de prevención, promoción, curación, recuperación, rehabilitación, coordinación y la complementarias pertinentes, a fin de procurarles el más completo bienestar físico, mental y social." <sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Constitución Política de la República de Guatemala. 1986. p16.

<sup>2</sup> Constitución Política de la República de Guatemala. 1986. p16.

Art. 95.- "La salud, bien público. La salud de los habitantes de la nación es un bien público. Todas las personas e instituciones están obligadas a velar por su conservación y restablecimiento." <sup>3</sup>

Art. 97.- "Medio ambiente y equilibrio ecológico. El Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Se dictarán todas las normas necesarias para garantizar que la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, de la tierra y del agua, se realicen racionalmente, evitando su depredación." <sup>4</sup>

En el Código de Salud, decreto No. 90-97, se encuentra el siguiente artículo:

Art. 106.- "Desechos hospitalarios. Los hospitales públicos y privados que por su naturaleza emplean o desechan materiales orgánicos o sustancias tóxicas, radioactivas o capaces de diseminar elementos patógenos, y los desechos que se producen en las actividades normales del establecimiento, sólo podrán almacenar y eliminar esos desechos en los lugares y en la forma que lo estipulen las normas que sean elaboradas por el Ministerio de Salud. Los hospitales quedan obligados a instalar incineradores para el manejo y disposición final de los desechos, cuyas especificaciones y normas quedarán establecidas en el reglamento respectivo." <sup>5</sup>

El Reglamento Orgánico Interno del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social comprende 2 niveles de organización:

- 1) El Nivel Central inicia en el Despacho Ministerial, del cual depende la Dirección General del Sistema Integral de Atención en Salud (SIAS).
- 2) El Nivel Ejecutivo depende de la Dirección del SIAS, de las Áreas de Salud, y de allí se desprenden los Hospitales y los Distritos Municipales.

---

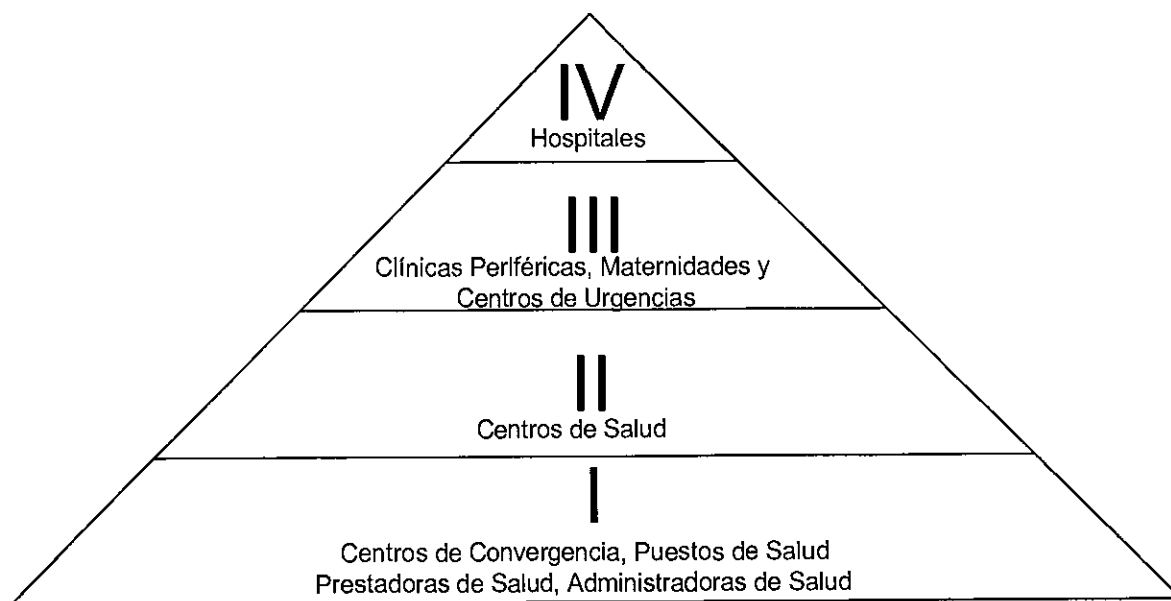
<sup>3</sup> Constitución Política de la República de Guatemala. 1986. p17.

<sup>4</sup> Constitución Política de la República de Guatemala. 1986. p17.

<sup>5</sup> Código de Salud. 1998. p20.

El Acuerdo Ministerial No. SP-M-701-2000, artículo 1°, crea el Área de Salud Guatemala que integra funciones y procesos técnico administrativos que realizaban las Áreas de Salud Guatemala Norte, Guatemala Sur y Amatitlán. En el artículo 2° se le confieren funciones y atribuciones de dirigir, coordinar y articular la red de servicios de salud.

El modelo funcional de la Dirección de Área de Salud Guatemala del año 2001, propone los niveles de atención para los distintos servicios de salud, quedando la pirámide en la siguiente forma:



Como se puede ver, los hospitales se encuentran en el nivel IV de atención, lo cual implica que desarrollan acciones de promoción, prevención y rehabilitación de la salud y brindan atención médica especializada a la población. Debido a que los hospitales son los establecimientos de mayor complejidad, es de suponer que son quienes más DSH/P generan, por lo tanto, los estudios llevados a cabo para este trabajo de tesis se limitaron específicamente a los 7 hospitales que integran la Red Nacional de Hospitales del Área de Salud de Guatemala y que se mencionarán en el apartado siguiente.

A partir del 13 de marzo del año 2002, entró en vigencia el Acuerdo Gubernativo No. 509-2001, que es el Reglamento para el Manejo de Desechos Sólidos Hospitalarios. En el capítulo 6 de dicho reglamento, que son las *Especificaciones técnicas para incineradores y rellenos sanitarios*, se encuentran los siguientes artículos que son de interés para la propuesta del proyecto *Creación de una planta de incineración para disposición final de desechos sólidos hospitalarios*:

Art. 32.- “De la operación del incinerador. Todos los incineradores deberán disponer de una cámara de combustión primaria, que alcance la temperatura mínima de 850 grados Celsius, y una cámara de combustión secundaria, que alcance una temperatura mínima de 1300 grados Celsius y un tiempo de residencia mínima de los gases de dos segundos, y deberá ser ajustada al tipo de desecho sólido hospitalario que se incinere. En el proceso de incineración se deberá controlar: la flama, la temperatura y el suministro apropiado de oxígeno. La carga de los desechos dentro de la cámara de combustión deberá hacerse mediante un pistón lateral o algún mecanismo que evite mantener la cámara de combustión primaria abierta.”<sup>6</sup>

Art. 33.- “De la Ubicación de los Incineradores. Los incineradores que se encuentren en las propias instalaciones de los entes generadores a los que alude el presente reglamento, deberán ser ubicados en un sitio donde no represente un riesgo para los pacientes, personal que labora en el hospital y para la población en general. Los incineradores instalados fuera del propio ente generador, deberán ubicarse fuera de los perímetros urbanos del municipio dentro de los cuales se preste el servicio. En ambos casos, la selección del sitio donde se instale o construya el incinerador, deberá reunir condiciones de seguridad necesarias para evitar riesgos de fugas, incendios, explosiones y emisiones.

La ubicación del incinerador debe ser de fácil acceso, para que el traslado de los desechos hospitalarios sea seguro.”<sup>7</sup>

Art. 34.- “Medidas de Seguridad. Todo lugar en donde se ubique un equipo de incineración deberá contar con el equipo mínimo siguiente:

- a) Equipo de extintores contra incendios, tipo ABC, en condiciones óptimas de funcionamiento;
- b) Mangueras para agua adecuadas para la mitigación de incendios;
- c) Depósitos de arena y palas; y
- d) Equipo de seguridad industrial.”<sup>8</sup>

---

<sup>6</sup> Reglamento para el Manejo de Desechos Sólidos Hospitalarios. 509-2001. p12.

<sup>7</sup> Reglamento para el Manejo de Desechos Sólidos Hospitalarios. 509-2001. p12.

<sup>8</sup> Reglamento para el Manejo de Desechos Sólidos Hospitalarios. 509-2001. p12.

Art. 35.- "Capacitación de Personal. El personal encargado de operar el equipo de incineración deberá contar con la capacitación apropiada sobre el proceso de incineración y manejo del equipo. Deberá contar asimismo con un manual de operación, que describa el procedimiento del funcionamiento del equipo y las normas de seguridad e higiene; así como de un plan de contingencia." <sup>9</sup>

Art. 36.- "Control de Emisión. Todo ente generador o empresa de disposición que opere un equipo de incineración deberá:

- a) Llevar el registro diario de las guías de transporte; y
- b) El responsable de la operación del equipo de incineración, debe registrar los resultados de las mediciones de los gases liberados al ambiente; los cuales deben ajustarse a los niveles máximos que se establecen en la tabla siguiente:

**NIVELES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES GENERADOS POR  
INCINERADORES.**

<b>Concepto</b>	<b>mg/m<sup>3</sup> * para zonas críticas</b>	<b>mg/m<sup>3</sup> resto del país</b>	<b>Frecuencia</b>
Partículas	30.0	100.0	Semestral
Monóxido de carbono	100.0	100.0	
Ácido Clorhídrico	50.0	75.0	
Bióxido de azufre	100.0	100.0	
Pb	5.0	5.0	Semestral
Cd más Hg	0.2	2.0	
Cr <sup>6</sup>	0.5	0.5	
As	0.5	0.5	
Dibenzodioxinas policlorados	< 0.5 mg/m <sup>3</sup>	< 0.5 mg/m <sup>3</sup>	Anual
Dibenzofuranos policlorados			

\*Corrección a 11% de O<sub>2</sub> bajo condiciones de una atmósfera de presión y 25° centígrados de temperatura.

<sup>9</sup> Reglamento para el Manejo de Desechos Sólidos Hospitalarios. 509-2001. p13.

Se entiende, para efecto de aplicación de la siguiente norma, como zona crítica, aquellas que por sus condiciones topográficas, densidad poblacional, condiciones físicas del equipo de incineración, localización; y a criterio del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales con base en el Estudio de Impacto Ambiental que se le presente para su consideración; deberán ceñirse a los parámetros considerados en la tabla anterior.”<sup>10</sup>

Art. 37.- “Medición de Emisiones. La medición de estas emisiones se hará conforme a los procedimientos establecidos en normas internacionales que sean reconocidas por el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales y del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social; o las nacionales que para tal efecto se emitan o se encuentren vigentes. Los resultados derivados de las mediciones deberán presentarse copia tanto al Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, así como al Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social para su revisión, vigilancia y control de las condiciones ambientales y de salud.”<sup>11</sup>

Art. 38.- “Horarios de Transporte. Si se trata de incineradores que se utilicen para atender la demanda de varios entes generadores, el horario de transportación debe ser nocturno, entre las 20:00 horas de un día y antes de las 6:00 horas del día siguiente.”<sup>12</sup>

Art. 39.- “Disposición para Desechos que no deben Incinerarse. Todos los desechos hospitalarios que por su composición, embalaje o calidad, no pueden someterse al proceso de incineración, deberán contar con un sistema de pretratamiento según sea el caso; previo a disponerse de ellos en relleno sanitario de seguridad exclusivo para tal fin.”<sup>13</sup>

Art. 40.- “Manejo de Relleno Sanitario de Seguridad. El manejo del relleno sanitario de seguridad será autorizado por el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, mediante la evaluación del estudio de impacto ambiental.”<sup>14</sup>

---

<sup>10</sup> Reglamento para el Manejo de Desechos Sólidos Hospitalarios. 509-2001. p13.

