



UNIVERSIDAD VERACRUZANA

INSTITUTO DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE MANEJO Y DISPOSICIÓN
FINAL PARA LOS RPBI'S GENERADOS EN
CENTROS RURALES DE ATENCION A LA SALUD
"Caso de estudio: Tenabo, Campeche"**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN
INGENIERÍA AMBIENTAL**

PRESENTA

MANUEL ALBERTO SUSUNAGA MIRANDA

VERACRUZ, VER.

JUNIO 2000

Instituto de Ingeniería
Universidad Veracruzana



UNIVERSIDAD VERACRUZANA
INSTITUTO DE INGENIERIA

H. Veracruz, Ver., a 19 de Junio del 2000
DI241/00

Al Candidato al Grado

I.Q. MANUEL ALBERTO SUSUNAGA MIRANDA

PRESENTE:

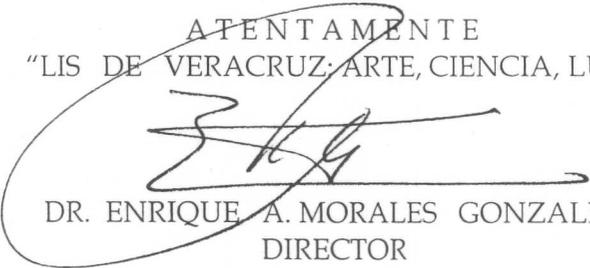
En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso la M.I. Gloria Inés González López para que lo desarrolle como tesis, para obtener el Grado de Maestro en Ingeniería Ambiental

TEMA :
DISEÑO DEL SISTEMA DE MANEJO Y DISPOSICION FINAL PARA LOS RPBI'S
GENERADOS EN CENTROS RURALES DE ATENCION A LA SALUD
"Caso de estudio: Tenabo, Campeche"

- I .- Introducción
 - II .- Gestión de residuos peligrosos biológico infecciosos
 - III .- Situación actual de los RPBI's
 - IV .- Características de la localidad
 - V .- Caracterización de los RPBI's en el Municipio de Tenabo, Campeche
 - VI .- Diseño del sistema de manejo de los RPBI's
 - VII .- Diseño de la celda especial para RPBI's
- Consideraciones
Conclusiones
Recomendaciones
Bibliografía

Sin otro particular, me es grato quedar de Usted como su atento y seguro servidor.

ATENTAMENTE
"LIS DE VERACRUZ: ARTE, CIENCIA, LUZ"


DR. ENRIQUE A. MORALES GONZALEZ
DIRECTOR

EMG/apm*

INDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	3
1.2 Objetivos	5
1.3 Hipótesis	6
1.4 Alcances	7
1.5 Limitaciones	7
1.6 Justificación	8
II. GESTIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS BIOLÓGICO INFECCIOSOS	9
2.1 Marco legal	10
2.2 Clasificación de Residuos	17
2.3 Fuentes Generadoras	20
2.4 Composición de Residuos	22
2.5 El manejo de Residuos Hospitalarios	24
2.6 Etapas en el manejo de Residuos de Hospitales	25
III SITUACIÓN ACTUAL DE LOS RPBI's	41
3.1 Indicadores de generación	41
3.2 Infraestructura nacional de acopio, transporte, tratamiento	48
3.3 Inventario de Residuos	49
IV CARACTERÍSTICAS DE LA LOCALIDAD	50
4.1 Situación Geográfica del Municipio de Tenabo, Campeche	50
4.2 Clima	52
4.3 Vegetación	55
4.4 Hidrografía	56
4.5 Geología	57

Tesis de Maestría

Susunaga Miranda M. A.

Diseño del Sistema de Manejo y Disposición Final para los RPBI's generados en Centros Rurales de Atención a la Salud, "Caso de estudio: Tenabo, Campeche"

4.6 Orografía	58
4.7 Características del suelo	59
4.8 Población	61
4.9 Infraestructura Hospitalaria	62
V CARACTERIZACIÓN DE LOS RPBI's EN EL MUNICIPIO DE TENABO, CAMPECHE	66
5.1 Metodología de los estudios de generación	66
5.2 Resultados	66
5.3 Proyección a futuro	80
VI DISEÑO DEL SISTEMA DE MANEJO DE LOS RPBI's	84
6.1 Sistema de Manejo Interno	84
6.2 Recolección Interna y Externa de RPBI's	90
VII DISEÑO DE LA CELDA ESPECIAL PARA RPBI's	101
7.1 Ubicación de los sitios propuestos para la Celda Especial	102
7.2 Evaluación del terreno con respecto a la Norma Oficial	104
7.3 Selección del Sitio	105
7.4 Diseño de la Celda	114
7.5 Construcción	115
7.6 Control de lixiviados	120
7.7 Obras Hidráulicas	121
7.8 Control de Biogás	122
7.9 Operación y mantenimiento	123
7.10 Obras complementarias	125
7.11 Consideraciones de la Norma Oficial	125
7.12 Recomendaciones de la NOMa	126
7.13 Monitoreo	126
CONSIDERACIONES	127
CONCLUSIONES	128

Tesis de Maestría

Susunaga Miranda M. A.

Diseño del Sistema de Manejo y Disposición Final para los RPBI's generados en Centros Rurales de Atención a la Salud, "Caso de estudio: Tenabo, Campeche"

RECOMENDACIONES	130
REFERENCIAS	132
BIBLIOGRAFÍA	134

Instituto de Ingeniería
Universidad Veracruzana



INDICE DE TABLAS

1.1	Supervivencia promedio de microorganismos seleccionados	4
2.1	Diversas clasificaciones de residuos biológico-infecciosos	18
2.2	Clasificación de los establecimientos de atención a la salud	20
2.3	Microorganismos mas comunes presentes en Residuos Biológico-Infecciosos	23
2.4	Envasado de los RPBI's de acuerdo a su tipo	29
2.5	Características de las bolsas para RPBI's	28
3.1	Generación Unitaria de RPBI's en países seleccionados	42
3.2	Composición de los Residuos Hospitalarios en hospitales del Sur de la Florida	43
3.3	Generación de residuos en unidades médicas	44
3.4	Generación unitaria para áreas médicas	45
3.5	Composición promedio de residuos hospitalarios en unidades médicas del DF	46
3.6	Composición Fisicoquímica de los residuos generados en unidades médicas del DF	47
3.7	Peso volumétrico en unidades médicas del DF	47
4.1	Localidades del Municipio de Tenabo	61
4.2	Unidades de atención a la salud en el municipio de Tenabo (1997)	63
4.3	Recursos humanos y consultas de los centros de atención a la salud del municipio de Tenabo (1997)	63
4.4	Principales Recursos materiales de las unidades medicas (1997)	64
4.5	Pacientes atendidos por las instituciones de salud del municipio de Tenabo (1992-1997)	65
5.1	Inventario de Unidades Médicas	69
5.2	Recursos humanos y nivel de atención de los centros de atención a	69

Tesis de Maestría

Susunaga Miranda M. A.

Diseño del Sistema de Manejo y Disposición Final para los RPBI's generados en Centros Rurales de Atención a la Salud, "Caso de estudio: Tenabo, Campeche"

	la salud del municipio de Tenabo	
5.3	Inventario Municipal de RPBI's	72
5.4	Pacientes promedio atendidos diariamente en los centros de atención a la salud	74
5.5	Tipo de servicio ofrecido en las cuatro unidades médicas	76
5.6	Generación diaria promedio de RPBI's	76
5.7	Composición física de los residuos generados en los Centros de Atención a la Salud	80
5.8	Composición de los residuos por material de fabricación	81
5.9	Generación esperada de RPBI's	83
5.10	Volumen esperado de RPBI's	83
6.1	Envase de los Residuos generados en los Centros de Salud del municipio de Tenabo	86
6.2	Ubicación de los contenedores de RPBI's para los Centros de Salud del municipio de Tenabo	88
6.3	Horario de Recolección Externa de los RPBI's	100
7.1	Sitios propuestos para la Celda Especial	102
7.2	Cumplimiento de la normatividad de los terrenos	104
7.3	Matriz de Contribución proporcional de los agentes impactantes sobre el entorno	107
7.4	Tipo de Características y fundamentos	108
7.5	Matriz de Calificación del sitio No .1	111
7.6	Matriz de Calificación del sitio No .2	112
7.7	Matriz de Calificación del sitio No. 3	112
7.8	Proyección de la generación de RPBI's en los Centros de Salud	114

Instituto de Ingeniería
Universidad Veracruzana

INDICE DE FIGURAS

2.1	Símbolo universal de riesgo biológico	25
4.1	División Municipal del estado de Campeche	51
4.2	Cabecera Municipal de Tenabo	52
4.3	Fotografía Satelital de la cabecera municipal de Tenabo	63
4.4	Suelos del Municipio de Tenabo	59
5.1	Centro de Salud para población Concentrada de Tenabo, Campeche	70
5.2	Centro de Atención a la Salud Tinun, Tenabo, Campeche	70
5.3	IMSS-Solidaridad, Emiliano Zapata, Tenabo, Campeche	71
5.4	Unidad de Medicina Familiar del ISSSTE, Tenabo, Campeche	71
6.1	Bolsas para envasado de RPBI's	85
6.2	Colocación de los recipientes para RPBI's	89
6.3	Colocación de los recipientes y ruta de recolección de la UAS de Tinún	93
6.4	Colocación de los recipientes y ruta de recolección del IMSS-Solidaridad de Emiliano Zapata	94
6.5	Colocación de los recipientes y ruta de recolección de la Unidad de medicina Familiar del ISSSTE	95
6.6	Colocación de los recipientes y ruta de recolección del CSPC de Tenabo	95
6.7	Ruta de Recolección Interhospitalaria de RPBI's para el municipio de Tenabo	99
7.1	sitios propuestos para la ubicación de la Celda Especial	103
7.2	Sitio elegido para la Ubicación de la Celda Especial	113
7.3	Etapas de Construcción de la Celda Especial (Corte frontal)	116
7.4	Área perimetral de la Celda	117

Tesis de Maestría

Susunaga Miranda M. A.

Diseño del Sistema de Manejo y Disposición Final para los RPBI's generados en Centros Rurales de Atención a la Salud, "Caso de estudio: Tenabo, Campeche"

7.5	Área de la Celda	118
7.6	Base de la Celda Especial	119
7.7	Corte de la Base de la Celda	119
7.8	Detalle del ranurado en la tubería de captación de lixiviados	121
7.9	Sistema de Control del Biogás	122
7.10	Corte transversal de la Celda Especial	124



Instituto de Ingeniería
Universidad Veracruzana

INDICE DE GRAFICAS

3.1	Porcentaje de residuos hospitalarios	49
4.1	Lluvia y Evaporación media mensual (1931 a 1996)	53
4.2	Temperatura media mensual (1931 a 1996)	54
4.3	Evolución de la población municipal	61
4.4	Incremento de la población	62
4.5	Recursos humanos en las instituciones de Salud (1997)	64
5.1	Pacientes atendidos en promedio diariamente por las instituciones de Salud	75
5.2	Porcentaje de atención de pacientes en las instituciones de Salud	75
5.3	Porcentaje de generación de RPBI's en el municipio de Tenabo	77
5.4	Generación de RPBI's por área de Trabajo	78
5.5	Incremento en el numero de pacientes 1999-2010	

Instituto de Ingeniería
Universidad Veracruzana



RESUMEN

Un centro de atención a la salud es una institución encargada de prevenir y atender los problemas médicos de la población; estos establecimientos generan residuos que presentan riesgos potenciales de peligrosidad y su inadecuado manejo tiene impactos ambientales negativos, cuya afectación se extiende no solo a la salud humana, sino también al ambiente.

Por la legislación existente para la protección al ambiente, estos residuos se consideran como peligrosos y deben de ser tratados o dispuestos de acuerdo a la normatividad vigente.

El municipio de Tenabo, en el estado de Campeche, tiene una población de 7,630 habitantes, que generan un promedio de 391.4 g/día de residuos hospitalarios entre los cuatro centros de atención a la salud. Estos carecen de sistemas adecuados para su gestión integral, por lo que los desechos se manejan de manera irregular y dispuestos sin ninguna consideración a cielo abierto junto con la basura municipal, lo que representa un peligro para sus habitantes.

Los resultados obtenidos en estudios de generación y clasificación realizados en los cuatro centros de salud del municipio de Tenabo, sentaron las bases para desarrollar un sistema de manejo para los Residuos Peligrosos Biológico-Infeciosos (RPBI's) basado en la NOM-087-ECOL-1995. (incluye el manejo Interno y externo, la selección, envase, almacenamiento temporal, transporte de los residuos) y que establece que para localidades de menos de 100,000 habitantes estos pueden ser dispuestos en Celdas Especiales.

Así mismo, se diseñó una Celda Especial que solucionará la disposición de los RPBI's del municipio de Tenabo hasta el año 2010, en el que se calcula se tendrá un indicador de 6.36 g/ atención integral al paciente.día, lo que representa una generación de 3 kg a la semana, que ocuparán un volumen 0.046 m³. Al finalizar la vida útil de la celda se habrán dispuesto 1.61 t de RPBI's.

RÉSUMÉ

Un centre d'attention à la santé est une institution responsable de prévenir et s'occuper des problèmes médicaux de la population; ces établissements produisent déchets que présentent risques potentiels de danger et son aménagement inadéquate a des impacts négatifs, dont l'affectation n'est pas seulement à la santé humaine, mais aussi a l'environnement.

Pour la législation existante pour la protection a l'environnement, ces déchets sont considérés dangereux et ils devaient être traités ou déposés d'accord a la normativité en vigueur.

La municipalité de Tenabo, dans l'état de Campeche, a une population de 7630 habitants qui produisent une moyenne de 391.4 g / jour de déchets hospitalières dans quatre centres d'attention à la santé qui manquent de systèmes appropriés pour son aménagement intégrale, pour celui-là qui des déchets sont aménagés d'un manière irrégulière et disposés sans aucune considération au ciel ouvert avec les ordures municipaux, ce qui représente un danger pour ses habitants.

Les résultats obtenus en études de génération et classification réalisés dans les quatre centres de santé de la municipalité de Tenabo, s'assirent les bases pour développer un système d'aménagement pour les Déchets Dangereux Biologiques - Infectieux (RPBI's) d'accord au NOM-087-ECOL-1995 (inclut l'aménagement intérieur et extérieur, la sélection, conditionnements, stockage temporaire, transports des déchets) et qui établit que pour localités de moins que 100,000 habitants ceux-ci peuvent être disposés en Cellules Speciaux

Aussi, on projetais une Cellule Spéciale qui résoudra la disposition des RPBI's de la municipalité de Tenabo jusqu'à l'an 2010, quand on calcule un indicateur de 6.36 g / attention intégrale au patientjour, qui représente une génération de 3 kg à la semaine qui occuperont un volume 0.046 m³. En finissant la vie utile de la cellule ils seront déposé 1.61 t de RPBI's.



I. INTRODUCCIÓN

Un centro de atención a la salud es un hospital, sanatorio, clínica, centro médico, maternidad, sala de primeros auxilios y todo establecimiento donde se practique cualquiera de los niveles de atención a la salud humana, con fines de prevención, diagnóstico, tratamiento, rehabilitación, así como de investigación.