<sup>11</sup> Reglamento para el Manejo de Desechos Sólidos Hospitalarios. 509-2001. p13.

<sup>12</sup> Reglamento para el Manejo de Desechos Sólidos Hospitalarios. 509-2001. p14.

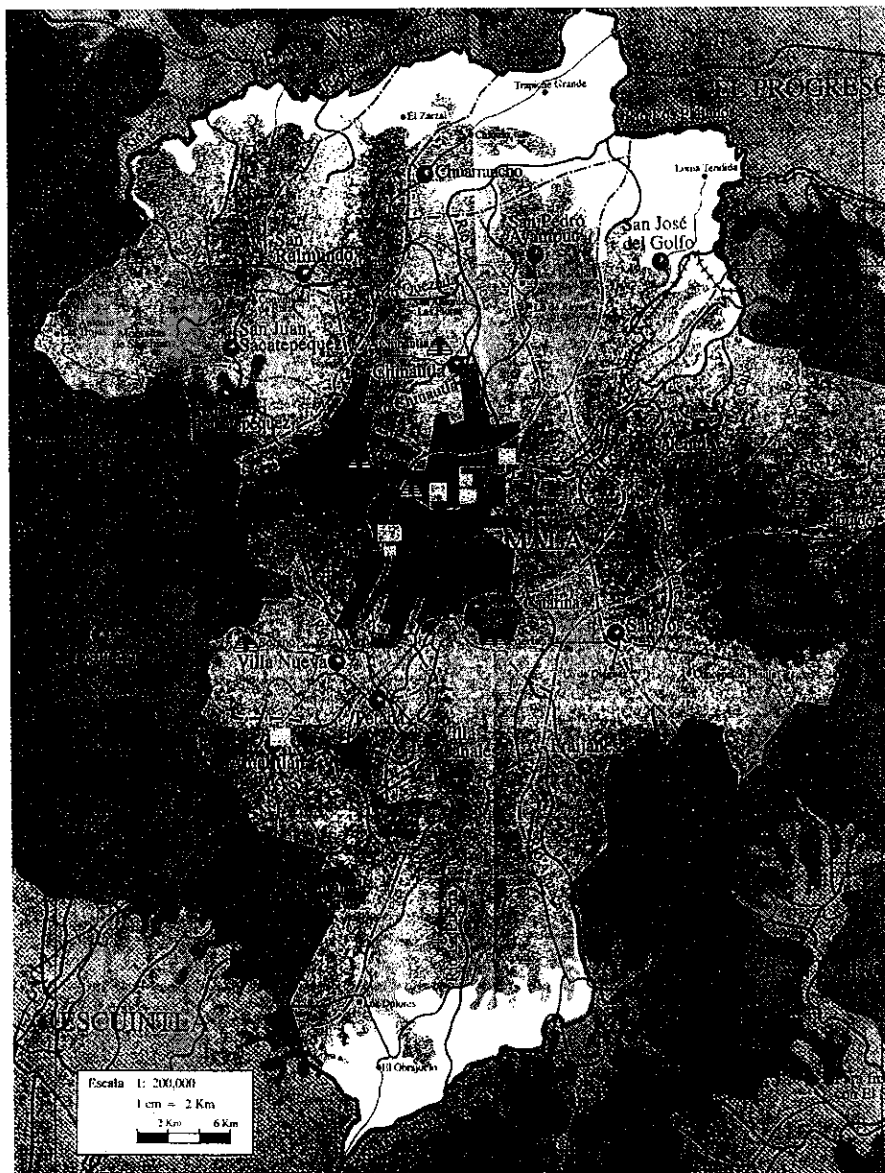
<sup>13</sup> Reglamento para el Manejo de Desechos Sólidos Hospitalarios. 509-2001. p13.

<sup>14</sup> Reglamento para el Manejo de Desechos Sólidos Hospitalarios. 509-2001. p14.

### C. Hospitales Nacionales del Departamento de Guatemala

La Red Nacional de Hospitales del Área de Salud Guatemala está conformada por 7 servicios:

- 1) Hospital General San Juan de Dios
- 2) Hospital Roosevelt
- 3) Hospital de Amatitlán
- 4) Hospital Infantil de Infectología
- 5) Hospital de Ortopedia y Rehabilitación Von Ahn
- 6) Hospital de Salud Mental
- 7) Sanatorio Antituberculoso San Vicente



Además de estos 7 hospitales, el Área de Salud Guatemala cuenta con otras 124 Instituciones de Salud entre las cuales se encuentran Centros de Salud, Clínicas Periféricas, Puestos de Salud, Centros de Urgencias y Maternidades.

La demanda existente de un servicio encargado del manejo de DSH/P, la determinan las cantidades de desechos generadas por las Instalaciones de Salud. Se tomaron como base de cálculo la producción de DSH/P estimada por el Ministerio de Salud para los siete hospitales nacionales en el año 2001. Para las otras 124 Instalaciones de Salud no se cuenta con datos numéricos puesto que no se lleva un registro diario de los desechos generados. Las cantidades de DSH/P generadas por hospital se muestran en la tabla 2.

**Tabla 2 – Producción de DSH/P**

<b>HOSPITAL</b>	<b>Diaria (lbs)</b>	<b>Semanal (lbs)</b>	<b>Mensual (lbs)</b>	<b>Anual (lbs)</b>
San Juan de Dios	1,269	8,883	38,070	456,840
Roosevelt	1,016	7,112	30,480	365,760
Amatitlán	144	1,008	4,320	51,840
Von Ahn	85	595	2,550	30,600
Salud Mental	43	301	1,290	15,480
Infectología	24	168	720	8,640
San Vicente	16	112	480	5,760
<b>TOTAL</b>	<b>2,597</b>	<b>18,179</b>	<b>77,910</b>	<b>934,920</b>

#### **D. Manejo actual de los DSH/P**

Con los datos y antecedentes expuestos anteriormente se muestra la complejidad que representa el manejo de DSH/P, ya que no sólo implica una gran inversión inicial y costos de mantenimiento, sino más que todo requiere de una intensa capacitación del personal a todo nivel.

Las investigaciones llevadas a cabo para la Red Nacional de Hospitales del Área de Salud Guatemala, muestran que cada una de las etapas que involucra el manejo de DSH/P, tiene deficiencias.

### **1. Segregación:**

El estudio demostró que los siete hospitales producen desecho peligroso infeccioso, patológico, punzocortante y químico, y además el hospital General San Juan de Dios y el hospital Roosevelt producen desecho peligroso radioactivo. Los siete hospitales utilizan recipientes adecuados para punzocortantes, que es el único desecho que se excluye debidamente.

En cuanto a los demás desechos, en cinco de los hospitales se utilizan bolsas rojas y negras, en uno de ellos solamente se utilizan bolsas rojas y en otro solamente bolsas negras, poniendo en evidencia que el proceso de segregación de desechos peligrosos no se lleva a cabo correctamente. Además, los desechos comunes se manejan de manera que se mezclan con los peligrosos, aumentando significativamente el volumen de los mismos, ya que al entrar en contacto con desechos peligrosos, los desechos comunes se contaminan y se convierten en peligrosos también.

### **2. Etiquetado:**

Actualmente sólo el hospital de Amatitlán está realizando el proceso de etiquetado, mientras que en los restantes seis hospitales no se hace. Al no estar etiquetados los desechos, se dificulta su identificación y segregación en el área de acopio.

### **3. Acumulación:**

De los siete hospitales, solamente dos, el de Amatitlán y el Von Ahn cuentan con centros de acumulación. Ninguno de los hospitales cuenta con contenedores generales dentro de cada uno de los servicios, y tampoco cuentan con contenedores de acopio para desechos peligrosos. El personal de limpieza es quien se encarga de acumular los desechos, usando como único equipo de protección guantes de hule, y en tres de los hospitales cuentan también con mascarillas.

### **4. Recolección y transporte interno:**

El personal de mantenimiento está a cargo de pasar por los centros de acumulación de los servicios y recolectar los desechos. Debido a que no se cuentan con centros de acumulación adecuados, el proceso de recolección se ve entorpecido y al no contar en ninguno de los hospitales con contenedores de acopio para los desechos peligrosos, el personal está altamente expuesto a los accidentes laborales, sobre todo por objetos punzocortantes. Como

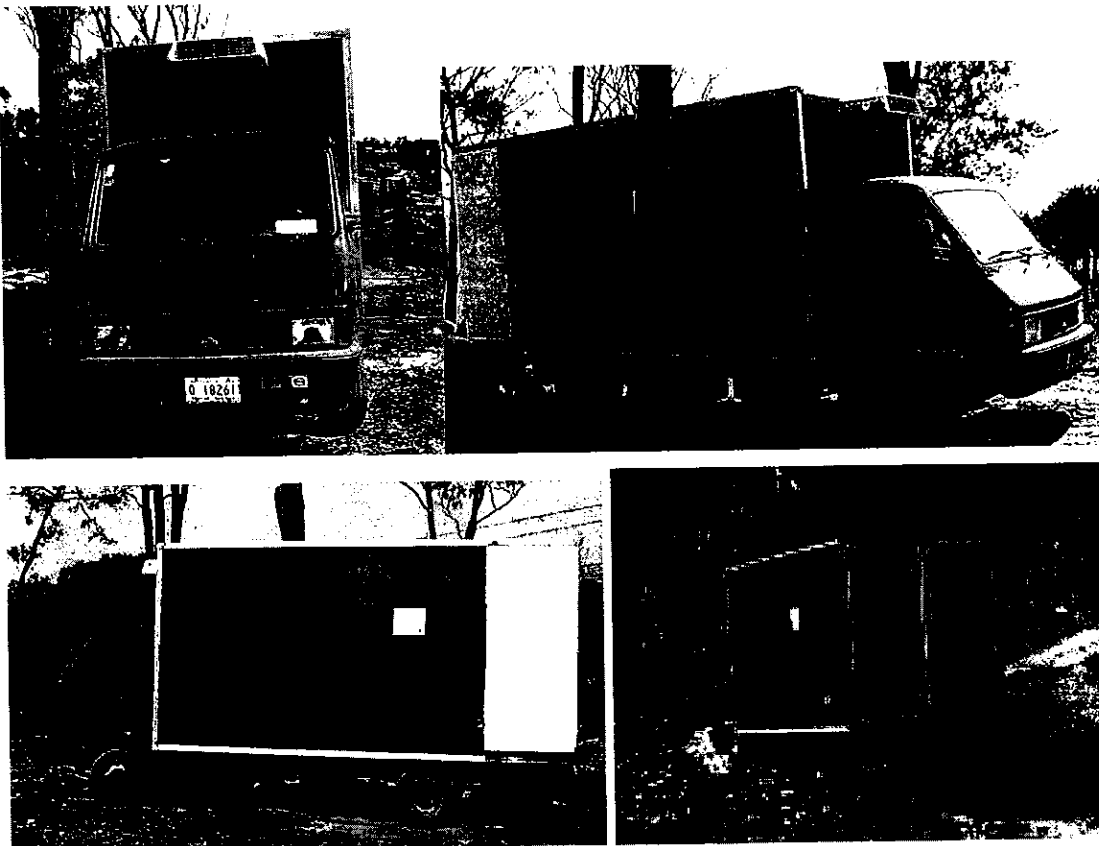
equipo de protección, el personal de mantenimiento cuenta con guantes de hule y mascarillas. Para el transporte de los desechos se utilizan carretillas manuales.

### **5. Almacenamiento temporal:**

El hospital de Salud Mental no cuenta con un centro de acopio. El hospital General San Juan de Dios posee un centro de acopio al aire libre. Los otros cinco hospitales tienen centros de acopio con infraestructuras inapropiadas e infuncionales que no definen las áreas para la separación de los desechos. Ninguno de los centros cuenta con una infraestructura adecuada para el debido lavado y desinfección del área.