Las Instituciones de salud son las encargadas de prevenir y atender los problemas médicos de la población. Estos establecimientos al mismo tiempo, son generadores de residuos que presentan riesgos potenciales de peligrosidad, cuyo inadecuado manejo puede tener serias consecuencias para la salud de la comunidad hospitalaria, del personal encargado del manejo externo de los residuos y de la población en general.

Debido a que tradicionalmente la prioridad de un centro de salud ha sido la atención al paciente, se ha restado importancia a los problemas ambientales que podría causar estos residuos a su entorno, creándose en muchos casos un círculo vicioso de enfermedades derivadas del mal manejo de los residuos.

La cantidad de residuos sólidos generados en un establecimiento hospitalario está en función de las actividades que se desarrollen y en consecuencia dependerá, entre otros factores, de la cantidad de servicios médicos ofrecidos en el establecimiento, del grado de complejidad de la atención prestada, del tamaño del hospital, de la proporción de los pacientes externos atendidos y del número de personal.

En un centro hospitalario se generan dos clases de residuos, los que se obtienen de las actividades administrativas, de la cocina y de los servicios no médicos y que se pueden clasificar como municipales y aquellos que se generan directamente de la atención a la salud (abatelenguas, jeringas, gasas, torundas, guantes de latex etc),

El inadecuado manejo de los residuos sólidos hospitalarios tiene impactos ambientales negativos que se evidencian en la segregación, almacenamiento, tratamiento, recolección, transporte y disposición final, las consecuencias de estos impactos no sólo afectan la salud humana sino también a la atmósfera, el suelo, las aguas superficiales y subterráneas.

Por ley, los residuos hospitalarios se consideran como peligrosos y deben de ser tratados y dispuestos de acuerdo a la normatividad vigente. Sin embargo, un inadecuado diseño, una aplicación inadecuada de la norma o incorrecta operación de los sistemas de manejo integral pueden generar problemas de contaminación ambiental, por lo que es importante prevenir esta posibilidad mediante la correcta selección de la tecnología, los sistemas de gestión y la capacitación del personal a cargo de su operación.

En este trabajo se propone una alternativa para el manejo y disposición final de los Residuos Peligrosos Biológico-infecciosos que se apega a la Norma Oficial Mexicana NOM-087, de modo que se puedan implementar sistemas similares en comunidades que tengan características semejantes.

1.1 Antecedentes.

El grupo inicialmente expuesto al riesgo que presentan los residuos infecciosos de los hospitales son los trabajadores, especialmente médicos, enfermeros y personal de limpieza, seguido de los empleados que manipulan los desechos fuera del hospital.

En los tiraderos a cielo abierto el riesgo es muy serio para los pepenadores. Sin embargo, no existen datos sobre la incidencia de lesiones e infecciones en esas situaciones (Monge 1991). Es poco probable que los pacientes, el personal médico o el público en general se vean afectados por un manejo inadecuado de los RPBI's, no así el personal de limpieza y los trabajadores de recolección externa.

Existe muy poca información documental acerca de los problemas generados por los residuos hospitalarios, entre estos destacan:

- 1986. En Japón una encuesta demostró que el 67% de las personas que manejan residuos dentro de los hospitales y el 44% de los que manejan fuera del hospital habían sufrido lesiones con objetos punzocortantes (Sánchez, 1998)
- 1983. El Ministerio de Salud de Brasil estimó que alrededor de 700,000 personas adquirieron alguna infección vía hospitalaria (Sánchez, 1998)
- 1991. Se reporta que entre el 1 y 2% de los trabajadores hospitalarios de los Estados Unidos han tenido lesiones por el inadecuado manejo de estos residuos (Monge, 1991)

Aunque no se cuenta con información estadística sobre la incidencia de infecciones debido al manejo de este tipo de residuos, es muy común que las personas que se dedican a la recuperación de materiales en los basureros tengan contacto directo con estos (González 1999)

La aparición de enfermedades como el Síndrome de Inmunodeficiencia Adquirida (SIDA) y la hepatitis B, ha hecho que tanto los hospitales como centros de atención a la salud públicos privados comenzaran a utilizar instrumental desechable, como son jeringas, guantes de latex, etc.

Por otro lado, se piensa que todos los microorganismos patógenos no viven por igual dentro de los residuos en el ambiente; los valores de vida promedio de algunos microorganismos son:

Tabla 1.1 Supervivencia promedio de microorganismos seleccionados

Microorganismo	Supervivencia en días
<i>Salmonella thyphi</i>	29-70
Virus polio tipo 1	20-170
<i>Etamoeba histolytica</i>	20-170
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	150-180

Fuente: Sánchez G. J., El manejo de los Residuos Generados por los Servicios de Salud. AMCRESPAC, 1998.

En México, los estudios referentes de los efectos sobre la salud en poblaciones expuestas a tóxicos ambientales son mínimos. (Sánchez 1991)

Los primeros esfuerzos en el control de este tipo de residuos en nuestro país se inician en 1989, cuando la Dirección de Servicios Urbanos del Departamento del Distrito Federal inicia la recolección separada de los residuos de 77 unidades médicas y su disposición en el Relleno Sanitario Bordo Poniente. En 1991 se construye una celda especial para el confinamiento sanitario de este tipo de residuos, depositándose diariamente mas de 100 toneladas (D.D.F. 1996), en 1999 se redujeron a poco mas de 50t/d (González, 1999).

1.2 Objetivos.

1.2.1 Objetivo General.

Diseñar un sistema de manejo y disposición final para residuos peligrosos biológico infecciosos en centros rurales de atención a la salud del municipio de Tenabo, Campeche.

1.2.2 Objetivos Específicos.

- Realizar un inventario de las fuentes generadoras de residuos peligrosos biológico infecciosos
- Cuantificar y clasificar los residuos peligrosos biológico infecciosos para diseñar un sistema de manejo y recolección.
- Seleccionar el lugar más adecuado y diseñar la celda especial para la disposición final de residuos peligrosos biológico-infecciosos, de acuerdo a la NOM-087-ECOL-1995

1.3 Hipótesis

1.3.1 Hipótesis General

El diseño de un sistema de manejo y disposición final de los residuos peligrosos biológico infecciosos de los centros de atención de la salud rurales del municipio de Tenabo, Campeche disminuirá el riesgo que estos representan para el medio natural y la salud de sus habitantes.

1.3.2 Hipótesis Específicas.

- Con la realización de un inventario de las fuentes generadoras de residuos peligrosos biológico infecciosas del municipio de Tenabo se podrán identificar éstas.
- Con Cuantificar y Clasificar los residuos peligrosos biológico infecciosos del municipio de Tenabo se podrá diseñar un sistema de manejo y recolección de residuos peligrosos Biológico infecciosos para el municipio de Tenabo.
- La selección del lugar más adecuado y el diseño de la celda especial para los residuos peligrosos biológico infecciosos del municipio de Tenabo reducirán la peligrosidad de los mismos

1.4 Alcances.

Tenabo, en el estado de Campeche, no cuenta con los sistemas adecuados para el manejo de residuos, estos son expuestos sin ninguna consideración directamente al ambiente y constituyen una fuente potencial de contaminación, a lo que, si le aunamos la peligrosidad de sus residuos hospitalarios se genera un problema de salud pública.

La aportación fundamental de este trabajo, si se lleva a cabo según lo especificado, solucionará un problema que se está generando con este tipo de residuos, además de que puede servir de ejemplo para que se aplique a comunidades que tienen las mismas características dentro de la entidad o en alguna otra región del país.

Se propone una alternativa de solución al manejo y disposición final para los Residuos Peligrosos Biológico infecciosos que se apega a la norma oficial mexicana NOM-087, que cuenta con las consideraciones técnicas y de ingeniería necesarias para el buen funcionamiento de un sistema de gestión integral para el manejo y disposición de residuos hospitalarios en comunidades rurales.

1.5 Limitaciones.

Las limitaciones que se pueden presentar en la realización de este trabajo no son de carácter técnico, sino un conjunto de actitudes (sobre todo falta de educación sobre los residuos y el desconocimiento de su peligrosidad) que hacia este tipo de residuos se tiene dentro de la Comunidad.

La poca o nula capacitación del personal de limpieza, de los empleados de limpia pública, de los funcionarios del área de salud y de las autoridades municipales es un factor determinante para la realización de este proyecto.

1.6 Justificación

Los centros de atención a la salud generan dos tipo de residuos, no peligrosos o municipales y RPBI's, los primeros son manejados y dispuestos de acuerdo al sistema de limpia pública de la localidad, los segundos son responsabilidad del generador que debe de cumplir con las especificaciones de la NOM-087-ECOL-1995.

Es conveniente y fundamental conocer la cantidad y características de los residuos que se generan por varias razones:

- Cumplir con la NOM-087-ECOL-1995
- Determinar el tamaño apropiado de los sistemas de manejo integral
- Un sistema de tratamiento de *in-situ* requiere una caracterización exacta de los residuos generados
- Los pagos por transporte y tratamiento se basan en la cantidad generada

Es importante aclarar que el anexo 2 de la NOM-087-ECOL-1995 no proporciona de talles constructivos de las celdas especiales, solo tiene un conjunto de reglamentaciones técnicas que se deben de considerar, el diseño que se desarrolló en este trabajo, puede servir a comunidades que tengan características semejantes y presentes problemas similares

II GESTIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS BIOLÓGICO INFECCIOSOS

La Organización Panamericana de la Salud define el residuo peligroso "como cualquier residuo o combinación de residuos que represente un peligro inmediato o potencial para la salud humana o para otros organismos vivos por ser dichos residuos no degradables o persistentes en la naturaleza porque pueden magnificarse biológicamente, o pueden ser letales o por cualquier otra forma puedan causar o tender a causar efectos acumulativos perjudiciales". (Monge, 1991)

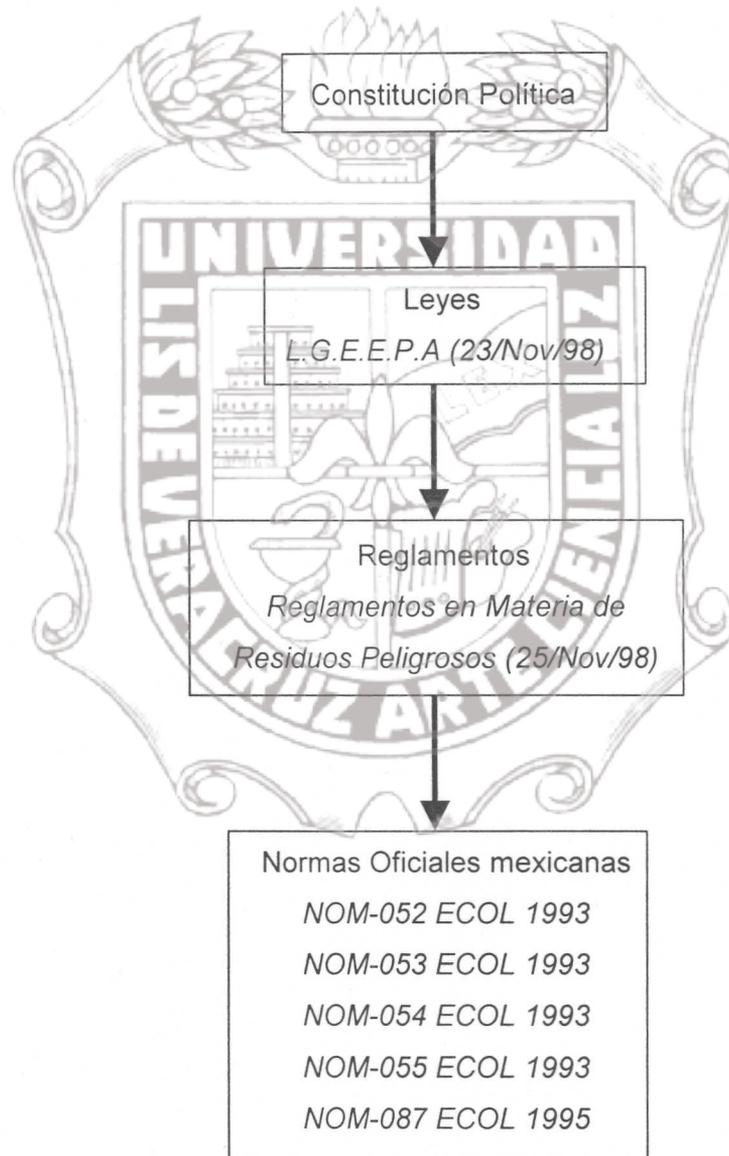
En México más del 90% de los residuos peligrosos que se producen al año se manejan inadecuadamente. (Díaz-Barriga, 1996). Por consiguiente, la mayor parte de los residuos se dispone de manera anómala en el ambiente, contaminando ríos, tierras de cultivo, desiertos, etcétera.

Desde el punto de vista del manejo sanitario de los residuos sólidos hospitalarios, interesa especialmente clasificar los desechos de acuerdo a su carácter infeccioso.

La basura de las áreas administrativas es considerada dentro de los residuos municipales (papeles, restos de embalajes, etc.); los de áreas de mantenimientos y talleres (aceites, grasas, pintura, adhesivos), los medicamentos vencidos, lavado de vehículos (barros), etc., son contaminantes con diversas características de peligrosidad.

2.1. Marco Legal.

El marco legal está constituido por las Disposiciones Constitucionales, las Leyes Federales, los Reglamentos y las Normas Oficiales Mexicanas. Además de la Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.



2.1.1 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)

Esta Ley es reglamentaria a las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, que se refieren tanto a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, como a la protección del ambiente en el territorio nacional y en las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Sus disposiciones son de orden público e interés social.

Esta Ley se divide en seis Títulos y se compone por 204 Artículos, más 4 Artículos transitorios. La LGEEPA cuenta con un reglamento en materia de Residuos Peligrosos. La definición de residuo peligroso se encuentra en el artículo 3º fracción XXXII, del Título Primero, Capítulo I; que a la letra dice así: "Todos aquellos residuos en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, reactivas, explosivas, inflamables, **biológico-infecciosas**, representan un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente".

2.1.1.1 Facultades de la Federación.

En el Título I, Capítulo II, Artículo 5º de la LGEEPA, se establecen como facultades de la federación la regulación y control de las actividades consideradas como altamente riesgosas y de la generación, manejo y disposición final de materiales y residuos peligrosos para el ambiente o los ecosistemas, así como la preservación de los recursos naturales, de conformidad con esta Ley, otros ordenamientos aplicables y sus disposiciones reglamentarias.

En el artículo 28 Fracción IV, del Título Primero, Capítulo IV, Sección V; se establece que es necesaria la autorización en materia de impacto ambiental de la SEMARNAP cuando se trate de instalaciones de tratamiento, confinamiento o eliminación de residuos peligrosos.

2.1.1.2 Legislación sobre residuos Peligrosos.

El Capítulo VI del Título Cuarto, está dedicado exclusivamente a residuos peligrosos. El artículo 150 establece que el manejo de los materiales y residuos peligrosos se debe hacer de acuerdo a la Ley, su Reglamento y las Normas Oficiales Mexicanas que expida la SEMARNAP. Asimismo, establece que la regulación de esos materiales y residuos peligrosos incluirá, según corresponda, su uso, recolección, almacenamiento, transporte, reuso, reciclaje, tratamiento y disposición final.