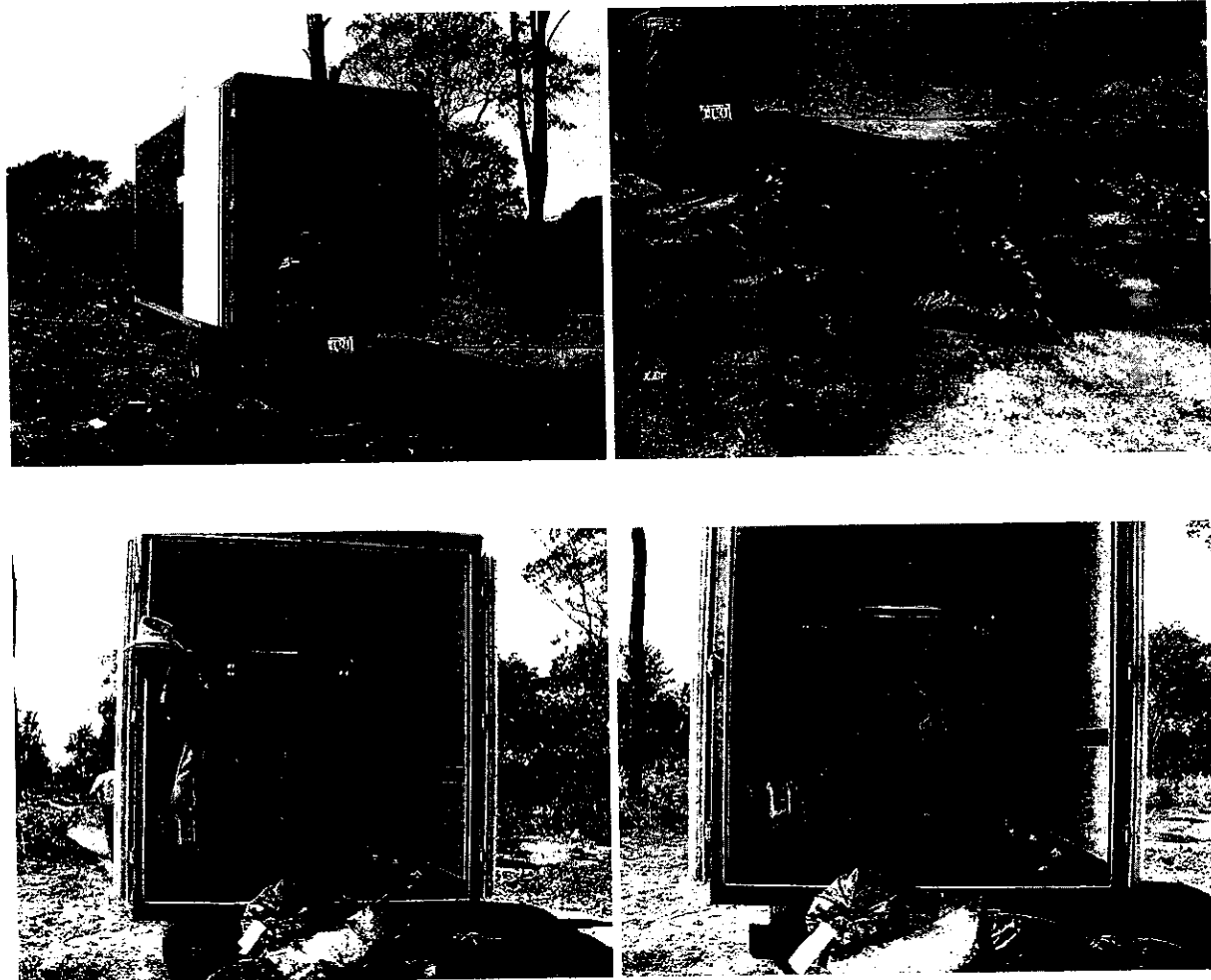
### **6. Recolección y transporte externo:**

Un camión recolector pasa diariamente por los hospitales Amatlán, Roosevelt y San Juan de Dios, y dos veces a la semana por los otros cuatro hospitales, en horarios fijos. En el centro de acopio de los hospitales, el personal de mantenimiento extrae los desechos peligrosos y el piloto del camión recolector junto a su ayudante, los cargan al camión, sin ningún equipo de protección personal. No se pesa la cantidad de DSH/P y tampoco se firma ningún registro en donde se lleve el control de DSH/P cargados al camión recolector.



## 7. Tratamiento:

Cuando el camión llega al relleno sanitario, ubicado en el Cementerio La Verbena, zona 7, dos operarios de los cuatro que trabajan allí descargan el camión y colocan todas las bolsas en el suelo. Este proceso lo llevan a cabo utilizando como único equipo de protección guantes de hule.



En el proceso de tratamiento se observa que la segregación llevada a cabo en el centro de generación fue inadecuada, puesto que se reciben bolsas negras que contienen desecho infeccioso y patológico, cuando según los convenios, las bolsas negras deberían utilizarse exclusivamente para desechos comunes. También, se han realizado muestreos, en los cuales se abren las bolsas rojas provenientes de algún hospital, y se han encontrado desechos comunes dentro de dichas bolsas, tales como restos de alimentos o de material administrativo.

Luego de la descarga de las bolsas, los operarios las echan a la trinchera en donde se procede a quemar los desechos al aire libre. Los operarios están expuestos constantemente al humo generado por este proceso, y sin embargo como equipo de seguridad no cuentan con mascarillas, sino únicamente con guantes de hule.



Los demás desechos peligrosos que transporta el camión y que no vienen empacados en bolsas plásticas, son los desechos punzocortantes, que vienen empacados en envases rígidos. Actualmente se están llevando todos los desechos punzocortantes de los hospitales al incinerador que se encuentra en el hospital General San Juan de Dios. En dicho incinerador se colocan los envases rígidos que contienen los desechos punzocortantes y se incineran los mismos, quedando reducido el volumen a 10% del volumen original, en forma de cenizas.

## **8. Disposición final:**

La trinchera donde se queman las bolsas con desechos es diariamente recubierta con una capa de tierra por los operarios que trabajan en el relleno sanitario.

A continuación se incluyen los diagramas de flujo para los procesos actuales de tren de aseo interno, transporte y tratamiento.

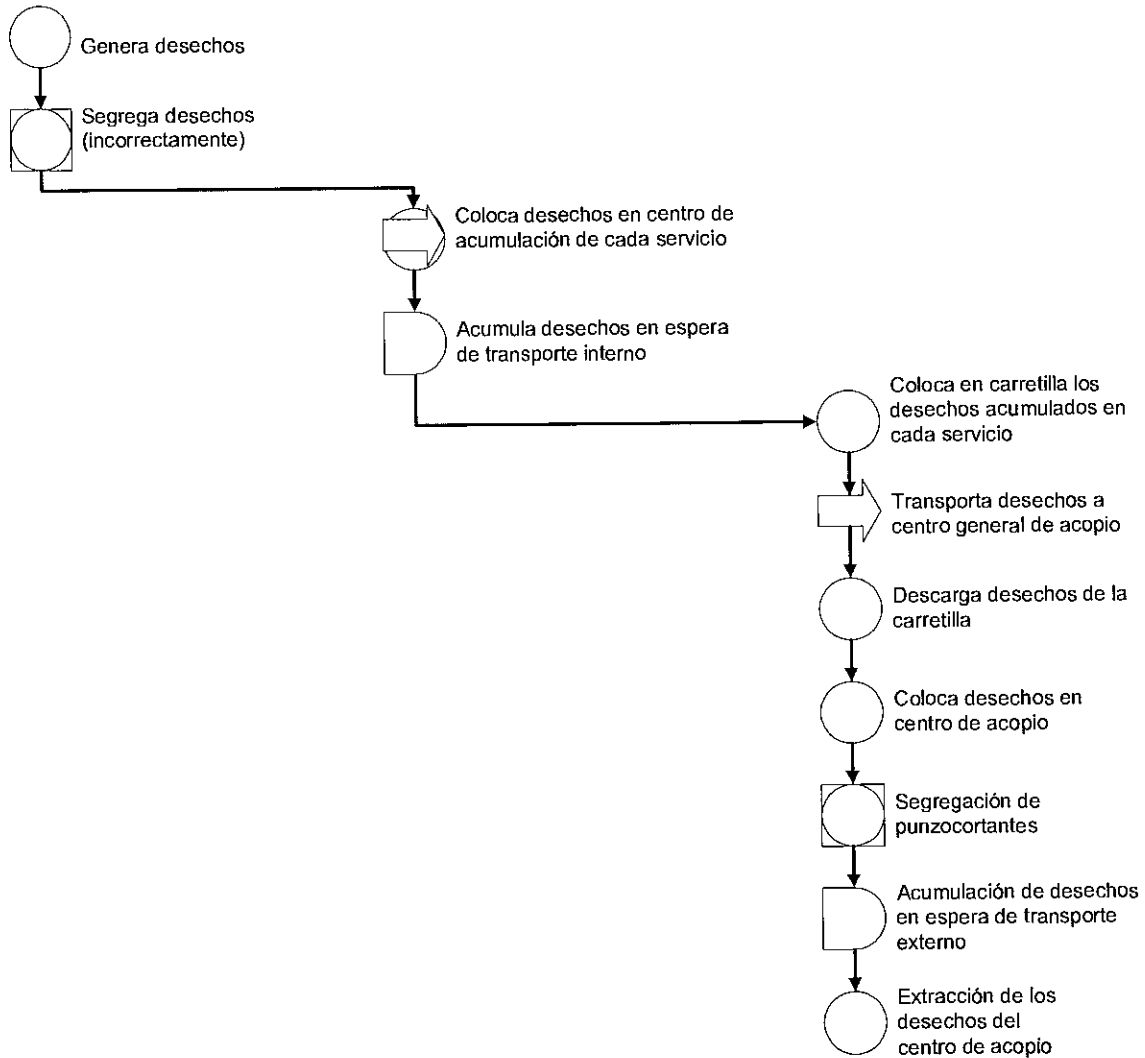
## Diagrama de flujo para tren de aseo interno de los desechos sólidos hospitalarios

Personal médico

Personal de limpieza

Personal de mantenimiento

*Diagrama de método actual*

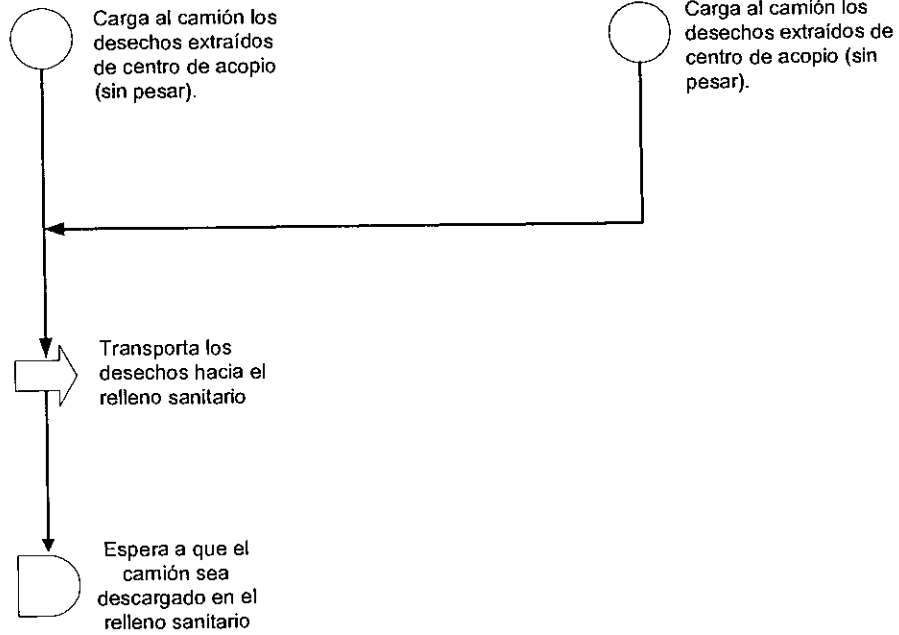


# Diagrama de flujo del transporte externo de los desechos sólidos hospitalarios

**Piloto camión recolector**

**Asistente de piloto**

*Diagrama de método actual*



**Diagrama de flujo para tratamiento de desechos en relleno sanitario**

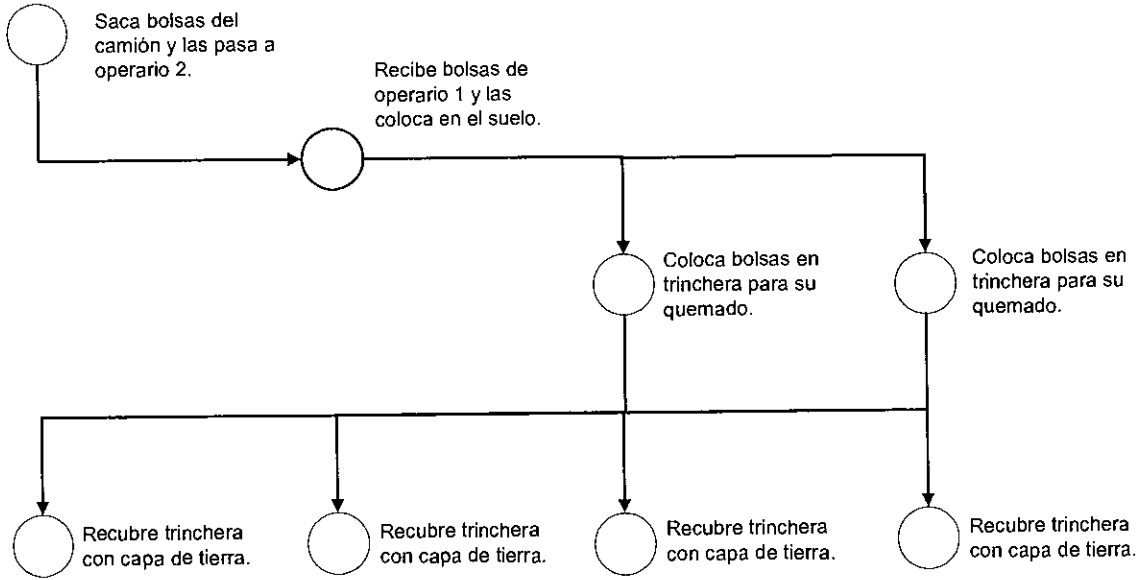
Operario 1

Operario 2

Operario 3

Operario 4

*Diagrama de método actual*



## E. Definición de los problemas y los riesgos

A partir de la situación descrita anteriormente, se pueden identificar los problemas que enfrenta actualmente la Red Nacional de Hospitales del Área de Salud, en cuanto al manejo de sus desechos peligrosos. Puntualmente, dichos problemas son:

- Falta de conocimiento acerca del tipo y cantidad de desechos generados.
- El personal no está capacitado para manejar y segregar adecuadamente los desechos generados en los servicios.
- Al no existir una correcta segregación, se contaminan los desechos comunes y aumenta significativamente el volumen de desechos peligrosos.
- No se dispone de la cantidad ni la calidad requerida de insumos para mantener el manejo adecuado de los desechos hospitalarios.
- Los centros de acopio en los servicios no son funcionales y no cumplen con las normas de calidad requeridas para el almacenamiento y segregación de los desechos.
- Los procesos implicados en el manejo de los desechos hospitalarios, desde su generación hasta su disposición final, no han sido sistematizados.

Todas estas debilidades ponen en evidencia que en el Área de Salud Guatemala existe la imperante necesidad de crear un servicio encargado del manejo de DSH/P.

Habiendo establecido el diagnóstico de la situación actual en Guatemala y la problemática en cuanto al manejo de los DSH/P, se pueden establecer cuáles son los factores de riesgo existentes.

El objetivo principal del manejo adecuado de los DSH/P es disminuir los riesgos. Para que sea posible lograrlo, es necesario definir algunos términos. Por **riesgo** se entiende la probabilidad que tiene un sujeto de generar o desarrollar efectos adversos a la salud, bajo condiciones específicas de exposición a situaciones de peligro propias del medio. Esta definición de riesgo permite definir los factores que lo componen:

- La **amenaza** es cualquier situación que pueda representar un peligro, como la presencia de DSH/P y/o agentes patógenos en el medio.
- La **vulnerabilidad** es representada por las condiciones específicas de exposición a una situación de peligro en la que se encuentre el sujeto.

La probabilidad de sufrir accidentes es el resultado de la combinación de estos dos factores - amenaza y vulnerabilidad -, los cuales determinan la magnitud del riesgo. Si fuera posible eliminar uno de los dos, el riesgo desaparecería por completo.

A continuación se especifican los dos riesgos más comunes debido al mal manejo de los desechos en Guatemala:

### **1. Accidentes laborales**

Estos accidentes ocurren dentro de los procesos de trabajo un 36% y al descartar el material usado un 43%. Los trabajadores que se lesionan con mayor frecuencia son el personal de enfermería y auxiliar de enfermería, los médicos, el personal de limpieza y mantenimiento. La mayor parte de los accidentes son causados por punzocortantes, que ocurren al desechar las agujas, administrar inyecciones, extraer sangre, cuando se vuelve a cubrir una aguja y al manipular desechos y ropa de cama sucia.

### **2. Infecciones nosocomiales**

Una infección nosocomial es aquella que se adquiere o produce dentro del hospital por mal manejo o contaminación en un paciente internado. La persona infectada no padecía ni estaba incubando la infección en el momento de la hospitalización. Las infecciones nosocomiales incluyen también las infecciones contraídas en el hospital pero que aparecen después de que el paciente ha sido dado de alta, y las que se registran entre el personal y los visitantes del hospital.

De lo descrito anteriormente, se puede ver que las personas que se encuentran en mayor riesgo son las que manipulan diariamente los DSH/P desechos en forma directa, es decir todas aquellas involucradas en cualquiera de las fases del manejo de desechos: médicos, enfermeras, auxiliares, estudiantes de medicina practicantes, laboratoristas, técnicos de rayos X, personal de limpieza, personal de mantenimiento, transportistas y operarios de rellenos sanitarios. Los riesgos también afectan al resto de personas que se encuentran en los hospitales: pacientes, visitantes y personal administrativo. Asimismo, la contaminación de los desechos comunes representa un gran riesgo para las personas que se dedican a la recolección y reciclaje de basura en los vertederos de la ciudad. Además de los riesgos que afectan a todas las personas anteriormente mencionadas y, por lo tanto, a la población en general, el tratamiento que se le está dando actualmente a los desechos, que es su quema al aire libre, está generando humo que contribuye a la contaminación ambiental.

## **IV. PROPUESTA PARA CREACIÓN DE PLANTA DE INCINERACIÓN**

La formulación de esta propuesta busca aunar esfuerzos por parte de todas las personas involucradas en el manejo de DSH/P, desde su generación hasta su disposición final, para la sistematización de todo el proceso y su consecuente eficiencia.

Hay que enfatizar que las propuestas del sector salud, no pueden aislarse de las formulaciones del resto de políticas emanadas del Organismo Ejecutivo. En consecuencia todo programa, propuesta o política de salud, es parte integrante de la política social y en virtud de este sustrato, van ligados a la orientación de la política general del Gobierno. El Gobierno actual debe comprometerse a brindar apoyo para mejorar los aspectos del sector de salud pública que hasta ahora no se consideraban prioritarias pero que con la nueva normatización se espera empiecen a regularse.

El diagnóstico de la situación y problemática actual en cuanto al manejo de los DSH/P en el Área de Salud Guatemala, descrito en el capítulo anterior, permite ver claramente la necesidad de implementar un sistema eficiente para el manejo y gestión de DSH/P. Debido a que los problemas son de diversa naturaleza, los planes de acción a ejecutarse también abarcan varios aspectos, los cuales se explican a continuación en el estudio técnico.

### **A. Estudio técnico**

A grandes rasgos, el proyecto de *Creación de una planta de incineración para disposición final de desechos sólidos hospitalarios* consta de tres etapas concretas, que son la fase de capacitación, la fase de construcción de infraestructura e instalación de equipo, y la fase de inicio de operación de la planta.

#### **1. Capacitación**

Una capacitación adecuada va a ser un factor decisivo en el logro de los objetivos que se buscan alcanzar mediante la ejecución de este proyecto. La capacitación deberá darse a todo el personal que de alguna manera está involucrado en el manejo de los desechos hospitalarios. Evidentemente esto incluye médicos, personal de enfermería, personal de auxiliar de enfermería, personal de limpieza, personal de mantenimiento, personal de transporte de desechos y personal operativo de la planta de tratamiento. El enfoque que se dé en la capacitación deberá ser integral, aunque las funciones de cada persona deben quedar

claramente definidas y establecidas para garantizar la calidad del resultado final, que se espera sea un manejo más eficiente y seguro de los DSH/P.

Como la siguiente propuesta está hecha con base en los estudios realizados para la Red Nacional de Hospitales del Área de Salud Guatemala, la capacitación se llevará a cabo para el personal de dichos hospitales. Será impartida por personal calificado del Consejo Nacional de Manejo de Desechos y tendrá una duración de tres meses.

## 2. Construcción de infraestructura

Para la construcción de la planta de incineración y relleno sanitario, el terreno asignado es uno que se encuentra dentro del Cementerio La Verbena, zona 7. Dicho terreno es propiedad del Ministerio de Salud Pública y tiene una extensión de 4,625 m<sup>2</sup>. Actualmente el terreno está irregular y cubierto parcialmente por vegetación, y asimismo, se localiza allí la trinchera donde se están quemando al aire libre los DSH/P provenientes de los hospitales del Área de Guatemala. Los trabajos que se tienen previstos para lo que representa la obra civil del proyecto, se resumen en la Tabla 3.

**Tabla 3 – Cronograma de actividades**

Actividad	Período semanal																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Hacer zanja	X	X	X	X																
Colocar de PVC					X	X														
Acondicionar terreno							X	X	X	X										
Muro perimetral									X	X	X	X	X	X	X	X				
Garita y portón																X	X			
Local para incineradores																		X	X	
Trinchera del relleno sanitario																	X			
Instalación eléctrica																				X

Las trincheras del relleno sanitario van a tener dimensiones de 3 m \* 3 m \* 66 m, lo cual equivale a un volumen de 594 m<sup>3</sup>. La extensión del terreno permite la excavación de 14 zanjas. A medida que se llena una trinchera, se abre la siguiente.

Otro componente de la infraestructura necesario para la ejecución del proyecto serán las remodelaciones que se harán a los centros de acopio de cada uno de los siete hospitales. Con las remodelaciones se buscará mejorar la funcionalidad de los centros de acopio, puesto que de momento la mayoría de hospitales, ni poseen uno propiamente, y los que sí cuentan con uno, lo tienen en condiciones muy inapropiadas.