En el Título IV, Capítulo VI, el Artículo 151 determina que el manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponde a quien los genera, aún cuando se contrate los servicios de manejo y disposición final de los residuos peligrosos con empresas autorizadas por la Secretaría, caso en el que la responsabilidad es compartida. Asimismo, se establece que las personas que manejen residuos peligrosos deben de hacerlo del conocimiento de la SEMARNAP.

En el Título IV, Capítulo VI, el Artículo 151-Bis, establece que se requiere autorización previa de la SEMARNAP para operar e instalar sistemas de cualquier tipo de manejo de residuos peligrosos.

En el Título IV, Capítulo VI, el Artículo 152-Bis, dice que cuando la generación o manejo de residuos peligrosos produzca contaminación del suelo, los responsables de las operaciones deberán llevar a cabo las acciones necesarias para recuperar y restablecer las condiciones del mismo.

2.1.2 Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos.

a) De la generación de residuos peligrosos

En el artículo 8º se establece que el generador de residuos peligrosos deberá:

Inscribirse en el Registro que para tal efecto establezca la SEMARNAP.

- Llevar una bitácora mensual sobre la generación de sus residuos peligrosos
- Dar a los residuos peligrosos el manejo previsto en el Reglamento y en las Normas Oficiales Mexicanas
- Manejar separadamente los residuos peligrosos que sean incompatibles
- Envasar sus residuos peligrosos, en recipientes que reúnan las condiciones de seguridad previstas en el Reglamento y en las normas oficiales mexicanas
- Identificar a sus residuos peligrosos de acuerdo a las normas oficiales mexicanas
- Almacenar sus residuos peligrosos en condiciones de seguridad y en áreas que reúnan los requisitos previstos en el reglamento y en las normas oficiales mexicanas
- Transportar sus residuos peligrosos en los vehículos que determine la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y bajo las condiciones previstas en este Reglamento y las Normas Oficiales Mexicanas
- Dar a sus residuos peligrosos el tratamiento y la disposición final que corresponda de acuerdo con los métodos previstos en el Reglamento y conforme a las Normas Oficiales Mexicanas
- Remitir a la SEMARNAP, en el formato que ésta determine, un informe semestral sobre los movimientos que hubiere efectuado con sus residuos peligrosos durante dicho periodo

b) Del manejo de residuos peligrosos

En el artículo 12 se establece que las personas autorizadas por parte de la SEMARNAP para instalar y operar sistemas de recolección, almacenamiento, transporte, alojamiento, reuso, tratamiento, reciclaje, incineración y disposición final deberán presentar, previo al inicio de sus operaciones, lo siguiente:

- Un programa de capacitación del personal responsable del manejo de residuos peligrosos y del equipo relacionado con éste
- Documentación que acredite al responsable técnico
- Un programa para atención a contingencias

2.1.3 Normas Oficiales Mexicanas para el manejo de Residuos Peligrosos Biológico Infecciosos.

- NOM-052-ECOL-1993, que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente
- NOM-053-ECOL-1993, que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente
- NOM-087-ECOL-1995, que establece los requisitos para la separación, envasado, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos biológicos-infecciosos que se generan en establecimientos que prestan atención médica

Además, cabe señalar que existe un proyecto de Norma Oficial Mexicana que establecerá los procedimientos para el manejo interno y los estándares de emisión para los procesos de tratamiento térmico de residuos hospitalarios, residuos sólidos municipales, residuos peligrosos e industriales no peligrosos (INE 1999).

2.1.4 Normas Oficiales Mexicanas complementarias aplicables al manejo de Residuos Peligrosos Biológico- Infecciosos.

Existen otras normas oficiales mexicanas que hacen mención del manejo de los Residuos Peligrosos Biológico-Infecciosos.

a) De la Secretaría de salud.

- NOM-003-SSA-2-1993, Disposición de sangre humana y sus componentes con fines terapéuticos
- NOM-010-SSA2-1993, Prevención y control de la infección por Virus de la Inmunodeficiencia Humana.

b) De la Secretaría de comunicaciones.

Esta secretaría ha establecido una serie de normas relativas al manejo, almacenamiento y transporte terrestre de Residuos Peligrosos.

- NOM-003-SCT-1993 Características de las etiquetas, envase y embalaje destinadas al transporte de materiales y residuos peligrosos
- NOM-004-SCT-1994 Sistema de Identificación de Unidades destinadas al transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos
- NOM-011-SCT-1994 Condiciones para el transporte de las sustancias materiales y residuos peligrosos en cantidades limitadas

c) De la Secretaría del Trabajo y Previsión Social

Esta secretaría ha establecido una serie de normas relativas a los requerimientos de seguridad e higiene para las personas que trabajan en el manejo, almacenamiento y transporte terrestre de Residuos Peligrosos.

- NOM-009-STPS-1993 Relativa a las condiciones de seguridad e higiene para el almacenamiento, transporte y manejo de sustancias corrosivas, irritantes y tóxicas en los centros de trabajo
- NOM-114-STPS-1994 Sistemas para la identificación y comunicación de los riesgos por sustancias químicas en los centros de trabajo

2.1.5 Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Campeche (LEEPAEC).

También conocida como Ley 059, esta ley establece en su título primero, capítulo primero, artículo tercero, fracción XXVIII la definición de residuo peligroso, y ésta dice: "Todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, reactivas, explosivas, inflamables, biológicas, infecciosas o irritantes, representen un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente".

El artículo 7 indica que compete al Gobierno del Estado de Campeche, así como a los Ayuntamientos de sus Municipios, dentro de la esfera de su competencia local, en los términos de la distribución de obligaciones establecidas en la presente Ley, así como en lo dispuesto por otros ordenamientos y convenios de coordinación.

En su fracción XXIX, el fomentar investigaciones científicas y promover programas para el desarrollo de técnicas y procedimientos que permitan prevenir, controlar y abatir la contaminación, propiciando el aprovechamiento racional de los recursos, así como de proteger los ecosistemas, pudiendo celebrar convenios con instituciones de educación superior, centros de investigación, instituciones del sector social y privado, investigadores y especialistas en la materia, en el ámbito de sus competencias.

El artículo 8 fracción III indica que corresponde al Ejecutivo Estatal, por conducto de la Secretaría Estatal, aplicar, en la esfera de su competencia la **LEEPAEC**, la **L.G.E.E.P.A.**, las normas oficiales y criterios ecológicos que expida la Federación, en estricta vigilancia de su observancia;

En el Título IV, capítulo V, habla de las actividades consideradas como riesgosas, en el artículo 118 indica que es facultad de la Secretaría Estatal y de la Secretaría de Gobierno, previa opinión que emitan las Secretarías de Desarrollo Económico, de Desarrollo Rural, de Desarrollo Pesquero, así como de la de Salud, clasificará y determinará las actividades que puedan ser consideradas como riesgosas, para lo cual se efectuará un listado relativo, mismo que deberá publicarse en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado.

2.2 Clasificación de Residuos.

Un residuo es una mezcla heterogénea de materiales que no tiene ninguna utilidad o valor para quien los generó. De acuerdo a su estado físico, los residuos pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos, pueden estar aislados, mezclados o en solución y para el adecuado manejo de los residuos se han establecido clasificaciones de los mismos.

La L.G.E.E.P.A. establece para nuestro país sólo dos clasificaciones para los residuos, y estos pueden ser peligrosos o no peligrosos, las definiciones de la ley son:

Residuo: cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento, cuya calidad no permite usarlo nuevamente en el proceso que lo generó.

Residuo Peligroso : "Todos aquellos residuos en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, reactivas, explosivas, inflamables, **Biológico-infecciosas**, representan un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente".

Esta clasificación, además de ser muy severa, deja fuera a muchos residuos que por su carácter no son altamente peligrosos, pero si requieren de un manejo especial.

2.2.1 Los Residuos Peligrosos Biológico-Infeciosos (RPBI's)

Los residuos peligrosos biológico-infecciosos se generan en las diferentes etapas de la atención de salud (diagnóstico, tratamiento, inmunización, investigación, etc.), y contienen patógenos en cantidad o concentración suficiente para contaminar a la persona expuesta a ellos. Estos pueden ser, entre otros, materiales provenientes de salas de aislamiento de pacientes, materiales biológicos, sangre humana y productos derivados, desechos anatómicos patológicos y quirúrgicos, punzocortantes y residuos de animales.

Cada país tiene su clasificación de residuo biológico-infecciosos; se mencionan algunas en la tabla no. 2.1

Tabla 2.1 Diversas clasificaciones de residuos biológico infecciosos.

O.M.S	Clasificación Alemana	Clasificación de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA)
Residuos Generales	Residuos Generales	Cultivos y muestras almacenadas
Residuos Patológicos	Residuos Patológicos	Residuos Patológicos
Residuos Químicos	Residuos Químicos	Residuos de sangre humana y productos derivados
Residuos Infecciosos	Residuos Infecciosos	Residuos de animales
Residuos Radiactivos	Residuos Radiactivos	Residuos de aislamiento
Residuos Punzo cortantes	Residuos Punzo cortantes	Residuos punzocortantes
Residuos Farmacéuticos	Residuos Farmacéuticos	Residuos punzocortantes no usados

Fuente: Sánchez G. J., El manejo de los Residuos Generados por los Servicios de Salud AMCRESPAC 1998

2.2.2 Clasificación de Residuos Peligrosos Biológico Infecciosos.

Por **residuos biológico infecciosos** debe entenderse todo elemento material en estado sólido, semisólido, líquido o gaseoso que presenta características de toxicidad y actividad biológica que puedan afectar directa o indirectamente a los seres vivos y causar contaminación del suelo, el agua o la atmósfera (OPS, 1991)

La NOM-087-ECOL-1995 considera residuos peligrosos biológico infecciosos:

- La sangre, los productos derivados de la sangre incluyendo, plasma, suero y paquete globular. Los materiales con sangre o sus derivados aún cuando se hayan secado, así como los recipientes que los contienen o contuvieron
- Los cultivos y cepas almacenadas de agentes infecciosos
- Los cultivos generados en los procedimientos de diagnóstico e investigación, así como los generados en la producción de agentes biológicos
- Los instrumentos y aparatos para transferir, inocular y mezclar cultivos
- Los patológicos. Los tejidos, órganos, partes y fluidos corporales que se remueven durante las necropsias, la cirugía o algún otro tipo de intervención quirúrgica
- Las muestras biológicas para análisis químico, microbiológico, citológico o histológico
- Los cadáveres de pequeñas especies animales provenientes de clínicas veterinarias, centros antirrábicos o los utilizados en los centros de investigación
- Los residuos no anatómicos derivados de la atención a pacientes y de los laboratorios
- El equipo, material y objetos utilizados durante la atención a humanos o animales. Los equipos y dispositivos desechables utilizados para la exploración y toma de muestras biológicas
- Los objetos punzocortantes usados o sin usar

- Los que han estado en contacto con humanos o animales o sus muestras biológicas durante el diagnóstico y tratamiento, incluyendo navajas, lancetas, jeringas, pipetas Pasteur, agujas hipodérmicas, de acupuntura y para tatuaje, bisturíes, cajas de Petri, cristalería entera o rota, porta y cubre objetos, tubos de ensayo y similares

2.3 Fuentes Generadoras.

Las fuentes generadoras de residuos peligrosos biológico-infecciosos son: Hospitales, clínicas, maternidades, laboratorios clínicos, consultorios médicos, consultorios odontológicos, clínicas veterinarias, centros antirrábicos, centros de investigación y enseñanza, industria farmacéutica, etc. (CEPIS 1991)

2.3.1 Clasificación de los Establecimientos Generadores de Residuos Peligrosos Biológico-Infecciosos

Para efectos de la Norma Oficial Mexicana 087, los establecimientos de atención médica se clasifican

Tabla 2.2 Clasificación de los establecimientos de atención a la salud

Nivel I	Nivel II	Nivel III
<ul style="list-style-type: none"> • Clínicas de consulta externa y veterinarias en pequeñas especies. • Laboratorios clínicos que realicen de 1 a 20 análisis al día. 	<ul style="list-style-type: none"> • Hospitales que tengan de 1 a 50 camas. • Laboratorios clínicos que realicen de 21 a 100 análisis al día 	<ul style="list-style-type: none"> • Hospitales con más de 50 camas. • Laboratorios clínicos que realicen más de 100 análisis clínicos al día. • Laboratorios para la producción de biológicos. • Centros de enseñanza e investigación. • Centros antirrábicos

Fuente: NOM-087-ECOL-1995, INE.

Las unidades médicas independientes que se encuentren ubicadas en un mismo inmueble y que generen en su conjunto residuos peligrosos en los términos y cantidades señalados la Norma 087-ECOL-1995, deberán designar un representante común quien será el responsable del manejo de estos residuos.

Cabe hacer la aclaración de que la norma no incluye a los RPBI's que se generan en los domicilios particulares.

2.3.2 Clasificación de las áreas generadoras.

Por lo general, en los centros de atención a la salud se pueden establecer cuatro grandes áreas, las cuales son:

a) Consultorios de Especialidades.

Estos dependen del nivel de atención del centro de salud, pudiendo ser: medicina general, ginecología, curaciones, odontología, cirugía, ortopedia, oftalmología, otorrinolaringología, neurología, gastroenterología, dermatología, psiquiatría, medicina interna, oncología, medicina física, cardiología.

b) Hospitalización.

En estas zonas el tiempo de residencia de los pacientes es mayor que en los de consulta especializada, debido a las características de sus padecimientos, y pueden ser: enfermería, curaciones, emergencias, recuperación, quirófanos, cuidados intensivos

c) Servicios Complementarios.

Formado por los servicios que apoyan directamente la atención integral de los pacientes: laboratorio clínico, rayos x, ultrasonido, medicina nuclear, banco de sangre, cuartos sépticos, farmacia, medicina experimental, electrocardiología.

d) Servicios Generales

Son todos aquellos servicios institucionales que facilitan la prestación del servicio, así como las actividades de docencia e investigación: almacén, biblioteca, aulas, auditorio, cocina, comedor, cafetería, sanitarios, lavandería, vestidores, residencias, cuarto de máquinas, jardines, guardería, oficinas.

2.4 Composición de Residuos.

Cada hospital, o centro de salud generará una cantidad de residuos biológico infecciosos que dependerá del número de pacientes que se atiendan a la semana, de su ubicación (si se localiza en zonas rurales o urbanas), y sobre todo de la especialización de la atención médica que se preste.

Una de las características importantes de los desechos hospitalarios es su heterogeneidad, que es consecuencia de la amplia gama de actividades complementarias a la atención médica que se desarrolla al interior de un hospital, todas las cuales, en mayor o menor grado, aportan residuos.

El verdadero peligro de estos residuos se manifiesta en la serie de incidentes importantes que han afectado la salud mundial desde 1980

- A partir de 1981, con la aparición del virus del Síndrome de Inmunodeficiencia adquirida (SIDA), que ha cobrado hasta 1998 cerca de 14 millones de vidas (O.M.S., 1998)
- Entre 1980 y 1990, el *Cryptosporidium*, causó un grave problema de salud, al infectar a cerca de 400,000 personas por tomar agua en Milwaukee, en los Estados Unidos (Sánchez, 1998)

Los residuos generados como consecuencia del diagnóstico, tratamiento, e inmunización de los seres humanos, deben regularse para prevenir riesgos a la salud.