### 3. Funcionamiento y operación

#### a. Tren de aseo interno de los desechos sólidos hospitalarios

Después de haber recibido la capacitación, el personal debe tener muy claro cuáles son las funciones específicas de su intervención en el manejo de los DSH/P. Las funciones específicas de cada quien se resumen en la tabla 4.

**Tabla 4 – Flujo del manejo interno de los DSH**

<b>Operación</b>	<b>Quién</b>	<b>Qué</b>	<b>Dónde</b>	<b>Cómo</b>	<b>Cuándo</b>
<b>Segregación</b>	Personal de los servicios que generan DSH/P.	DSH comunes y peligrosos.	En la fuente de generación.	Colocar cada tipo de desecho en su envase correspondiente.	En el momento de generar un desecho.
<b>Etiquetado</b>	Personal de los servicios que generan DSH/P.	El envase lleno de DSH/P.	En la fuente de generación.	Llenar la etiqueta con los datos requeridos.	Al cerrar una bolsa o envase lleno.
<b>Acumulación</b>	Personal de limpieza.	Los envases sellados y etiquetados que contienen DSH/P.	Cerca de fuente de generación, en el sitio asignado.	Trasladar manualmente los envases desde fuente de generación.	Después de sellar y etiquetar un envase.
<b>Recolección y transporte</b>	Personal de mantenimiento.	Sólo contenedores sellados y etiquetados.	En carretas de tracción manual.	Seguir la ruta asignada y los procedimientos de seguridad.	Según horarios y frecuencias asignadas para cada servicio.
<b>Almacenamiento temporal</b>	Personal de mantenimiento.	Los desechos de acuerdo con la segregación realizada.	En un centro de acopio apropiado para los DSH/P y en otro los desechos comunes.	Separar los comunes de los peligrosos y los peligrosos entre sí.	Después de la recolección y transporte interno.

A continuación se presenta el diagrama de flujo para el tren de aseo interno después de la capacitación del personal.

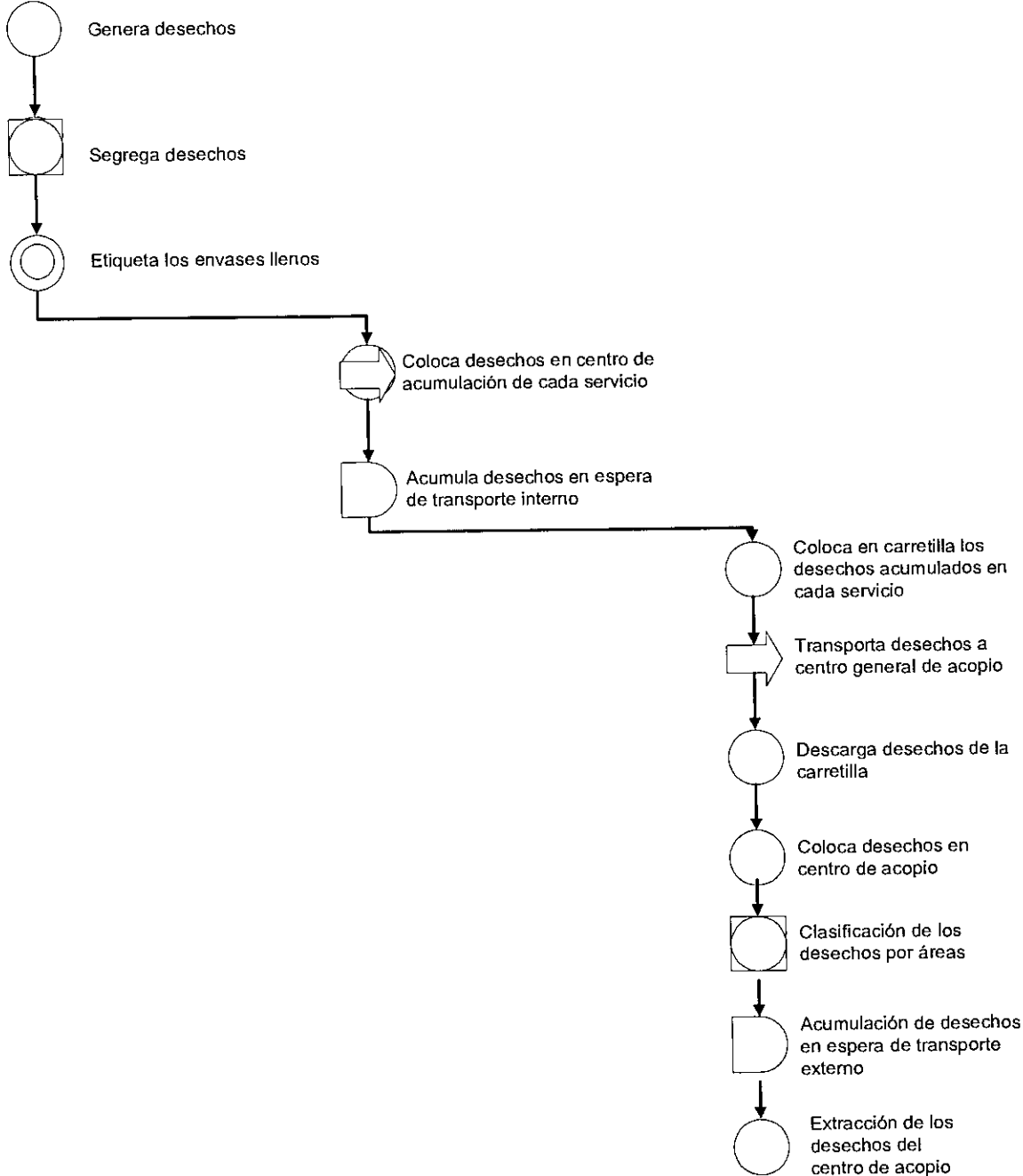
# Diagrama de flujo para tren de aseo interno de los desechos sólidos hospitalarios

**Personal médico**

**Personal de limpieza**

**Personal de mantenimiento**

*Diagrama de método propuesto*



## b. Tren de aseo externo de los desechos sólidos hospitalarios

Al igual que para el tren de aseo interno, el personal del tren de aseo externo recibirá la capacitación y tendrá por lo tanto claramente definidas sus funciones dentro de todo el proceso de manejo de DSH/P. La Tabla 5 resume dichas funciones.

**Tabla 5 – Flujo de manejo externo de los DSH/P**

<b>Operación</b>	<b>Quién</b>	<b>Qué</b>	<b>Dónde</b>	<b>Cómo</b>	<b>Cuándo</b>
<b>Recolección y transporte</b>	Piloto de camión recolector.	Solamente contenedores sellados y etiquetados.	En camiones para recolección.	Respetar rutas y normas de seguridad.	Según los horarios y las frecuencias asignadas.
<b>Tratamiento</b>	Encargado de incineradores.	Los desechos, según el tipo que sean.	En la planta de incineración.	Según las características de los DSH/P.	Posterior a su recolección y transporte.
<b>Disposición final</b>	Encargados de trincheras.	Desechos comunes y las cenizas de los DSH/P incinerados.	En la zanja o trinchera.	Recubriendo al final de cada día los DSH/P depositados.	Después de haber sido tratados.

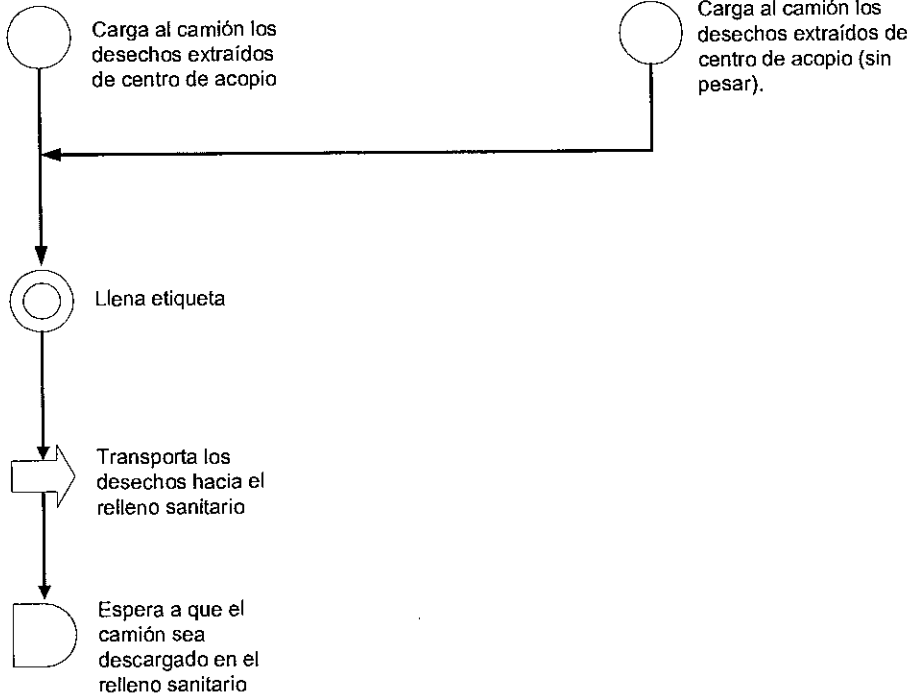
A continuación se presentan los diagramas de flujo para el tren de aseo externo después de la capacitación del personal.

**Diagrama de flujo del transporte externo de los desechos sólidos hospitalarios**

*Diagrama de método propuesto*

**Piloto camión recolector**

**Asistente de piloto**



## Diagrama de flujo para tratamiento de desechos en relleno sanitario

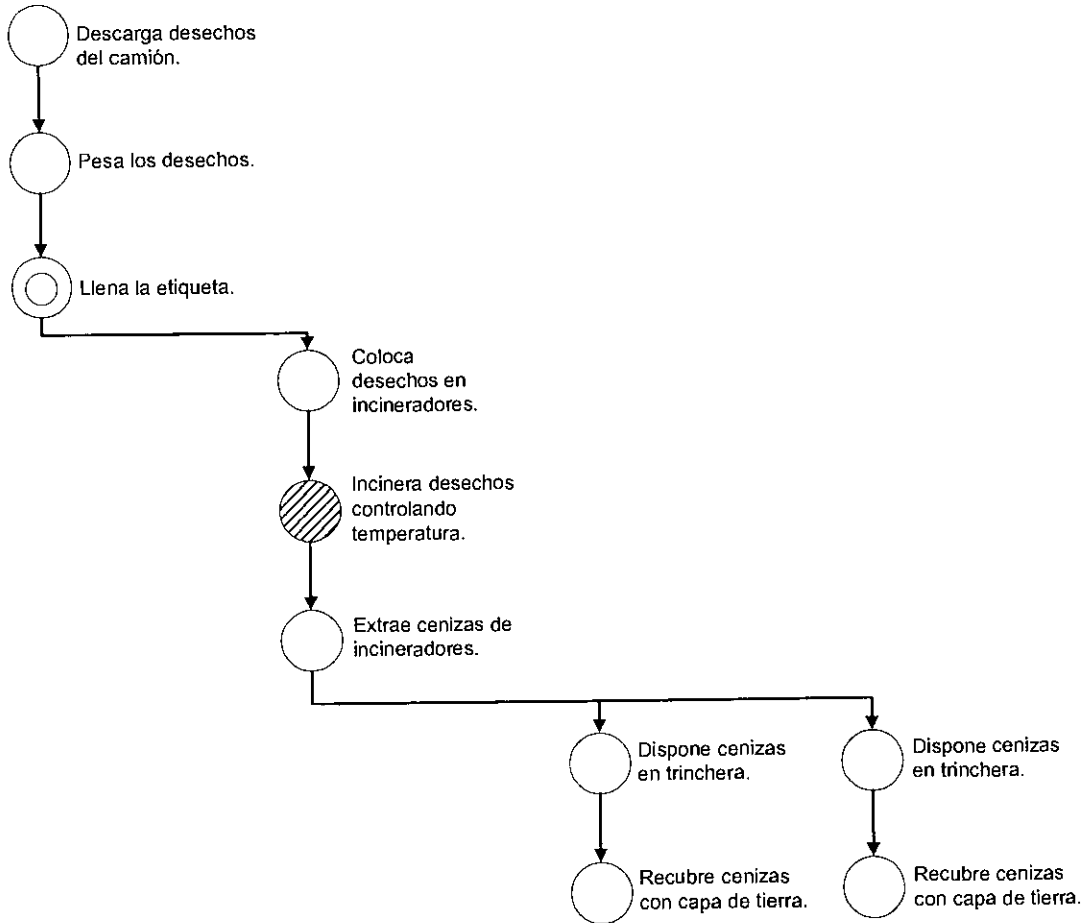
**Jefe operativo**

**Encargado de incinerador**

**Encargado de trinchera (1)**

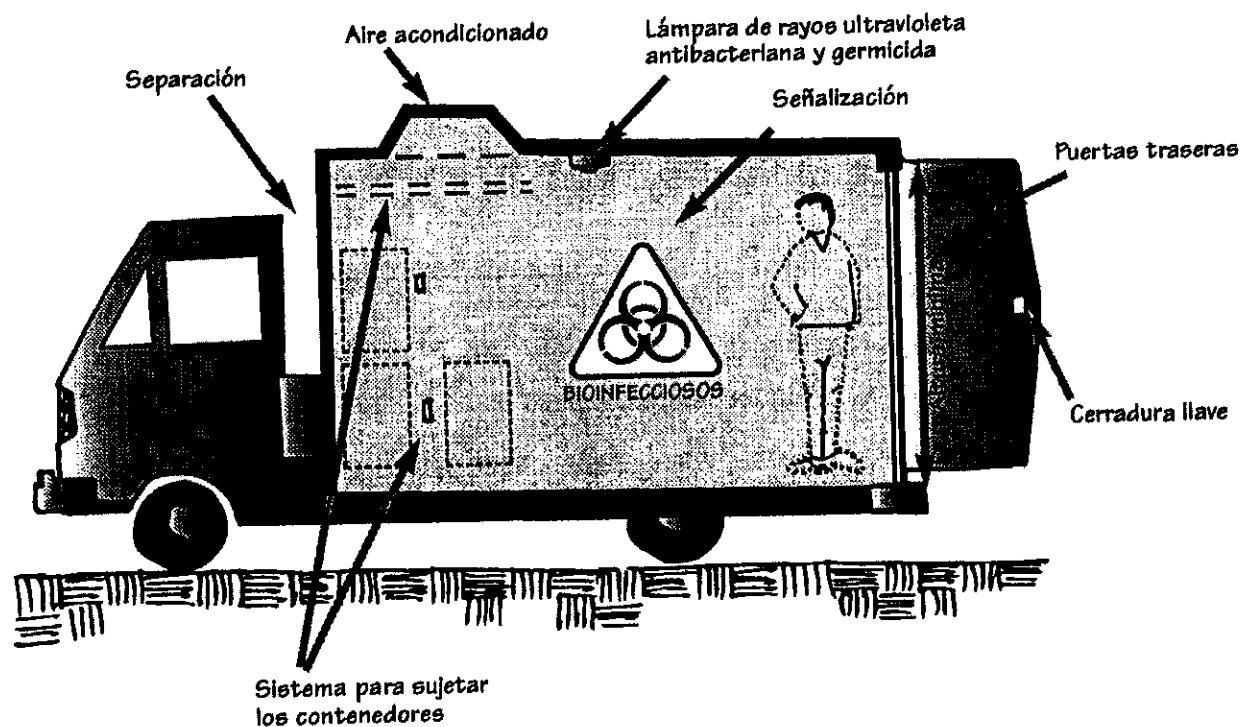
**Encargado de trinchera (2)**

*Diagrama de método propuesto*



**Recolección y transporte.** La remodelación de los centros de acopio en los hospitales va a permitir que el proceso de cargar los desechos al camión recolector se vuelva más eficiente y más seguro. Se deberá implementar un sistema adecuado de drenaje y lavado, de manera que el personal de mantenimiento pueda lavar y desinfectar el área de acopio después de que los desechos han sido extraídos del mismo. Asimismo, los centros de acopio serán tabicados de manera que queden divididos en áreas específicas para los distintos tipos de desechos. Asimismo, el personal de mantenimiento contará con equipo de protección personal que incluye overol, guantes y botas.

El camión recolector debe cumplir con las siguientes características:



La Dirección Área de Salud Guatemala cuenta actualmente con un camión Nissan modelo '98 que cumple con las características requeridas para un camión de transporte de DSH/P. Está pintado de rojo y debidamente rotulado indicando que transporta desechos bioinfecciosos. El horario de las rutas externas de recolección que realizará el camión recolector se resume en la Tabla 6.

**Tabla 6 – Horario de rutas externas para recolección de DSH/P.**

Horario	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
7:00 – 8:00	Amatitlán	Amatitlán	Amatitlán	Amatitlán	Amatitlán	Amatitlán	Amatitlán
8:00 – 9:00	Roosevelt	Roosevelt	Roosevelt	Roosevelt	Roosevelt	Roosevelt	Roosevelt
9:00 – 10:00	Infectología	San Vicente	Infectología	San Vicente	Infectología	San Vicente	
10:00 – 10:30	<b>La Verbena</b>	<b>La Verbena</b>	<b>La Verbena</b>	<b>La Verbena</b>	<b>La Verbena</b>	<b>La Verbena</b>	<b>La Verbena</b>
10:30 – 11:30	San Juan	San Juan	San Juan	San Juan	San Juan	San Juan	San Juan
11:30 – 1:00	Von Ahn	Salud Mental	Von Ahn	Salud Mental	Von Ahn	Salud Mental	
1:00 – 2:00	<b>La Verbena</b>	<b>La Verbena</b>	<b>La Verbena</b>	<b>La Verbena</b>	<b>La Verbena</b>	<b>La Verbena</b>	<b>La Verbena</b>
Km/día	<b>66</b>	<b>72</b>	<b>66</b>	<b>72</b>	<b>66</b>	<b>72</b>	<b>62</b>

Como se puede ver, el camión recorre 459 km semanales; funciona con Diesel y su rendimiento es de 25 km/gal.

Una vez que el camión recolector llegue a la planta de Incineración, se dirigirá a la garita donde le recibirá el jefe de operativos, que es el operario a cargo de la administración dentro de la planta de incineración y relleno sanitario. Después, el camión se dirigirá al área de descarga localizada cerca de los hornos incineradores y allí el jefe de operativos pesará los desechos que han llegado y firmará la etiqueta que sirve para el control.

Vale la pena mencionar algunas consideraciones respecto de la etiqueta. La etiqueta permite un control de la cantidad y el tipo de desechos generados. Asimismo, facilita la ubicación de los desechos dentro del centro de acopio y por lo tanto agiliza y vuelve más seguro el manejo de los mismos. Cada parte involucrada en el manejo de los DSH/P debe proporcionar cierta información a la etiqueta, así como recibir información de la parte que le precedía en el proceso. El etiquetado es un proceso indispensable para la sistematización del manejo de DSH/P y por lo tanto debe contener información detallada, pero el propósito tampoco es perder tiempo excesivo llenando complicados formularios. El formato propuesto a continuación es un modelo sencillo de utilizar, y que sin embargo lleva una información bastante completa que optimizará el sistema de control en el manejo de los DSH/P.

¿Quién llena la etiqueta?

¿Quién conserva la colilla?

C

PLANTA DE TRATAMIENTO

Contenedor N° Número progresivo, pre-impreso

Tipo de tratamiento

Fecha de tratamiento

Firma del responsable

PLANTA DE TRATAMIENTO

A

RESPONSABLE AREA DE GENERACION

Desechos peligrosos

<input type="checkbox"/> Infeccioso	<input type="checkbox"/> Reactivo
<input type="checkbox"/> Patológico	<input type="checkbox"/> Tóxico
<input type="checkbox"/> Puzocortante	<input type="checkbox"/> Citotóxico
<input type="checkbox"/> Inflamable	<input type="checkbox"/> Explosivo
<input type="checkbox"/> Corrosivo	

C

PLANTA DE TRATAMIENTO

Contenedor N° Número progresivo, pre-impreso

Recibido en la planta

Cantidad/peso

Fecha

Firma

TRANSPORTISTA

A

RESPONSABLE AREA DE GENERACION

Contenedor N° Número progresivo, pre-impreso

Desechos peligrosos

<input type="checkbox"/> Infeccioso	<input type="checkbox"/> Reactivo
<input type="checkbox"/> Patológico	<input type="checkbox"/> Tóxico
<input type="checkbox"/> Puzocortante	<input type="checkbox"/> Citotóxico
<input type="checkbox"/> Inflamable	<input type="checkbox"/> Explosivo
<input type="checkbox"/> Corrosivo	

Fuente de generación:

Servicio

Area

Nombre del responsable

Firma

Fecha

ENTIDAD GENERADORA

B

TRANSPORTISTA

Fecha

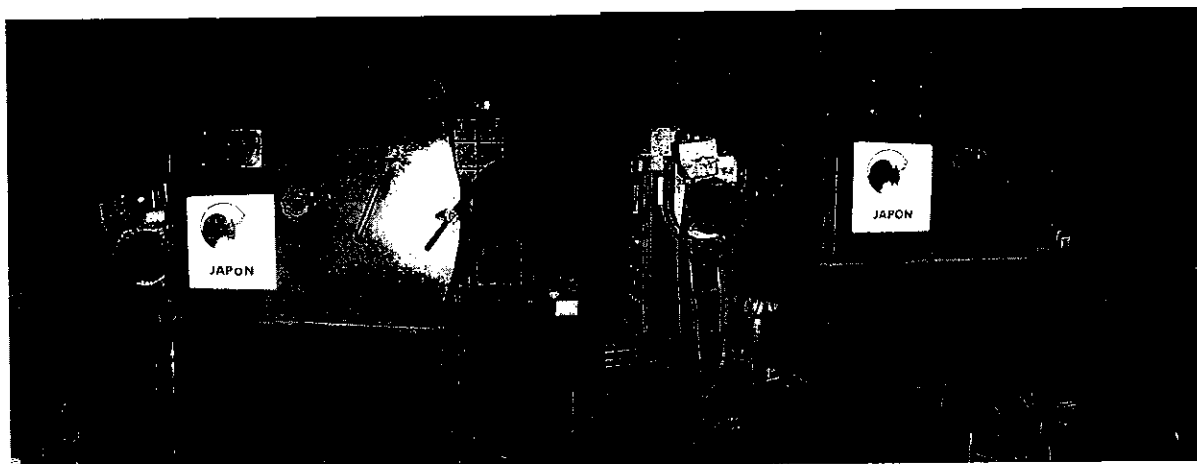
Recibido por

Firma

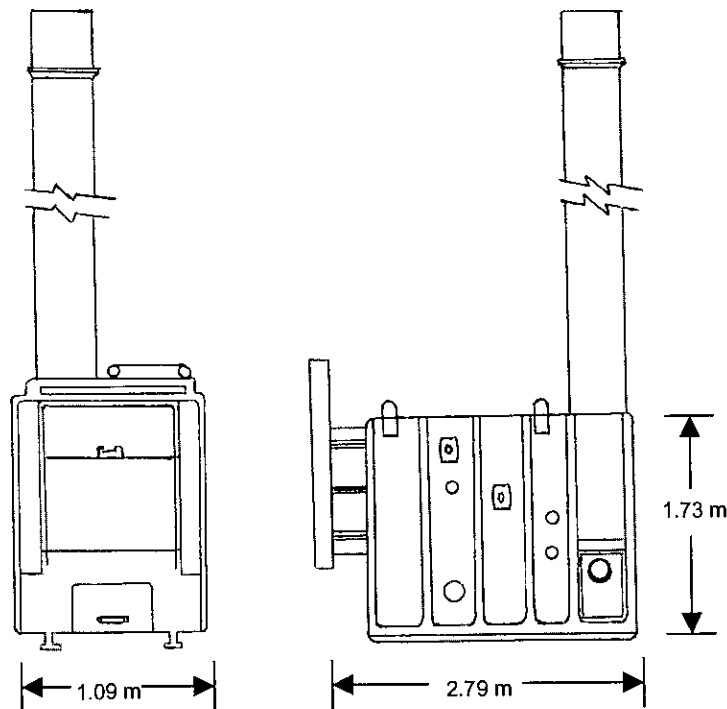
Fecha

**Incineradores.** Llegado este punto se ve la importancia de segregar correctamente los DSH/P, puesto que se van a instalar tres incineradores en la planta - que van a estar en funcionamiento durante 8 horas al día - y cada uno de ellos procesará un distinto tipo de desechos. Habrá un operario encargado del manejo de los incineradores, quien deberá llevar equipo de protección personal que incluye mascarilla, guantes, botas y overol.