Las enfermedades infecciosas se propagan debido a la interacción entre los agentes infecciosos patógenos y los individuos susceptibles.

La virulencia de un agente infeccioso está determinado por su patogenicidad, por el nivel de toxicidad de las sustancias que lo producen en el organismo y por su capacidad de penetración. Sin embargo, a estas características hay que añadir los factores ambientales favorables al agente infeccioso. Las condiciones de propagación de una infección se dan, por ejemplo, cuando un agente no es muy virulento pero se reproduce con facilidad y tiene altas oportunidades para entrar en contacto con los individuos.

Así mismo se ha comprobado la presencia de algunos microorganismos patógenos en residuos hospitalarios.

Tabla 2.3 Microorganismos más comunes presentes en Residuos Biológico Infecciosos

a) Bacterias	Bacilos entéricos	
	Coliformes fecales	
	<i>Salmonella thyphi</i>	
	<i>Shigella sp.</i>	
	<i>Pseudomonas sp.</i>	
	Estreptococos	
b) Hongos	<i>Candida albicans</i>	
	c) Virus	Polio tipo 1
		Virus de la hepatitis A y B
	Influenza	
	Virus entéricos	

Fuente: Sánchez G. J., El manejo de los Residuos Generados por los Servicios de Salud. AMCRESPAC, 1998

2.5 El manejo de Residuos Hospitalarios.

Los problemas identificados en América Latina y el Caribe respecto al manejo de residuos de hospitales son (J. Monreal, 1991):

- Las lesiones infecciosas provocadas por objetos punzocortantes del personal hospitalario de limpieza y del personal que maneja residuos sólidos
- El riesgo de infección fuera de los hospitales para el personal que maneja residuos sólidos, los que recuperan materiales de la basura y el público en general
- Las infecciones de los pacientes hospitalizados, ocasionadas por el manejo deficiente de los desechos

Es poca la información que se tiene de las infecciones de pacientes hospitalizados, ocasionadas por el manejo deficiente de desechos, con mucha frecuencia los RPBI's (incluyendo los patológicos) se arrojan a los tiraderos junto con la basura municipal, lo que incrementa el riesgo potencial a la salud de las personas que viven o se encuentran cerca.

Entre los problemas técnicos se puede mencionar la separación inadecuada de los desechos peligrosos en el lugar de origen, debido al bajo nivel de instrucción escolar y a la falta de capacitación adecuada del personal encargado. Esto hace que los residuos peligrosos representen del 10 al 40% del total, en lugar de ser inferior al 10% (CEPIS, 1991). Lo más grave es que los objetos punzocortantes no se almacenan adecuadamente, lo que explica las lesiones del personal de limpieza.

Un gran porcentaje (57 a 92%) de los incineradores que utilizan algunos hospitales no funcionan de manera adecuada, aumentando los riesgos a la salud y al ambiente ya que generan contaminantes en el aire (dioxinas y furanos) (Gozález, 1999).

2.6 Etapas en el manejo de residuos de hospitales.

De manera general, las etapas del manejo de todos los residuos hospitalarios son; (Monge 1991)

Segregación

La segregación de residuos es la clave del manejo, ya que en esta fase se separan los desechos, y una clasificación incorrecta puede ocasionar problemas posteriores. Durante esta etapa interviene personal que en su mayoría está encargado de la atención del paciente, muchas veces en condiciones de urgencia y bajo presión. A menos que haya recibido una buena capacitación, dicho personal podría considerar el manejo de los desechos como un asunto de poca importancia, pues desconoce lo que ocurre con ellos una vez retirados del pabellón o quirófano.

Manipulación y almacenamiento

Las bolsas y recipientes deberán ser selladas y llevadas a un lugar especial de almacenamiento, donde se colocarán en pilas separadas de acuerdo al color de las bolsas. El lugar deberá ser seguro y contar con instalaciones que permitan su limpieza en caso de derrames. Se debe colocar el símbolo universal de residuo biológico (Figura 2.1) en la puerta del área de almacenamiento, en los contenedores y en congeladores o refrigeradoras usados para tal fin.



Figura 2.1 Símbolo universal de riesgo biológico

Tratamiento

Entre las tecnologías disponibles para tratamiento de residuos infecciosos se puede mencionar: incineración, tratamientos químicos, autoclave y tratamiento por microondas, entre otros. Un inadecuado diseño o incorrecta operación de los sistemas de tratamiento pueden generar problemas de contaminación ambiental, por lo que es importante prevenir esa posibilidad mediante la correcta selección de tecnología y capacitación del personal a cargo de la operación.

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

- Eliminar el potencial infeccioso o peligroso de los residuos previo a su disposición final.
- Reducir su volumen
- Volver irreconocibles los desechos de la cirugía (partes corporales)
- Impedir el reuso inadecuado de diversos materiales

Los tratamientos pueden efectuarse en dos lugares diferentes, *in situ* cuando se realizan en los mismos centros de atención a la salud o pueden llevarse cabo en las instalaciones de las compañías que se dedican a ello.

Disposición final.

Una vez tratados e irreconocibles, los residuos peligrosos biológico-infecciosos se pueden eliminar como residuos no peligrosos. Para la NOM-087-ECOL-1995, en localidades con una población hasta de 100,000 habitantes se podrán disponer los residuos peligrosos biológico-infecciosos sin tratamiento, en celdas especiales.

Minimización de los Residuos

La alternativa más efectiva para enfrentar la problemática de los residuos de los centros de atención de salud es minimizar su generación mediante el reuso, reciclaje y reducción de la cantidad de materiales usados. La minimización de residuos debe ser considerada prioritaria en un programa de manejo de residuos.

2.6.1 Segregación.

La separación de las diferentes fracciones componentes de los residuos sólidos de hospitales es una práctica común en los establecimientos hospitalarios, con el propósito de reducir los riesgos sanitarios asociados al manejo de las fracciones infecciosas o peligrosas en general.

La implementación de una práctica adecuada de separación en el origen de las fracciones infecciosas y de otras peligrosas, permite derivar el resto de los residuos hospitalarios hacia la recolección municipal, reservando los sistemas de manejo especiales sólo para aquella porción de residuos que realmente ofrece riesgos. Pese a las ventajas de la separación in situ de las fracciones peligrosas, no resulta fácil implementar este tipo de prácticas en los establecimientos hospitalarios.

Aunado a lo anterior, una separación inadecuada representa un riesgo al personal y al público, elevando considerablemente los costos del manejo de residuos, porque se requeriría dar tratamiento especial a grandes cantidades, cuando sólo una pequeña cantidad debiera recibirlo.

2.6.2 Identificación y Envasado.

Cada uno de los residuos considerados en la clasificación de peligrosos biológico-infecciosos generados en establecimientos de atención médica, de acuerdo con sus características físicas y biológico-infecciosas debe contar con un recipiente apropiado claramente identificado. En esta etapa se usa tanto bolsas plásticas de color, como

recipientes especiales para los punzocortantes. Se debe de capacitar al personal del hospital para que asocie los colores de las bolsas con el tipo de residuo que debe ser dispuesto en ellas.

Las bolsas y recipientes de desechos deberán cumplir con las especificaciones de la NOM-087-ECOL-1995, ser selladas y llevadas a un lugar especial de almacenamiento donde se colocarán el tiempo que marca la ley.

Las bolsas pueden suspenderse dentro de una estructura con tapa o bien colocarse en un recipiente rígido; el extremo de la bolsa se doblará sobre el reborde del recipiente que debe tener una tapa.

Tabla 2.5 Características físicas de las bolsas para RPBI's

PARAMETRO	UNIDADES	ESPECIFICACIONES
Resistencia a la tensión	Kg/cm ²	SL:140 ST: 120
Elongación	%	SL:150 ST: 400
Resistencia al rasgado	g.	SL:90 ST: 150

Fuente: Tabla 3 NOM-087-ECOL-1995

SL:Sistema longitudinal.

ST: Sistema transversal.

Se deberán separar y envasar todos los residuos, conforme a la Tabla 2 de la NOM-087-ECOL-1995

Tabla 2.4 Envasado de los RPBI's de acuerdo a su tipo

TIPO DE RESIDUO	ESTADO FISICO	ENVASADO	COLOR
<ul style="list-style-type: none"> 4.1 Sangre 	Sólidos	Bolsa de plástico	Rojo
<ul style="list-style-type: none"> 4.2 Cultivos y cepas almacenadas de agentes infecciosos 4.4 Residuos no anatómicos derivados de atención a pacientes y los laboratorios 	Líquidos	Recipientes herméticos	Rojo
<ul style="list-style-type: none"> 4.3 Patológicos 	Sólidos	Bolsa de plástico	Amarillo
	Líquidos	Recipientes Herméticos	Amarillo
<ul style="list-style-type: none"> 4.5 Objetos punzocortantes usados y sin usar 	Sólidos	Recipientes rígidos	Rojo

Fuente: Tabla 2 NOM-087-ECOL-1995

2.6.3 Envase de los residuos generados.

El tamaño y número de los recipientes debe ser adecuado a la cantidad prevista de desechos que se generarán en el lugar. El recipiente no deberá ser demasiado pesado cuando esté lleno, pues una sola persona deberá ser capaz de manipularlo cómodamente.

De acuerdo a la NOM-087-ECOL-1995, las bolsas deberán ser de plástico, impermeables, de calibre mínimo 200 y deberán cumplir los valores mínimos de los parámetros. Los materiales utilizados deberán estar libres de metales pesados y cloro, mientras que los colorantes deberán ser fisiológicamente inocuos.

Las bolsas se llenarán al 80 % de su capacidad, cerrándose antes de ser transportadas al sitio de almacenamiento, deberán tener la leyenda que indique **"PELIGRO RESIDUOS PELIGROSOS SOLIDOS BIOLOGICO-INFECCIOSOS"**, además de estar marcadas con el símbolo universal de riesgo biológico.

Los recipientes de los residuos peligrosos punzocortantes deben ser rígidos, de polipropileno, resistentes a fracturas y pérdida del contenido al caerse, destruibles por métodos fisicoquímicos, esterilizables, con una resistencia mínima de penetración de 12.5 N (doce punto cinco Newtons) en todas sus partes; tener tapa con o sin separador de agujas y abertura para depósito con dispositivos para cierre seguro. Deben ser de color rojo, libres de metales pesados y cloro, debiendo estar etiquetados con la leyenda que indique **"PELIGRO, RESIDUOS PUNZOCORTANTES BIOLOGICO-INFECCIOSOS"** y marcados con el símbolo universal de riesgo biológico

La resistencia mínima de penetración será determinada por la medición de la fuerza requerida para penetrar los lados y la base con una aguja hipodérmica calibre 21 mediante dispositivos como el Instrón, Calibrador de Fuerza Chatillón o tensiómetro.

Los recipientes de los residuos peligrosos líquidos deben ser rígidos, con tapa hermética, etiquetados con una leyenda que indique **"PELIGRO, RESIDUOS PELIGROSOS LIQUIDOS BIOLOGICO-INFECCIOSOS"** y marcados con el símbolo universal de riesgo biológico. Una vez llenos, no deben ser abiertos o vaciados.

2.6.4 Manipulación y almacenamiento.

El sistema de manejo interno de residuos sólidos consiste en una serie de operaciones que tiene dos objetivos fundamentales:

- Controlar los riesgos a la salud que podría ocasionar la exposición a residuos sólidos hospitalarios de tipo infeccioso o especiales

- Facilitar el reciclaje, tratamiento, almacenamiento, transporte y disposición final de los residuos sólidos hospitalarios, en forma eficiente, económica y ambientalmente segura

La secuencia de manejo se define de acuerdo a un estudio previo de los residuos generados. El dimensionamiento del sistema, los procedimientos y la tecnología que se va a utilizar, se establecen una vez que se conoce la frecuencia de generación, el tipo de residuos en cada servicio y sus características, tales como humedad, densidad, etc.

Los desechos no peligrosos pueden ser llevados directamente a un recipiente exterior que podrá ser recogido por el servicio municipal.

No podrán utilizarse ductos neumáticos o de gravedad como medio de transporte interno de los residuos peligrosos biológico-infecciosos tratados o no, ya que estos se diseminan a la salida de los conductos, ocasionando malos olores y presencia de insectos. El personal encargado de la manipulación de los desechos hospitalarios deberá usar ropa e implementos de protección personal por razones higiénicas y para evitar lesiones en la piel.

Al planificar la recolección y transporte interno de los residuos generados en un centro de atención de salud se debe considerar:

- El horario y frecuencia de recolección, que deberán ser conocidos por todo el personal
- Se tendrá que establecer rutas que faciliten el traslado hacia el área de almacenamiento
- Evitar las rutas de alto riesgo, seleccionar el recorrido más corto posible entre el lugar de generación y el de almacenamiento
- Identificar los vehículos de recolección y transporte interno de acuerdo al tipo de residuo; desinfectarlos periódicamente

2.6.5 Recolección y transporte interno.

Se deben destinar carritos manuales exclusivos para la recolección y depósito en el área de almacenamiento. Estos se desinfectarán diariamente con vapor o con algún producto químico que garantice sus condiciones higiénicas. Deberán tener la leyenda: **"USO EXCLUSIVO PARA RESIDUOS PELIGROSOS BIOLÓGICO-INFECCIOSOS"** y marcado con el símbolo universal de riesgo biológico.

El diseño del carrito manual de recolección deberá prever la seguridad en la sujeción de las bolsas y los contenedores, así como el fácil tránsito dentro de la instalación. Éstos no deberán rebasar su capacidad de carga durante su uso.

El equipo mínimo de protección del personal que efectúe la recolección consistirá en uniforme completo, guantes y mascarilla o cubreboca. Si se manejan residuos líquidos se deberán usar anteojos de protección.

2.6.6 Almacenamiento.

Es necesario destinar una área para el almacenamiento de los residuos peligrosos biológico-infecciosos en el lugar más apropiado dentro de las instalaciones, de manera tal que no obstruyan las vías de acceso y sean movidos sólo durante las operaciones de recolección.

El período de almacenamiento temporal a temperatura ambiente estará sujeto al tipo de establecimiento, de acuerdo a la NOM-087-ECOL-1995, como sigue:

Nivel I: hasta 7 días.

Nivel II: hasta 96 horas.

Nivel III: hasta 48 horas.

Los residuos patológicos, humanos o de animales, deberán conservarse a una temperatura no mayor de 4 °C.

2.6.6.1 Almacenamiento temporal.

El almacenamiento temporal deberá de estar separado de las siguientes áreas: de pacientes, visitas, cocina, comedor, instalaciones sanitarias, sitios de reunión, sitios de esparcimiento, oficinas, talleres y lavandería. Además de tener las siguientes características.