Uno de los incineradores es el que se encuentra actualmente en la Dirección Área de Salud Guatemala y que se va a utilizar únicamente para incinerar desechos punzocortantes. Este incinerador consta de una sola cámara que opera entre los 800°C y los 1,200°C, y tiene capacidad de procesar 50 libras de desechos por hora. Requiere de alimentación eléctrica para su arranque y funcionamiento. Opera mediante un quemador de Diesel, que logra la combustión de los desechos y que consume 1 galón por hora.



Los otros dos incineradores son marca Spronz modelo RL – 10 – HDP y se encuentran actualmente desinstalados en el Hospital General San Juan de Dios, desde su adquisición en el año 2,000. Estos incineradores constan de tres cámaras; la primera opera a una temperatura alrededor de los 750°C, mientras que la segunda y la tercera cámara alcanzan los 1,300°C y tienen capacidad de procesar hasta 400 libras de desechos por hora. Requieren de alimentación eléctrica para su arranque y funcionamiento. Operan mediante tres quemadores de Diesel, que logran la combustión de los desechos y que en conjunto consumen 2.5 galones por hora. Uno de estos incineradores será utilizado para procesar desechos patológicos, y el otro para procesar desechos químicos. En el siguiente plano se muestran las dimensiones de un incinerador Spronz.



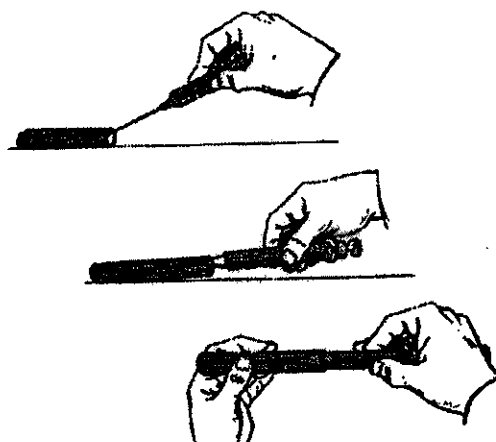
**Disposición final.** Una de las ventajas del proceso de incineración es que el volumen se reduce considerablemente. En el caso de los DSH/P tratados en la planta, éstos se verán reducidos a 10% del volumen original, en forma de cenizas. Estas cenizas se dispondrán en el relleno sanitario. Habrá dos operarios a cargo de las trincheras del relleno sanitario. La función de estos operarios es la de disponer los desechos o las cenizas en la trinchera y recubrirlos con una capa de tierra. El equipo de protección de los operarios del relleno deberá incluir mascarillas, guantes, botas y overol.

### c. Medidas de seguridad e higiene

#### Personal médico y de enfermería.

- Vacunación contra la Hepatitis B.
- Siempre usar guantes y bata, protector ocular y mascarilla cuando haya que manipular sangre u otras secreciones corporales.

- Desechar los guantes si éstos se han perforado. En ese caso lavarse las manos y colocarse otro par de guantes.
- No tocarse los ojos, nariz, mucosas ni piel con las manos enguantadas.
- El material desechable ya utilizado en ambiente potencialmente infecciosos, como batas, delantales, mascarillas, guantes, etc., deberá ser tratado como DSH/P.
- Si hay heridas abiertas o escoriaciones en las manos y los brazos, protegerlas con bandas impermeables.
- Readaptar el protector de la aguja con la técnica de una sola mano. Colocar el protector en una superficie plana. Presionar la jeringa para que la aguja entre al protector y asegurarla posteriormente para que quede bien sellada. Esto evitará punzadas o pinchazos.
- Lavarse las manos con agua y jabón después de finalizar las tareas.



**Técnica de una sola mano.**

### **Personal encargado de la recolección, transporte, almacenamiento y tratamiento de los DSH/P.**

- Vacunación contra Hepatitis B y tétanos.
- Utilización de los equipos de seguridad personal facilitados: mascarillas, guantes de hule gruesos, botas de hule, overoles.
- Lavarse las manos con frecuencia.
- En caso de derrames, no intervenir sin estar autorizado.



**Equipo de protección personal**

#### **d. Control de calidad**

Con el propósito de cumplir con los objetivos del proyecto, se pueden analizar algunos indicadores que garantizan la calidad del proceso de manejo de DSH/P. En este caso, la calidad se mide en función de mayor seguridad y eficiencia. Los indicadores controlables son:

- Cumplimiento de las normas de seguridad.
- Porcentaje de personal capacitado.
- Porcentaje de departamentos que cumplen las medidas de control.
- La dotación de equipos y suministros en los departamentos.

Asimismo, en la planta de incineración se podrían hacer muestreos al azar para determinar si la segregación se está llevando a cabo correctamente, puesto que otro de los objetivos que se pretende alcanzar es la disminución en el volumen de los desechos peligrosos.

## B. Estudio económico

### 1. Determinación de costos

Cabe mencionar que algunos de los costos descritos en este apartado son costos en que no incurrirá el Estado porque serán elementos donados. Sin embargo, debido a que más adelante se realizará una evaluación económica, es necesario conocer el costo real del proyecto y por eso se hará mención de cada rubro que representa un costo.

El costo de la **capacitación**, que incluye el pago del personal capacitador, el transporte hacia los lugares asignados para la capacitación, los materiales audiovisuales, el material impreso, etc., será de **Q. 100,000**.

El terreno destinado a la construcción de la planta de incineración y el relleno sanitario tiene una extensión de 4,623 m<sup>2</sup>. Aunque dicho terreno es propiedad del Ministerio de Salud Pública y no se tendrá que comprar, es de interés para la evaluación económica calcular su valor monetario. Según datos proporcionados por la Municipalidad de Guatemala, la Ley de Regulación Urbana fija el precio, en el sector de interés, a Q.40/vara<sup>2</sup>. Utilizando el factor de conversión 1 vara<sup>2</sup> = 0.6889 m<sup>2</sup>, se convierte la extensión del terreno a varas cuadradas:

$$4,625 \text{ m}^2 = 6,711 \text{ varas}^2$$

Al utilizar el precio dado, se calcula el valor del terreno:

$$Q.40/\text{vara}^2 * 6,711 \text{ varas}^2 = \mathbf{Q. 268,440}$$

Las distintas fases de la construcción de la infraestructura tendrán los siguientes costos:

**Tabla 6 – Costos de infraestructura**

Muro perimetral	Q. 320,098
Garita de control y portón	Q. 116,115
Local para incineradores	Q. 86,670
Trinchera para relleno sanitario	Q. 133,000
Instalación de agua y electricidad	Q. 150,000
<b>Total infraestructura</b>	<b>Q. 805,963</b>

Se tiene contemplado también remodelar los centros de acopio de los siete hospitales, puesto que están en condiciones demasiado inapropiadas. La siguiente tabla resume el costo que representará la remodelación por cada hospital.

**Tabla 7 – Remodelación de centros de acopio**

HOSPITAL	COSTO
San Juan de Dios	Q. 21,768
Roosevelt	Q. 30,579
Amatitlán	Q. 8,402
Von Ahn	Q. 8,110
Salud Mental	Q. 2,514
Infectología	Q. 18,668
San Vicente	Q. 5,697
<b>Total</b>	<b>Q. 95,738</b>

El camión recolector empleado tampoco tendrá que ser adquirido puesto que se utilizará el mismo que pertenece al Ministerio de Salud Pública. Su valor es de **Q. 160,000**.

De los tres incineradores que se van a instalar en la planta, el que proviene de la Dirección Área de Salud Guatemala, tiene un valor de **Q. 60, 000**. Los otros dos incineradores, provenientes del Hospital General San Juan de Dios poseen cada uno un valor de Q. 500, 000. Ascendiendo el monto total del valor de los incineradores a **Q. 1,060,000**.

Los valores descritos hasta ahora representan lo que es el costo real de la inversión inicial. El resumen se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla 8 – Costos de la inversión inicial**

Capacitación	Q. 100,000
Terreno	Q. 268,440
Infraestructura	Q. 805, 963
Remodelación centros de acopio	Q. 95,738
Camión	Q. 160,000
Incineradores	Q. 1,060,000
<b>Total</b>	<b>Q. 2,490,141</b>

En cuanto a los costos anuales por operación, se dividen en dos categorías:

- costos de funcionamiento:
  - ✓ salarios de los empleados
  - ✓ consumo de electricidad
  - ✓ consumo de agua
  - ✓ suministros
  - ✓ consumo de combustible

Para calcular el gasto en suministros se hace referencia a la Tabla 9.

**Tabla 9 – Costos por suministros**

Suministro	Cantidad anual (unidades)	Precio por unidad	Costo total
Bolsa roja grande	58,490	Q. 1.25	Q. 73,112.50
Bolsa roja chica	173,900	Q. 0.89	Q. 154,771.00
Contenedor	1,892	Q. 75.00	Q. 141,900.00
Etiqueta	234,282	Q. 0.06	Q. 14,056.92
Guantes	1,944	Q. 4.50	Q. 8,748.00
Botas	657	Q. 90.00	Q. 59,130.00
Overol	657	Q. 175.00	Q. 114,975.00
<b>TOTAL</b>			<b>Q. 282,893.42</b>

Para el consumo de combustible, se hace referencia a los datos proporcionados en el estudio técnico. Se sabe el kilometraje que hace el camión recolector semanalmente, que son 459 km y se sabe que tiene un rendimiento de 25 km/gal, lo cual representa un consumo semanal de 18.36 galones, o sea 3830 gal/año. Al utilizar Q. 8.00/gal como el precio del Diesel, se calcula el costo anual de combustible para el camión:

$$3,830 \text{ gal/año} * \text{Q. } 8/\text{gal} = \text{Q. } 30,640$$

Para los incineradores se tiene que entre los tres consumen 6 gal/hora de combustible. Considerando que funcionarán 8 horas diarias durante, se tiene un consumo anual de 11,520 galones. Entonces el costo será:

$$11,520 \text{ gal/año} * \text{Q. } 8/\text{gal} = \text{Q. } 92,160$$

El monto total por consumo de combustible asciende a **Q. 122,800**.

- Costos de mantenimiento:

- ✓ Infraestructura: para el mantenimiento de la infraestructura, se toma como valor anual el 5% del costo de inversión inicial en infraestructura:

$$\text{Q. } 2,490,141 * 0.05 = \text{Q. } 116,507$$

- ✓ Equipo: para el mantenimiento del equipo, que incluye los incineradores y el camión, se toma como valor anual el 8% del costo de inversión inicial en equipo:

$$(\text{Q. } 1,060,000 + \text{Q. } 160,000) * 0.08 = \text{Q. } 97,600$$

En la Tabla 10 se resume entonces la totalidad de costos anuales necesarios para el funcionamiento y mantenimiento de la planta de incineración.

**Tabla 10 – Costos anuales de funcionamiento y mantenimiento**

Salarios del personal	Q. 205,642
Consumo de electricidad	Q. 150,000
Consumo de agua	Q. 36,000
Suministros	Q. 282,893
Consumo de combustible	Q. 122,800
Mantenimiento de infraestructura	Q. 116,507
Mantenimiento de equipo	Q. 97,600
<b>TOTAL</b>	<b>Q. 1,011,442</b>

### **C. Evaluación de la razón beneficio/costo**

Cuando se trata de realizar el análisis económico para una obra del sector público, es a veces difícil cuantificar en términos monetarios todas las variables y los factores que están implicados en un proyecto particular. Esto se debe a que una obra pública no es un proyecto con fines de lucro, y por lo tanto los aspectos a tomar en cuenta para el análisis económico no son los mismos que para un proyecto lucrativo. En el sector **salud pública** en particular, cuando se habla de beneficios, se está haciendo referencia específicamente a los beneficios sociales que representa el proyecto, que se miden en términos de la disminución de los riesgos. Sin embargo, la realización de un proyecto, ya sea de inversión privada o gubernamental, representa un costo real, y por lo tanto requiere un estudio para evaluar la factibilidad económica. Por lo tanto, para los proyectos de inversión gubernamental en el área de salud pública, se hará un análisis de beneficios sociales, así como un evaluación económica, en donde un beneficio económico se refiere a mejorar la eficiencia de los recursos y no al ingreso de utilidades.

#### **Beneficios sociales**

La propuesta de este proyecto, además de la construcción de una infraestructura adecuada para el tratamiento y destino final de los DSH/P, comprende también una fase de capacitación del personal involucrado en el manejo de los mismos. La capacitación, como se describió en el apartado anterior, abarcará cada uno de los procesos involucrados en el manejo de los DSH/P. Entonces, una infraestructura apropiada, una debida capacitación y la

disponibilidad de suministros, garantizará el manejo adecuado de los DSH/P. Al existir un manejo adecuado, con supervisión y retroalimentación, se están obteniendo los siguientes beneficios sociales:

- Disminución del riesgo de accidentes laborales.
- Disminución de la contaminación de los desechos comunes y por lo tanto del volumen de desechos peligrosos.
- Disminución del riesgo de infecciones nosocomiales.
- Disminución de la contaminación ambiental.

Al disminuir todos los riesgos mencionados anteriormente, se estará logrando una reducción de los costos que representa la incidencia de cada uno de ellos y que por lo tanto representa una pérdida para el Estado.

Un accidente laboral requiere que la persona lesionada reciba los cuidados médicos necesarios, y en caso de lesiones mayores incluso podría requerir de una suspensión laboral. Un paciente, un visitante o un empleado de un hospital que contrae una infección nosocomial requerirá de cuidados médicos, insumos y eventualmente suspensión laboral. Las personas que recolectan basura en los vertedores para su reutilización y reciclaje también están expuestas a lesionarse o a contraer infecciones nosocomiales, representando gastos cuando esto ocurre debido a la atención médica requerida.

La contaminación ambiental es un hecho de gran importancia debido al impacto que tiene en la salud, en el medio ambiente y por consiguiente en la calidad de vida en general. La contaminación ambiental influye en la causalidad de enfermedades respiratorias, dermatológicas, gastrointestinales, etc., además del deterioro que causa al medio ambiente y a los recursos naturales. Todo esto conlleva a un aumento en los costos por dos razones: la disminución en la calidad de los recursos naturales y la consecuente necesidad de tratamientos que requieren, y una mayor incidencia de enfermedades que deben ser tratadas. La disminución de la contaminación ambiental es por lo tanto un factor determinante en la economía de un país.

## Evaluación económica

Para analizar la factibilidad de obras públicas se va a considerar la *razón beneficio/costo* (B/C). Antes de calcular una razón B/C, todos los beneficios positivos, negativos y costos deben ser identificados y posteriormente convertidos a unidades comunes monetarias. Para este análisis, se piensa en el *público como el propietario* que experimenta los beneficios positivos y negativos y en el *gobierno* como en quien incurre en los costos. Por consiguiente, la determinación de si un renglón debe ser considerado un beneficio positivo o negativo o un costo, depende de *quién es afectado* por las consecuencias. La convención de terminología utilizada para este estudio es la siguiente:

**Beneficios (B).** Ventajas experimentadas por el propietario.

**Beneficios negativos (BN).** Desventajas para el propietarios cuando el proyecto en consideración es implementado.

**Costos (C).** Gastos anticipados por construcción, operación, mantenimiento, etc., menos cualquier valor de salvamento.

La razón B/C convencional se calcula de la siguiente manera:

$$B/C = \frac{\text{beneficios positivos} - \text{beneficios negativos}}{\text{costos}} = \frac{B - BN}{C}$$

En esta ecuación, todas las variables están medidas en anualidades. Los costos del denominador se determinan al utilizar una fórmula que calcula el valor anual de una inversión inicial:

$$A = P \{ i(1+i)^n / [(1+i)^n - 1] \}$$

Donde  $A$  es la anualidad,  $P$  es el valor de inversión inicial,  $i$  es el interés o la tasa de retorno y  $n$  es la vida útil del proyecto.

Al resultado de esta operación se le suman los costos anuales de mantenimiento y funcionamiento, y este total serán los costos que se consideran para el análisis.

Una razón B/C mayor o igual que 1.0 indica que el proyecto evaluado es económicamente ventajoso.

Para el proyecto de *Creación de una planta de incineración para disposición final de desechos sólidos hospitalarios*, se identifican las siguientes variables:

**Beneficios negativos:** no se encontró ningún beneficio negativo para este proyecto.

**Beneficios positivos:** cabe recordar que en Guatemala ya entró en vigencia, a partir del 13 de marzo del año 2002, el Reglamento para el Manejo de Desechos Sólidos

Hospitalarios, según el cual se le aplicarán sanciones a toda aquella institución generadora de desechos sólidos hospitalarios que no cumpla con la normativa estipulada. En Guatemala existen actualmente dos empresas que se dedican al tratamiento de desechos hospitalarios, una de ellas es EcoTermo y la otra es Alcances Médicos. La planta de EcoTermo utiliza el proceso de incineración, y cobra por sus servicios un precio de \$.7.00 por libra. Utilizando una tasa de cambio de \$.1.00 = Q.7.75, se obtiene que el precio es de Q.54.25/lb. En la sección 2.3 de este trabajo se proporciona el dato para la producción de DSH/P, que es de 934,920 lbs/año. Utilizando este dato se calcula que el costo de tratamiento para los DSH/P mediante contratación de servicios externos sería de **Q.50,719,410/año**. Esta cantidad de dinero es lo que se ahorrará el Estado al contar con su propia planta de incineración y por lo tanto se considera como un beneficio para este proyecto.

**Costos:** los costos fueron descritos en la sección 3.2.A. Son de interés el total de la inversión inicial, que asciende a **Q.2,490,141**, así como los gastos anuales de mantenimiento y funcionamiento, que ascienden a **Q.1,011,442**.

Antes de proceder con el análisis de beneficios positivos, es necesario mencionar algunas consideraciones. Para proyectos de largo plazo, es recomendable usar las tasas de valores que ofrece el Ministerio de Finanzas a los inversionistas. El plazo más largo son cinco años y para este tiempo la tasa es del 18%. Sin embargo, se debe tomar en cuenta la inflación, por lo que se calcula la tasa inflada al usar el promedio de los últimos diez años para la inflación, que es del 10%. Calculando la tasa inflada:

$$i_f = 0.18 + 0.10 + (0.18)(0.10) = \mathbf{29.8 \%}$$

Este será el valor utilizado para los cálculos. Se obtiene entonces que el valor anual de la inversión inicial es:

$$A = 2,490,141 \{0.298(1 + 0.298)^5 / [(1 + 0.298)^5 - 1]\} = \mathbf{Q.1,018,491}$$

Con este dato ya se puede proceder a calcular la razón beneficio/costo:

$$B/C = \frac{50,719,410}{1,018,491 + 1,011,442} = \mathbf{24.99}$$

Se puede ver que el factor B/C es una cifra altísima. Esto se debe a las consideraciones que se tomaron en cuenta, puesto que se tomó como beneficio el ahorro que le representa al Estado NO contratar un servicio externo para el manejo de sus desechos hospitalarios. El ahorro es una cifra grande puesto que las empresas privadas cobran precios exageradamente altos para tratar los desechos, mientras que los costos que le representará al Estado no serán demasiado elevados a pesar que los beneficios sociales serán de gran impacto. La evaluación anterior no deja ninguna duda acerca de la factibilidad económica del proyecto.

## V. CONCLUSIONES

- La ejecución de este proyecto contribuirá a la sistematización de la gestión y manejo de desechos sólidos hospitalarios.
- Un manejo sistemático de los desechos sólidos hospitalarios será más eficiente y más seguro, y reducirá así el riesgo de accidentes laborales.
- La disminución en el volumen de desechos peligrosos por un manejo adecuado de los mismos, reducirá la incidencia de infecciones nosocomiales.
- El manejo, el tratamiento y la disposición final correcta de los DSH/P contribuirá a reducir la contaminación ambiental.

## VI. RECOMENDACIONES

- Extender el alcance de los beneficios de este proyecto mediante su ejecución, no sólo a nivel departamental, sino más adelante también a nivel nacional.
- Considerar en un mediano plazo la posibilidad de hacer el proyecto autofinanciable mediante la venta de servicio.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Baca G. Evaluación de Proyectos. 3ª. Ed. Mc.Graw-Hill Interamericana. México, D.F. 1995.
- Blank, L., Anthony T. Ingeniería económica. 4a. Ed. Mc.Graw-Hill Interamericana. Santafé de Bogotá. 1999.
- Niebel. Ingeniería Industrial. Métodos, tiempos y movimientos. 9ª. Ed. Alfaomega Grupo Editor. México, D.F. 1996.
- Koning H, de, Cantanhede A, Benavides L. Desechos peligrosos y salud en América Latina y el Caribe. Washington, DC: OPS/OMS/CEPIS 1994: (Serie Ambiental; 14).
- Monreal J. Consideraciones sobre el manejo de residuos de hospitales en América Latina. Programa de Salud Ambiental. Washington, DC: OPS/OMS, 1992: 1-29.
- Villena J. Guía para el manejo interno de residuos sólidos hospitalarios. Lima: CEPIS/OPS/OMS, 1994: 1-57.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Convenio de Basilea sobre los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación. Acta final. Nairobi, 1989.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA). EPA Guide for Infectious Waste Management. Office of solid waste. EPA/530-SW-86-014, Washington DC, 1986.
- World Health Organization. Managing medical wastes in developing countries. Report of a Consultation on Medical Wastes Management in Developing Countries. Geneva: WHO, 1994: 1-33.
- World Health Organization/Regional Office for Europe. Management of waste from hospitals. Report on a WHO meeting. Copenhagen: WHO, 1985: (EURO Reports and Studies; 97). 1-48.