- Estar techada y ubicada donde no haya riesgo de inundación, y fácil acceso
- Contar con extinguidores de acuerdo al riesgo asociado
- Contar con muros de contención lateral y posterior, con una altura mínima de 20 cm para detener derrames.
- Contar con señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad de los mismos, en lugares y formas visibles
- Contar con una pendiente del 2 % (dos por ciento) en sentido contrario a la entrada
- No deben existir conexiones con drenaje en el piso, válvulas de drenaje, juntas de expansión, albañales o cualquier otro tipo de comunicación que pudiera permitir que los líquidos fluyan fuera del área protegida
- Tener una capacidad mínima, de tres veces el volumen promedio de residuos peligrosos biológico infecciosos generados diariamente
- El acceso a esta área sólo se permitirá al personal responsable de estas actividades y se deberán realizar las adecuaciones en las instalaciones para los señalamientos de acceso respectivos
- Los residuos patológicos, humanos o de animales, deberán conservarse a una temperatura no mayor de 4 °C.

2.6.7 Recolección y Transporte externo.

Para la recolección y el transporte externos se deberán tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- El vehículo que transporte debe estar revestido internamente con acero inoxidable o aluminio para proporcionar una superficie lisa e impermeable, de tal manera que se eviten derrames de cualquier materia
- Las esquinas y ángulos deben cubrirse para prevenir la acumulación de material residual
- Debe estar provisto de una puerta con llave y un sistema de ventilación; mostrar en la parte delantera y posterior una señal, alusiva al tipo de residuo que transporta, con letras de por lo menos 80 mm de altura, debe contener el equipo y desinfectante necesarios para limpiar derrames ocasionales
- La altura de la plataforma o buzón de carga no debe exceder de 1,20 m. Cuando la capacidad del vehículo sobrepasa 1 tonelada, debe disponer de dispositivos mecánicos de descarga
- Una vez concluida la ruta, el vehículo debe ser limpiado y desinfectado en un lugar adecuado.

2.6.8 Tratamiento.

Los residuos peligrosos biológico-infecciosos deberán ser tratados por métodos físicos o químicos, estos tratamientos serán autorizados por la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, a través del Instituto Nacional de Ecología y deberán cumplir los siguientes criterios generales:

- Deberá garantizar la eliminación de microorganismos patógenos
- Volver irreconocibles los residuos peligrosos biológico-infecciosos
- Los residuos patológicos deben ser cremados, excepto aquéllos que estén destinados a fines terapéuticos, de investigación y docencia

- Los métodos de tratamiento deberán cumplir previo a su autorización, un protocolo de pruebas que al efecto determine la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, a través del Instituto Nacional de Ecología

El tratamiento podrá realizarse dentro del establecimiento generador o en instalaciones específicas fuera del mismo. En ambos casos se requerirá la autorización de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, a través del Instituto Nacional de Ecología.

Los establecimientos que presten atención médica deberán presentar su programa de contingencias en caso de derrames, fugas o accidentes relacionados con el manejo de RPBI's.

2.6.9 Disposición final.

Una vez tratados e irreconocibles, los residuos se dispondrán como no peligrosos.

En localidades con una población hasta de 100,000 habitantes se podrán disponer sin tratamiento en celdas especiales, conforme a lo establecido en el Anexo 2, de la Norma Oficial Mexicana 087- ECOL-1995.

El diseño, la construcción y la operación de las celdas especiales serán autorizados por la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, a través del Instituto Nacional de Ecología.

Instituto de Ingeniería
Universidad Veracruzana

2.6.10 Celdas especiales para la disposición de residuos peligrosos biológico-infecciosos (NOM-087-ECOL-1995).

Los riesgos relacionados con la disposición de residuos peligrosos biológico-infecciosos son la contaminación de aguas subterráneas, contaminación del suelo e infección directa del personal o de ocasionales pepenadores de basura. Por estas razones, la alternativa más adecuada para la disposición de residuos contaminados que no han recibido tratamiento son las celdas especiales.

2.6.10.1 Selección del sitio.

El sitio destinado para la construcción de las celdas especiales cumplirá los siguientes requisitos:

a) Generales.

Restricción por afectación a obras civiles o zonas protegidas.

- Las distancias mínimas a aeropuertos serán de: 3,000 m, cuando maniobren aviones con motor de turbina, y 1,500 m, cuando maniobren aviones con motor de pistón
- Respetar las áreas de protección, derecho de vías de oleoductos, poliductos, torres de energía eléctrica, acueductos, gasoductos, autopistas, caminos principales y caminos secundarios. No ubicarse dentro de áreas protegidas

b) Hidrológicos.

- Ubicarse fuera de zonas de inundación con períodos de retorno de 100 años. En caso de no cumplir lo anterior, deberá demostrar que no existe obstrucción del flujo en el área de inundación o la posibilidad de deslaves o

erosión que provoquen arrastre de los residuos sólidos que pongan en peligro la salud y el ambiente. No ubicarse en zonas de pantanos, marismas y similares

- La distancia de ubicación con respecto a cuerpos de aguas superficiales, será de 300 m como mínimo y garantizar que no exista afectación a la salud y al ambiente

c) **Geológicos.**

- Ubicarse a una distancia no menor de 60 m de una falla activa con desplazamiento en un período de un millón de años. Ubicarse fuera de zonas donde los taludes sean inestables, es decir, que puedan producir movimiento de suelo o roca por procesos estáticos y dinámicos
- Evitar zonas donde existan o se puedan generar asentamientos diferenciales que lleven al fracturamiento o fallamiento del terreno que incrementen el riesgo de contaminación al acuífero

d) **Hidrogeológicos.**

- En caso de que el sitio para la disposición final de los residuos peligrosos biológico-infecciosos no tratados esté sobre materiales fracturados, garantizar que de forma natural no exista conexión con los acuíferos y que el factor de tránsito de la infiltración (f) sea menor o igual a 3×10^{-10} segundos⁻¹ (tres por diez a la menos diez segundos a la menos uno), de acuerdo con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-083-ECOL-1995; garantizar que el factor de tránsito de la infiltración (f) sea menor o igual de 3×10^{-10} segundos⁻¹ (tres por diez a la menos diez segundos a la menos uno), de acuerdo con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana.

- La distancia mínima a pozos de agua potable, tanto en operación como abandonados, será mayor a 360 m (trescientos metros).

Consideraciones de selección.

En caso de que exista potencial de contaminación a cuerpos de agua superficial y subterránea, se recurrirá a soluciones mediante obras de ingeniería. El sitio seleccionado para la construcción de las celdas especiales garantizará que el tiempo de arribo de contaminantes no reactivos al acuífero, sea mayor a 300 años.

2.6.10.2 Construcción de la celda.

- La celda debe de impermeabilizarse artificialmente en la base y los taludes, con el objeto de evitar el flujo de lixiviados. Para lo cual se puede utilizar interfaces de polietileno de alta o baja densidad o cualquier otro material seguro, La NOM-087 indica que se utilizarán membranas de polietileno de alta densidad, con un espesor mínimo de 1.5 mm.
- La celda contará con los sistemas de captación y de monitoreo de lixiviados, así como de biogas. Contar como mínimo con las siguientes obras complementarias: caminos de acceso, báscula, cerca perimetral, caseta de vigilancia, drenaje pluvial y señalamientos.

2.6.10.3 Operación.

En la zona de descarga se cumplirán los siguientes requisitos:

- Antes de depositar los residuos, aplicar una solución de cal en proporción 3:1 a razón de 10 l/m^2 (10 litros por metro cuadrado)
- La descarga de los residuos se realizará mediante sistemas mecanizados
- Una vez depositados los residuos, se les aplicará un baño con la solución de cal
- En caso de presencia de insectos, se aplicará una sustancia insecticida para su eliminación
- Los residuos se compactarán, con objeto de reducir el volumen y prolongar la vida útil de la celda. Para ésto se utilizará maquinaria pesada
- Al final de la jornada los residuos se cubrirán en su totalidad con una capa de arcilla compactada con un espesor mínimo de 30 cm (treinta centímetros)
- Los vehículos se desinfectarán antes de abandonar las celdas especiales. Así mismo la maquinaria será desinfectada al final de cada jornada
- Llevar un registro diario de la cantidad, procedencia y ubicación de los residuos depositados

Se puede depositar primero una capa de residuos municipales con espesor promedio de 30 cm.

2.6.10.4 Monitoreo y control.

Debe realizarse el monitoreo de las aguas subterráneas cada seis meses para verificar la presencia de lixiviados

Cuando, como consecuencia del monitoreo se detecte la existencia de lixiviados, éstos se extraerán de los pozos correspondientes para su análisis, tratamiento y posterior confinamiento, conforme a las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes.

Los operarios de las celdas especiales contarán con el equipo de protección personal que establezcan las disposiciones aplicables y las Normas Oficiales Mexicanas de seguridad correspondientes.

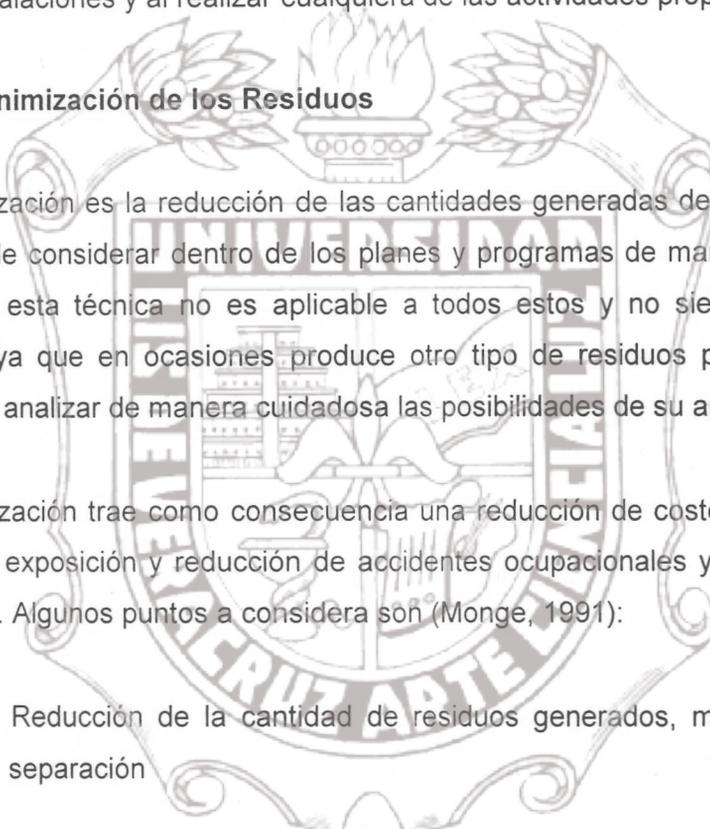
Contará con un programa de atención a contingencias y desastres que pudieran ocurrir en las instalaciones y al realizar cualquiera de las actividades propias de la operación.

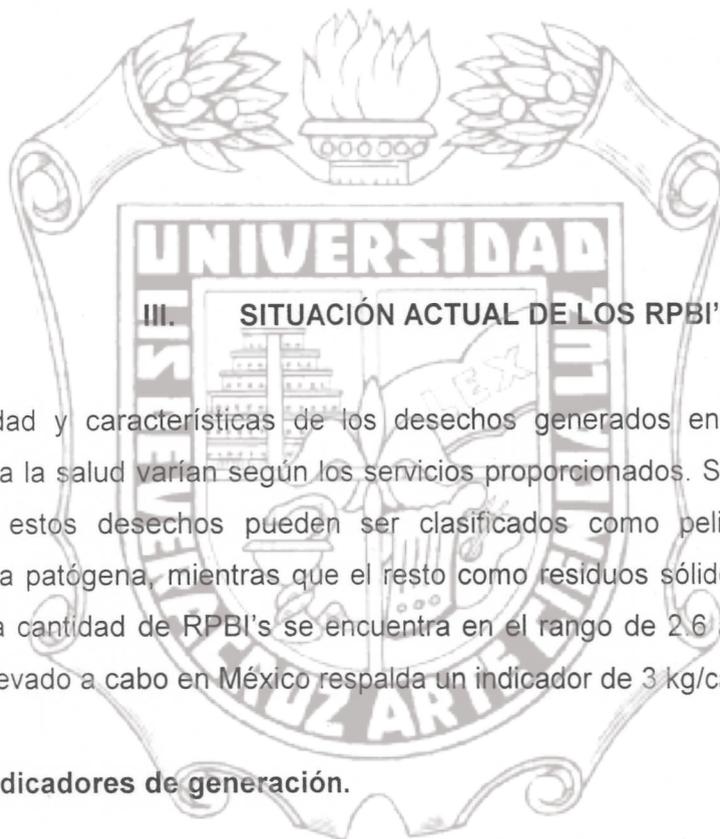
2.6.11 Minimización de los Residuos

La minimización es la reducción de las cantidades generadas de residuos, esta etapa se debe de considerar dentro de los planes y programas de manejo de residuos. Sin embargo, esta técnica no es aplicable a todos estos y no siempre es una opción práctica, ya que en ocasiones produce otro tipo de residuos peligrosos, por ellos necesario analizar de manera cuidadosa las posibilidades de su aplicación.

La minimización trae como consecuencia una reducción de costos de manejo, menor riesgo de exposición y reducción de accidentes ocupacionales y de la contaminación ambiental. Algunos puntos a considera son (Monge, 1991):

- Reducción de la cantidad de residuos generados, mediante la adecuada separación
- Reciclaje y reuso, para lo cual se puede utilizar la esterilización con vapor o gas u otros métodos de tratamiento
- Reducción de la cantidad de materiales usados, a través de la optimización de los recursos materiales disponibles.
- Reducción del volumen, mediante compactación y trituración
- Recuperación de energía, en métodos de tratamiento tales como la incineración con equipo de aprovechamiento del calor mediante una caldera





III. SITUACIÓN ACTUAL DE LOS RPBI's

La cantidad y características de los desechos generados en establecimientos de atención a la salud varían según los servicios proporcionados. Se estima que de 10 a 40% de estos desechos pueden ser clasificados como peligrosos debido a su naturaleza patógena, mientras que el resto como residuos sólidos municipales (OPS, 1991). La cantidad de RPBI's se encuentra en el rango de 2.6 a 3.8 kg/cama día; un estudio llevado a cabo en México respalda un indicador de 3 kg/cama día. (OPS)

3.1 Indicadores de generación.

Lo más importante para un programa de gestión integral de RPBI's es la caracterización y cuantificación de los mismos, así como identificar las áreas que los generan; esto permitirá dimensionar los espacios físicos necesarios para almacenar los diferentes tipos de desechos, decidir alguna de las opciones de tratamiento y así cumplir con los lineamientos de las normas oficiales.

Desafortunadamente, casi no existe información sobre generación o la que hay está limitada en su aplicación a situaciones particulares, de aquí la importancia de los estudios de campo que se realizaron como base para el desarrollo del presente trabajo

ya que nos permiten identificar y definir el equipo necesario para el manejo de los RPBI's y su óptimo tratamiento y/o disposición

3.1.1 Indicadores a escala Internacional.

Todos los datos con los que se pueda contar son importantes para el diseño de los sistemas de gestión integral de RPBI's, existen algunos resultados de muestreos realizados en varios países que pueden servir como referencia. Es claro que hay diferencias entre los valores, y que no se puede hablar de un solo indicador de generación a escala internacional como se muestran en la tabla 3.1

Tabla 3.1 Generación unitaria de RPBI's en países seleccionados.

País	Generación Unitaria		
	Nivel I (kg/consultorio día)	Nivel II (kg/cama día)	Nivel III (kg/cama día)
Estados Unidos	3.20	6.20	8.30
México	4.26	4.73	5.39
Perú	1.60	2.93	4.80
Chile	0.97	3.70	4.21
Brasil	1.20	2.63	3.80
Venezuela	1.56	3.10	3.71
Argentina	1.85	2.80	3.65
Promedio	1.67	3.72	4.83

Fuente: Dirección General de Servicios Urbanos, 1996. Manejo de residuos sólidos Generados en Unidades Médicas Dependientes de la secretaria de Salud, DDF

Para la tabla 3.1 debe entenderse que los resultados están en función del nivel de atención que se preste en la institución hospitalaria, estos se clasifican de la siguiente manera

- Nivel 1 Cuando solo se ofrece consulta externa
- Nivel 2 Consulta externa y algunos servicios hospitalarios como medicina Interna, ginecología, pediatría y cirugía

- Nivel 3, Cuando se tiene un nivel mas avanzado de especialización e investigación.

Es de importancia diferenciar entre los tres niveles, ya que en el presente trabajo se tratará con unidades médicas de primer nivel y donde se realizará un muestreo para determinar indicadores de generación locales.

Para América Latina, se estima una generación promedio de 3.0 kg/cama/día (Sánchez, 1997), existe además un rango de variación que de acuerdo a la tabla 3.1 podría ser:

Generación América Latina = 1.67 a 4.83 kg/cama día de RPBI's

También se tiene que un 50% en promedio de la generación de desechos hospitalarios está constituida por residuos no peligrosos, un 33 % por subproductos reciclables y 17 % por peligrosos (OMS/OPS 1998).

3.1.1.1 Composición.

Existen algunos datos de composición de residuos hospitalarios que se han determinado en hospitales del Sur de la Florida, los cuales se muestran en la tabla 3.2.

Tabla 3.2 Composición de los Residuos Hospitalarios en hospitales del Sur de la Florida.

Tipo de Residuo	% peso	Generación kg/cama/día
Papel y Cartón	70	5.39
Plástico	15	1.15
Residuos alimenticios	10	0.77
Patológicos	5	0.38

Fuente: Sánchez. G. J. 1998, El Manejo de los Residuos Generados por los Servicios de Salud.

3.1.2 Indicadores a escala nacional.

En la actualidad, sólo se han realizado estudios sobre generación de residuos hospitalarios en la Ciudad de México por parte de la Dirección Técnica de Desechos Sólidos (DTDS) del Distrito Federal entre 1985 y 1995.

Los estudios de generación per cápita realizados entre los años de 1985 y 1988 arrojaron un parámetro de 3.74 kg/cama/día para el Distrito Federal (Sánchez, 1998). Posteriormente se realizó en 1997 un nuevo estudio de generación, que arrojó los siguientes resultados (tabla 3.3):

Tabla 3.3 Generación de residuos en unidades médicas

Fuente Generadora	Generación Unitaria kg./consultorio/día
U.M. de Primer nivel	
• Con laboratorio	1.279
• Sin laboratorio	0.998
U.M. de Segundo Nivel	4.730
U.M. de Tercer Nivel	5.390
Laboratorios privados	0.580
Veterinarias privadas	1.700

Fuente: Sánchez. G. J. 1998, El Manejo de los Residuos Generados por los Servicios de Salud.

Con base en dicho estudio se estableció un promedio para unidades de primer nivel de 1.13 kg/cama/día y de segundo y tercer nivel de 5.0 (Sánchez, 1998).

La cantidad de residuos está en función del nivel de atención y de las diferentes actividades que realizan los centros de atención a la salud, esto es, de los servicios médicos que prestan estos establecimientos, la complejidad o especialización de estos y sobre todo del tamaño de la unidad médica.

El incremento anual en la generación de RPBI's normalizado entre los años 1986 y 1997 se estableció en: (Sánchez, 1998).

$$G1 = \text{Generación promedio de RPBI's (1986)} = 3.76 \text{ kg/cama día}$$

$$G2 = \text{Generación promedio de RPBI's (1997)} = 5.0 \text{ kg/cama día}$$

$$A1 = \text{Incremento anual de la generación} = (5.0 - 3.74) / 11 = 0.11 \text{ kg/cama día}$$

(para el período 1986-1997)

Este incremento representa que la cantidad de residuos hospitalarios se modificará en un 2.22% cada año.

Un aspecto muy interesante se refiere a que la cantidad de residuos en los centros de atención a la salud varía substancialmente en los días de la semana, ya que no todos operan las 24 horas del día.

Otro punto que hay que destacar son las diversas áreas con las que cuenta el establecimiento de salud, en relación con eso, los valores reportados entre 1985 y 1998, se muestran en la tabla 3.4. Para Unidades médicas diversas el promedio de RPBI's generados es de 4.44 kg/cama día (Sánchez, 1998)

Tabla 3.4 Generación unitaria para áreas médicas.

Area Médica	Generación Unitaria kg/paciente día
Consulta Externa	0.8-0.10
Laboratorio	0.2-0.56
Urgencias	0.3-1.30
Consulta Interna	3.6-5.0
Cirugía	2.2-1.9
Cunas	0.9-1.3

Fuente: Sánchez. G. J. 1998, El Manejo de los Residuos Generados por los Servicios de Salud México. D.F.

Instituto de Ingeniería
Universidad Veracruzana

Las tasas promedio por tipo de residuos de los Centros de Atención a la salud para el Distrito Federal:

Generación de RPBI's	1.75 kg/cama día
Generación de Residuos sólidos municipales	2.14 kg/cama día

3.1.2.1 Composición.

En la composición promedio de los residuos obtenida para los hospitales del D.F, que se muestran en la tabla 3.5, podemos observar que el residuo alimenticio es el subproducto que se encuentra en mayor cantidad (26.96%), seguido por el papel (21.94%), el tercer lugar, pero en una proporción mucho menor a los dos anteriores está el cartón (9.37%).

Tabla 3.5 Composición promedio de residuos hospitalarios en unidades médicas del D.F

Subproductos	Porcentaje
Abatelenguas	1.97
Algodón	1.97
Cartón (cartón y envases de cartón)	9.37
Fibra (vegetal y sintética)	0.47
Gasa	3.77
Hueso	0.07
Hule	2.07
Jeringas Desechables	2.80
Material Ferroso	1.90
Otros	10.39
Papel	21.94
Pañal desechable	1.43
Poliestireno	1.70
Residuo Alimenticio	26.96
Trapo	0.50
Venda	0.36
Vidrio Color	6.70
Vidrio Transparente	5.63
Total	100.00

Fuente: Dirección General de Servicios Urbanos, 1996. Manejo de residuos sólidos Generados en Unidades Médicas Dependientes de la secretaria de Salud, DDF

Instituto de Ingeniería
Universidad Veracruzana

En cuanto a la composición fisicoquímica de los residuos generados en las unidades medicas del D.F., se reporta un 30 % de humedad, con un poder calorífico promedio de 3,083.97 kilocalorias.kg (Sánchez 1998). El resto de los componentes se presentan en la tabla 3.6

Tabla 3.6 Composición Fisicoquímica de los residuos generados en unidades médicas del D.F.

Componentes Fisico-químicos	% en Peso
Carbono	52.60
Hidrógeno	6.05
Oxígeno	31.18
Nitrógeno	1.06
Total de la Materia Orgánica	90.97
Cenizas	9.03
Total	100.00

Fuente: Dirección General de Servicios Urbanos, 1996. Manejo de residuos sólidos Generados en Unidades Médicas

El peso volumétrico de los residuos generados en unidades medicas del D.F., varia de acuerdo a la tabla 3.7, con el nivel de atención médica de los servicios hospitalarios.

Tabla 3.7 Peso volumétrico en unidades medicas del D.F

Nivel de Atención	Peso volumétrico kg/m ³
Nivel 1	65
Nivel 2	141
Nivel 3	183
Promedio	130

Fuente: Dirección General de Servicios Urbanos, 1996. Manejo de residuos sólidos Generados en Unidades Médicas Dependientes de la secretaria de Salud, DDF

Es interesante mencionar que el incremento en el peso volumétrico se incrementa en un 117% del nivel 1 al nivel dos, básicamente se explica porque entre estos dos niveles hay un cambio en el tipo de servicio, en el nivel 2 la atención médica es mas especializada. Pero del segundo al tercer nivel, la modificación es de solo el 30%, por que solo hay un aumento en el número de pacientes y no de servicios.

3.1.3 Indicadores Estatales y Locales.

El estado de Campeche genera un total de 4,228 kg/día de residuos hospitalarios (I.N.E. 1997), de los cuales 1,903 kg/día (que representan el 45%) se pueden catalogar como residuos peligrosos biológico infecciosos, además de que no existe infraestructura para recolección, transporte y tratamiento de estos residuos (I.N.E. 1997). Para el municipio de Tenabo, Campeche en particular no existe información al respecto, de ahí la necesidad de contar con este tipo de indicadores.

3.2 Infraestructura Nacional de Acopio, Transporte, tratamiento.

México genera en promedio aproximado de 752,249 kg/día de residuos hospitalarios, de los cuales 338,512 kg/día (el 45%) se pueden considerar biológico infecciosos, la infraestructura nacional existente es de solo 84 empresas, de las cuales:

- 44 dedicadas a la recolección, transporte, y al acopio
- 21 al tratamiento
- 18 a la incineración

En conjunto estas empresas solo recolectan y transportan 88,010 kg/día y se tratan 91,680 Kg/día (el 26 y 27%, respectivamente), la mayor parte de estas empresas se localizan en el centro del país (INE, 1997). Esta una diferencia entre los dos valores, se puede explicar porque algunos de los residuos son tratados IN-SITU (es decir, en el lugar donde se generan los residuos).

3.3 Inventario de Residuos

Existe un inventario nacional de residuos estimado que fue desarrollado a partir de datos obtenidos en 1993 para los servicios médicos privados; en 1995 se hizo otro para el sector público (Sánchez, 1998) que incluye la división de los residuos hospitalarios en Residuos peligrosos biológico infecciosos, residuos patológicos, desechos orgánicos y residuos sólidos no peligrosos.

Residuos peligrosos biológico infecciosos	RPBI's = 30%
Residuos patológicos	R.P. = 7%
Desechos varios (alimentos, vidrio, etc.)	M.R. = 25%
Residuos Sólidos Municipales	R.S.M = 38%

Gráfica 3.1 Porcentaje de residuos hospitalarios (1993-1995)



Fuente: Sánchez. G. J. 1998, El Manejo de los Residuos Generados por los Servicios de Salud

Los porcentajes que expresan a los RPBI's no consideran los centros de salud rurales que no cuentan con muchos de los servicios que aquí se presentan, de tal manera que éstos pueden variar en función del tipo de atención que ofrecen.



IV. CARACTERÍSTICAS DE LA LOCALIDAD.

El municipio de Tenabo se encuentra al norte del estado de Campeche, entre los paralelos 19°42'20" y 20°06'00" de latitud Norte, entre los meridianos 89°57'00" y 90°58'00" de longitud Oeste, es un municipio rural con una economía eminentemente agrícola, que se encuentra localizado en la región conocida como "Camino Real"; cuenta, además de la Cabecera municipal del mismo nombre, con las poblaciones de Tinún, Zapata, Xkunchel, Kankí y Santa Rosa.

4.1 Situación Geográfica del Municipio de Tenabo, Campeche.

Limita al Norte con el municipio de Hecelchakán, al Sur con el de Campeche, al Oeste con el golfo de México y al Este con el de Hopelchén. Su extensión territorial es de 882 km² que representa el 1.6% del total estatal. Su cabecera es la ciudad de Tenabo, la cual dista 37 km de Campeche por la carretera estatal 24, en la vía corta a Mérida, que dista 130 km por la carretera 261.

Las localidades del municipio de Tenabo se clasifican en dos grupos: urbano medio y rural. Las primeras son en las que habitan entre 2,500 y 50,000 habitantes y rurales las que concentran menos de 2,500 habitantes. (INEGI,1995)

- Urbano medio:
La Ciudad de Tenabo
- Rural:
Las poblaciones de Tinun, Emiliano Zapata, Xkumcheil, Kankí, San Pedro Corralché, Santa Rosa y Santa Rita Corralché

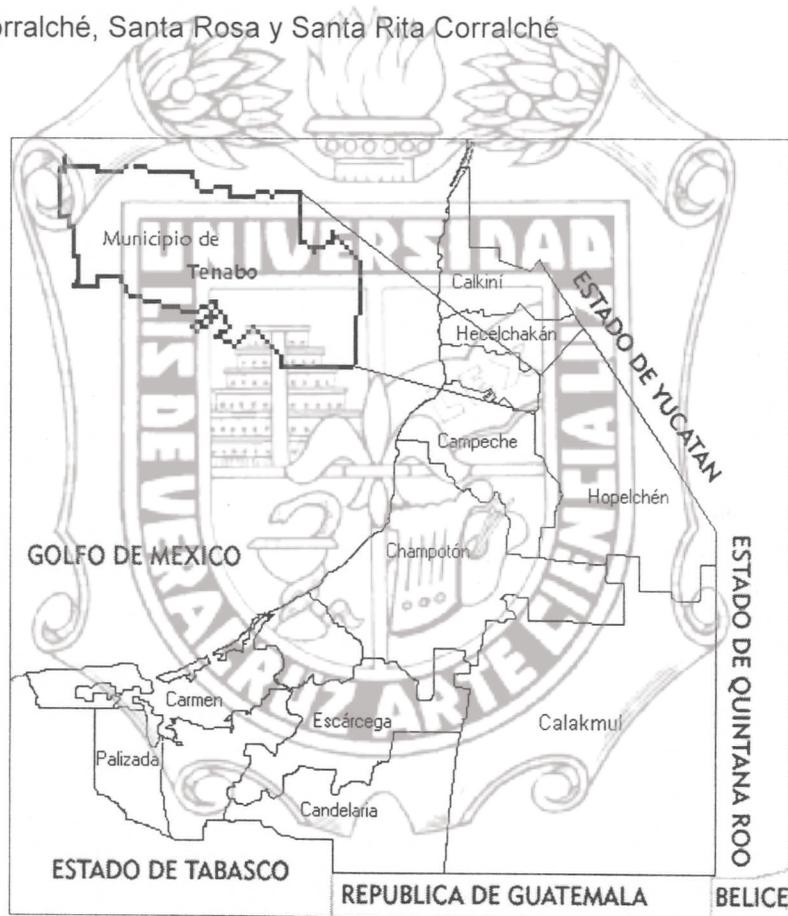


Figura 4.1 División municipal del estado de Campeche



Figura 4.2 Cabecera Municipal de Tenabo

4.2 Clima.

Conforme a la clasificación climática de Köppen, el clima dominante es de tipo Aw₁, cálido subhúmedo, con lluvias en Verano, con una temperatura que varía de 20.8°C a 33.4°C y una precipitación que oscila entre 900 y 1100 mm al año (Sales, 1991) del tipo

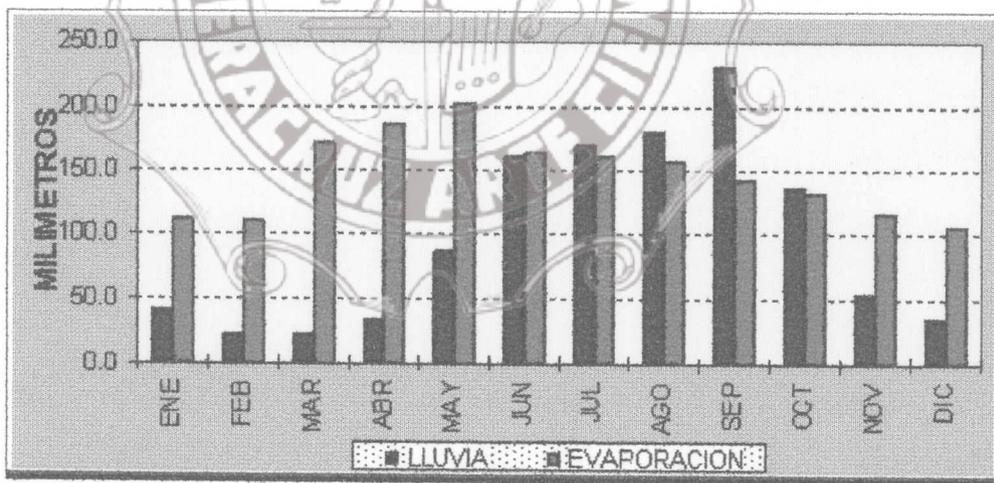
Los principales fenómenos meteorológicos que afectan año tras año al municipio de Tenabo están relacionados con la época: en el invierno los nortes o frentes fríos son característicos de noviembre a abril; se observa un período relativamente seco en los meses de abril y mayo (época de estiaje), temporada que presenta la existencia de incendios, desde el mes de mayo y hasta octubre, la situación meteorológica se ve fuertemente influenciada por la presencia de ondas tropicales que traen un potencial de humedad importante y que constituyen la temporada anual de lluvias, que son del tipo tropical.

4.2.1 Precipitación.

La precipitación media anual en el período 1931 a 1996 es de 1,179.6 milímetros (C.N.A. 1999) pudiéndose observar que la variación de este parámetro va de los 961.9 a los 1,417.5 milímetros.

La temporada de lluvias se presenta de mayo a octubre, precipitándose en este período el 81.9% de la media anual y detectándose a septiembre como el mes mas lluvioso, con una lamina de 231.9 mm (ver gráfica 4.1). Así mismo se observa una ligera prolongación de la temporada de lluvias hasta noviembre. Los meses menos lluviosos son febrero y marzo con laminas llovidas de 22.3 mm y 23.5 mm respectivamente.

Gráfica 4.1 Lluvia y Evaporación media mensual (1931 a 1996)



Fuente: C.N.A. <http://www.gerpycna.gob.mx/sir/sihasa/capi2/capi2a/CAP2A.htm#21>

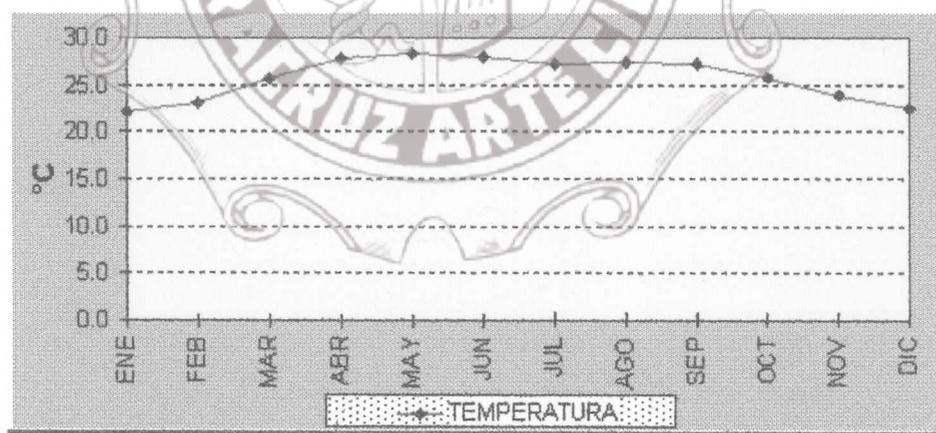
4.2.2 Evaporación.

La evaporación media anual es del orden de 1,762.5 mm, registrándose fluctuaciones de 1,635.5 a 2,098.7 mm. En la gráfica 4.1. se presenta la variación mensual para el período analizado de datos, observándose que el mes en que se presenta la mayor evaporación media es mayo, con 202.4 mm (grafica 4.1)

4.2.3 Temperatura

En general, la temperatura se puede clasificar como cálida sin estación invernal bien definida, el valor medio anual es de 25.7°C y la distribución de las temperaturas a lo largo del año se presenta de la siguiente forma: los meses más cálidos son de abril a agosto, presentándose mayo como el mes con la temperatura más elevada, con 28.3°C, y los menos cálidos, los de noviembre a febrero, siendo enero el mes menos cálido, con una temperatura media de 22.2 °C (ver gráfica 4.2).

Gráfica 4.2 temperatura media mensual (1931 a 1996)



Fuente: C.N.A. <http://www.gerpycna.gob.mx/sir/sihasa/capi2/capi2a/CAP2A.htm#21>

4.3 Vegetación.

Tenabo posee dentro de su territorio una variedad de vegetación compuesta en su totalidad de Selva media Perennifolia 45%, Petén 20%, Selva baja caducifolia 15%, manglar 15% y Tular 5%.

Selva mediana subperennifolia

Esta selva se caracteriza por presentar árboles de 22 a 35 m de altura, con algunos estratos en el subdosel. Las especies dominantes son *Manilkara sapota*, *Vitex gaumeri*, *Lysiloma latisiliquum* y *Brosimum alicastrum*. Cabe señalar que en esta comunidad las epífitas son muy abundantes.

Selva baja caducifolia

Este tipo de vegetación se diferencia del anterior en que la mayoría de los árboles aquí no presentan espinas. Por lo general esto indica condiciones más méxicas. Las especies comunes en estos sistemas son: *Jatropha gaumeri*, *Metopium brownei*, *Alvaradoa amorphoides*, *Bursera simarouba*, *Maclura tintoria*, *Bumelia retusa*.

Petén

Bajo el nombre de petén se conocen a varias comunidades vegetales, por esta característica no es posible ubicarlas como una asociación vegetal y menos como un tipo de vegetación. No obstante, los petenes presentan rasgos comunes y son parte muy importante de la fisonomía de la Península de Yucatán. Un petén está compuesto por un centro arbóreo y arbustivo, el cual está rodeado de una vegetación herbácea generalmente inundable.

Manglar

La comunidad del manglar está compuesta por árboles o arbustos perennifolios que ocupan sitios inundables y esteros. Los mangles son plantas hidrófitas tolerantes a la salinidad y a la brisa marina.

Estas comunidades son relativamente poco diversas aunque extremadamente productivas, los árboles dominantes son *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Avicenia germinans* (mangle negro), *Lagunaria racemosa*, *Conocarpus erectus*. Además se encuentran otras especies como *Batis maritima*, *Sesuvium portulacastrum*, *Ruppia maritima*, *Cladium jamaicense*, *Acrosticum danaefolium*, *Rhabdadenia biflora*, y otras menos abundantes.

Tulares

Estas comunidades de plantas hidrófitas generalmente están dominadas por hierbas y arbustos, anuales y perennes. Se desarrollan sobre sitios inundables y reciben el nombre genérico de aguadas, aunque dependiendo de la especie dominante se nombra de distintas maneras como popal, tular, etc.

Dentro de las especies más comunes se cuenta con *Phragmites communis*, *Paspalum fasciculatum*, *P. virginatum*, *Cyperus rotundus*, *Hymenocallis littoralis*, *Typha angustifolia*, *Mimosa pigra*, *Acacia cornigera*, *A. farnesiana* y *Senna alata*.

4.4 Hidrografía.

El municipio carece de ríos, pero debido a la permeabilidad de los sedimentos calcáreos, se producen corrientes subterráneas. La profundidad del nivel freático aumenta al alejarse de la costa y en la cabecera municipal se encuentra a seis metros de profundidad.

La Península de Yucatán es una unidad Geológica constituida por calizas y dolomías de alta permeabilidad, así como de yesos y anhidritas altamente solubles. La elevada precipitación pluvial, la gran capacidad de infiltración del terreno y la reducida pendiente topográfica favorecen la renovación del agua subterránea de la península y propician que los escurrimientos superficiales sean nulos o de muy corto recorrido. Al sur de la península se manifiesta un drenaje incipiente que desaparece en resumideros o en cuerpos de agua superficial.

Gran parte de la precipitación pluvial se infiltra al subsuelo a través de fracturas, oquedades y conductos cársticos en las calizas y evaporitas. Posteriormente, es extraída mediante la evapotranspiración y el resto fluye por el subsuelo alcanzando las costas por donde es descargada al mar.

4.5 Geología

Se caracteriza por un basamento metamórfico de edad paleozoica sobre el cual ha evolucionado una secuencia sedimentaria de más de 3000 metros de espesor depositada desde el Jurásico hasta el Reciente.

El ciclo sedimentario comienza con un depósito de rocas Jurásicas de origen continental con intercalaciones volcánicas; al parecer la fuente de suministro de los materiales provenían de un basamento paleozoico. Durante el Cretácico se formaron cuencas de circulación restringida generando las condiciones propicias para el desarrollo de sedimentación evaporítica.

En el Cretácico Superior en la Península de Yucatán se manifestaron cambios en la sedimentación; por un lado, la porción central comenzó a emerger hasta quedar bien expuesta. Los materiales asociados con este evento son las margas y horizontes de bentonita en áreas alejadas de las antiguas costas, y dolomías, areniscas y derrames andesíticos en las zonas poco profundas.

Durante el Terciario y Cuaternario se presentan facies de plataforma somera en ambientes de supramarea, generados por la continua oscilación del nivel del mar.

4.6 Orografía.

Tenabo carece de sistemas montañosos; está asentado en una plataforma formada por rocas calcáreas marinas, su relieve es plano con algunas ondulaciones al Oeste que se conoce como "Sierra Alta"; presenta lomeríos que oscilan entre 10 y 50 metros de altura con máximas de 300 m.

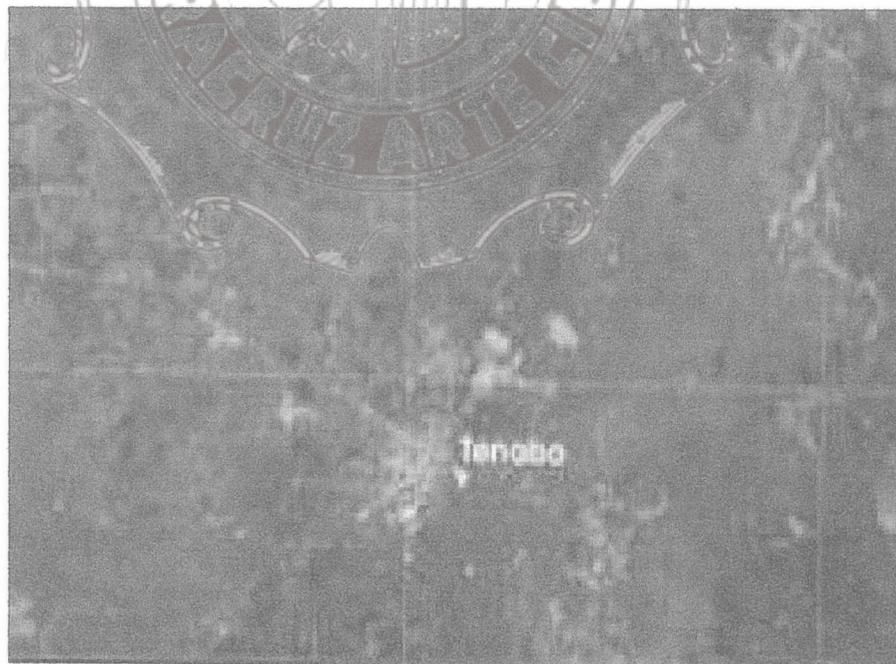


Figura 4.3 Fotografía Satelital de la cabecera municipal de Tenabo.

4.4 Características del suelo.

El municipio de Tenabo cuenta con cinco tipos diferentes de suelo, Gleysol Litosoles, Rendzinas, Luvisol y Nitosol (Sales, 1991).

Gleysols.

Se deriva de la palabra local rusa *gley* que significa masa de suelo fangoso; es connotativa de un exceso de agua. Son suelos formados de materiales no consolidados, excluyendo depósitos aluviales recientes, que muestran propiedades hidromórficas dentro de los primeros 50 cm de profundidad. Este tipo de suelo se localiza en la costa del municipio.

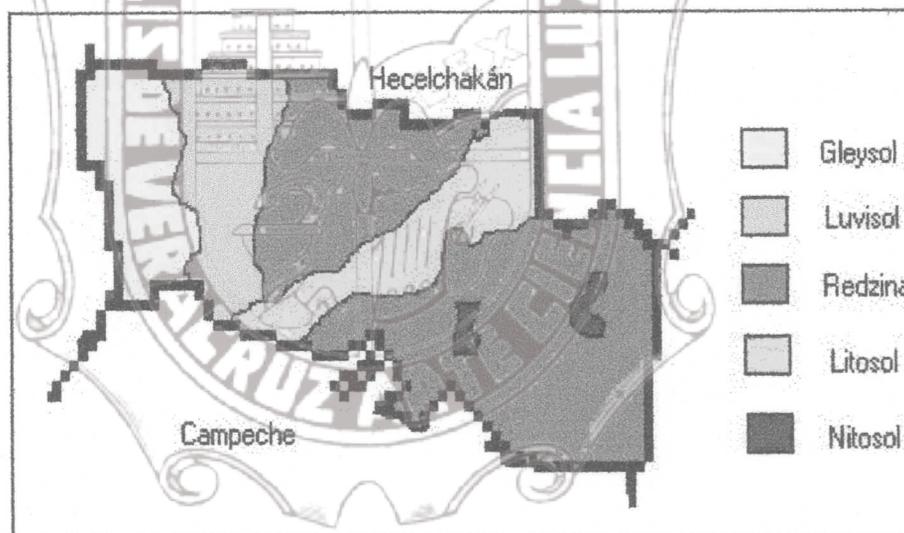


Figura 4.4 Suelos del municipio de Tenabo

Luvisols.

Su nombre proviene de la palabra latina *luo* que significa lavar, es connotativa de la acumulación aluvial de arcilla. Son suelos que tienen un horizonte B argílico que tiene una saturación de bases de 50% o más (por NH_4OAc) cuando menos en la parte inferior del horizonte B dentro de los primeros 125 cm de profundidad; carentes de un horizonte A mólico; carentes de un horizonte E álbico superpuesto a un horizonte lentamente permeable, del patrón de distribución de arcilla y de formación de lenguas

que son de diagnóstico para Planosols, Nitosols y Podzoluvisols, este tipo de suelo se localiza en la zona denominada " El petén".

Litosol.

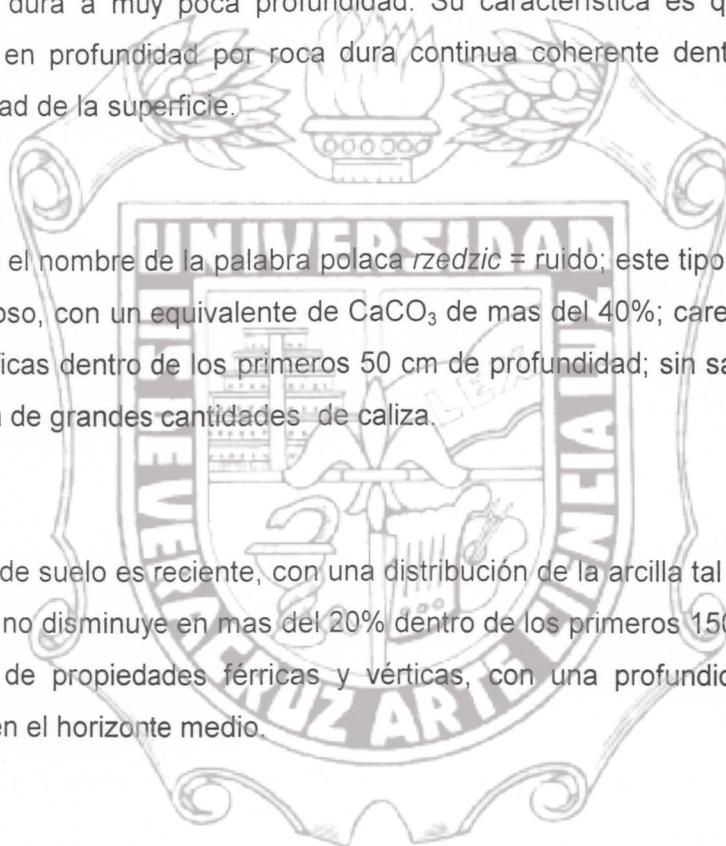
Se deriva de la palabra griega *Lithos* que significa piedra; es connotativa de suelos con roca dura a muy poca profundidad. Su característica es que los suelos están limitados en profundidad por roca dura continua coherente dentro de los 10 cm de profundidad de la superficie.

Redzinas

Se deriva el nombre de la palabra polaca *rzedzic* = ruido; este tipo de suelo es delgado y pedregoso, con un equivalente de CaCO_3 de más del 40%; carentes de propiedades hidromérficas dentro de los primeros 50 cm de profundidad; sin salinidad elevada, con presencia de grandes cantidades de caliza.

Nitozol.

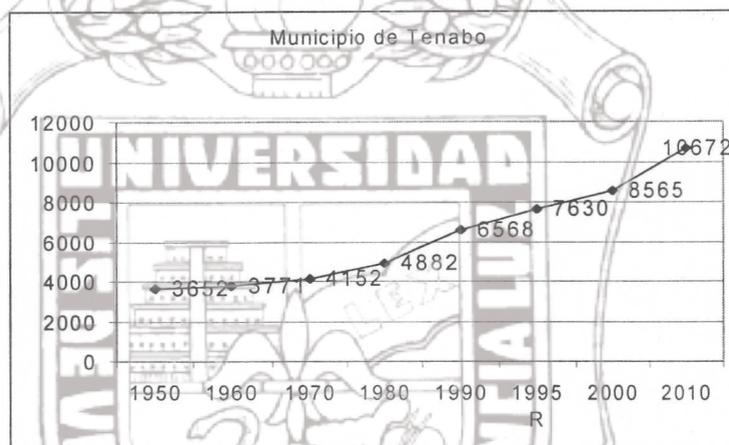
Este tipo de suelo es reciente, con una distribución de la arcilla tal que el porcentaje de la misma no disminuye en más del 20% dentro de los primeros 150 cm de profundidad, carentes de propiedades férricas y vérticas, con una profundidad que alcanza un máximo en el horizonte medio.



4.8 Población.

El municipio de Tenabo cuenta con una población de 7,630 habitantes, de los cuales 3,916 son hombres y 3714 son mujeres (INEGI, 1995), lo que representa el 1.18% de los habitantes del estado.

Grafica 4.3 Evolución de la población municipal.



Fuente: INEGI, Cuaderno estadístico municipal, Tenabo Estado de Campeche, 1998

La densidad de población es de 8.6 hab km², del total de sus habitantes el 77.7% vive en áreas urbanas y el 22.3% en zonas rurales, distribuidos de la siguiente forma:

Tabla 4.1 Localidades del Mpio. de Tenabo (1995).

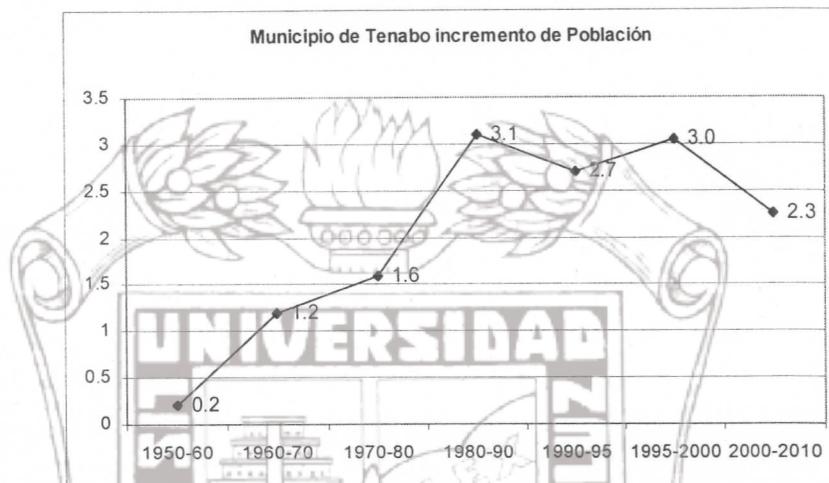
Localidad	Población
Tenabo	5926
Tinun	903
Emiliano Zapata	360
Kankí	145
Xkuncheil	119
Sta. Rita Corralché	55
Sta. Rosa	46
Resto de localidades	76

Fuente: INEGI, Cuaderno estadístico municipal, Tenabo Estado de Campeche, 1998

Instituto de Ingeniería y Tecnología Universidad Veracruzana

La tasa de crecimiento media anual es de 2.7 (INEGI, 1995).

Gráfica 4.4 Incremento de la población.



Fuente: INEGI, Cuaderno estadístico municipal, Tenabo Estado de Campeche, 1998

La estructura de edades (es decir, la división de la población en niños, adultos y ancianos) indica que el 35.8% de la población es menor de 14 años, el 58.2% de 15 a 64 y sólo el 6% mayores de 60.

4.9 Infraestructura hospitalaria.

La infraestructura hospitalaria que existe en el municipio se refiere a los cinco centros de atención médica, que dependen instituciones de asistencia pública; dos del Instituto de Salud (INDESALUD), que es una instancia estatal descentralizada de la Secretaria de Salud, uno depende del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), otro del Sistema para el Desarrollo Integral de la Familia (DIF) y una mas del Instituto de Seguridad Social y Servicios para los Trabajadores del Estado (ISSSTE).

Instituto de Ingeniería
Universidad Veracruzana

Tabla 4.2 Unidades de atención a la salud en el municipio de Tenabo (1997)

Localidad	Institución	Nombre	Nivel
Tenabo	INDESALUD	Centro de Salud Rural para Comunidad Concentrada	Consulta externa
Tenabo	ISSSTE	Unidad de Medicina Familiar	Consulta externa
Tenabo	DIF	Unidad de Rehabilitación	Consulta externa
Tinun	INDESALUD	Centro de Salud	Consulta externa
Emiliano Zapata	IMSS	IMSS-Coplamar	Consulta externa

Fuente: INEGI, Cuaderno Estadístico Municipal, Tenabo Estado de Campeche 1998

En cuanto a los servicios de los centros de atención a la salud, hay que observar que el DIF municipal solo cuenta con servicio de terapia de rehabilitación física, los demás dan consulta externa y medicina preventiva.

Existen además dos médicos privados que dan consulta externa y en algunas ocasiones curaciones de urgencia.

Tabla 4.3 Recursos humanos y consultas de los centros de atención a la salud del municipio de Tenabo (1997)

Institución	Personal					Consultas (1997)
	Médico	Paramédico	Auxiliares	Administ.	Otros	
INDESALUD (Centros de Salud de Tenabo y Tinun)	5	9			1	8690
ISSSTE	2					2957
IMSS	1	2				1359
DIF		2	1	1		s/d
Total	8	13	1	1	1	13006

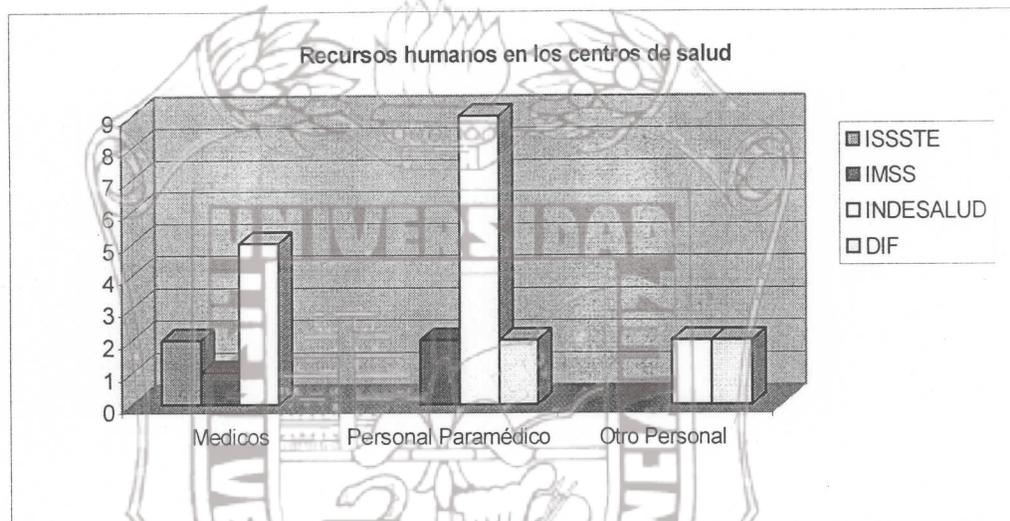
Fuente: INEGI, Cuaderno Estadístico Municipal, Tenabo Estado de Campeche, 1998

s/d = Sin datos disponibles

Instituto de Ingeniería y Universidad Veracruzana

Del total de los médicos del municipio, cuatro tiene base y son titulados, el resto son pasantes que realizan su servicio social por un año en el municipio.

Gráfico 4.5 Recursos humanos de las instituciones de salud (1997)



Fuente: INEGI, Cuaderno Estadístico Municipal, Tenabo Estado de Campeche, 1998

El personal médico que labora en las instituciones de salud cuenta con infraestructura y recursos materiales, mostrados en la tabla:

Tabla 4.4 Principales recursos materiales de las unidades médicas (1997).

	IMSS	ISSSTE	INDESALUD	DIF
Consultorios	1	1	4	
Salas de expulsión	1		2	
Consultorios Dentales		1	1	
Camas No censables	2		8	

Fuente: INEGI, Cuaderno Estadístico Municipal, Tenabo Estado de Campeche 1998

Las camas no censables son aquellas que no se utilizan para hospitalización, solo para atención momentánea de los pacientes.

Tabla 4.5 Pacientes atendidos por las instituciones de salud del municipio de Tenabo (1992-1997)

Institución	1994	1995	1996	1997
S.S.A (Centros de Salud de Tenabo y Tinún)	4919	6190	6100	7127
I.M.S.S	2377	2301	1732	1819
I.S.S.S.T.E	3040	2788	2831	2884
DIF	s/d	s/d	s/d	s/d
Consultas	10336	11279	10663	11830

Fuente: INEGI, Anuario Estadístico del Estado de Campeche 1994-1997

Como se puede apreciar en los datos registrados, el número de pacientes de las instituciones de salud se ha mantenido constante en los últimos años, sin embargo se esperaría que esta tendencia se inclinara hacia el aumento de las consultas, dado el incremento natural de la población.

Cabe señalar que el número de pacientes tanto del IMSS como el ISSSTE permanecen constantes, el primero es por la salida de pobladores de Zapata y del segundo porque el número de empleados federales no ha aumentado, sin embargo la SSA si reporta un incremento, debido al incremento del número de habitantes del municipio que no cuentan con asistencia social.

Instituto de Ingeniería
Universidad Veracruzana

V. CARACTERIZACION DE LOS RPBI'S EN EL MUNICIPIO DE TENABO, CAMPECHE

El manejo integral de los Residuos Peligrosos Biológico-Infeciosos (RPBI's) es un problema que tiene su origen en la amplia gama de actividades medicas de los centros de atención a la salud, esto ha sido reconocido recientemente, por los gobiernos local, estatal y federal. Sin embargo, la información con que se cuenta de la cantidad y características de los mismos es casi inexistente.

La cantidad y composición de los desechos hospitalarios han aumentado gradualmente durante los últimos años tanto como la práctica médica. Las estimaciones aún para países como los Estados Unidos son sumamente inconstantes; 4.0-20 kg/paciente/día, la composición de la basura también ha cambiado por el aumento en la cantidad de plástico, ahora 15-20 por ciento comparado a 3-5 % en los residuos sólidos, esta cantidad de plástico alto hace la situación mas difícil. (Cross, 1990).

5.1 Metodología de los estudios de Generación.

Los pasos que se siguieron para el estudio de campo fueron los siguientes

- Contacto con las autoridades.
- Inventario de Unidades Médicas.
- Entrevista con médicos y enfermeras.
- Muestreo de los residuos.
- Determinación del peso volumétrico
- Clasificación de los Residuos.

El estudio de campo para conocer la generación de los RPBI's se inició en abril de 1999, con una entrevista al jefe de la Jurisdicción Sanitaria No.1 del Estado de Campeche, luego de exponerle los objetivos del trabajo, solicitó al Director del Centro de Salud de Tenabo, que otorgara todas las facilidades pertinentes para el desarrollo del estudio.

Se realizaron entrevistas con los médicos responsables de cada unidad médica, con el personal y con los encargados de la recolección de la basura, se hicieron recorridos por cada una de ellas, identificando las áreas generadoras de RPBI's.

Se visitó al Presidente Municipal y al Secretario del Ayuntamiento, ambos ofrecieron ayuda por parte de la comuna para obtener toda la información necesaria para el desarrollo de este trabajo. Para saber el destino de los RPBI's se pidió información con el Director de Obras Públicas y Servicios Públicos Municipales, quien indicó que eran quemados en el tiradero municipal, junto con los demás residuos no peligrosos del centro de salud y la basura de la ciudad.

El muestreo de los residuos, se efectuó durante la semana del 5 al 11 de abril y del 2 al 8 de agosto de 1999, con el objetivo de tener dos parámetros en épocas distintas del año y poder comparar los resultados de los mismos.

El estudio de generación se llevó a cabo muestreando directamente en los contenedores de RPBI's, revisando la basura municipal y clasificando los primeros de acuerdo a sus características físicas (jeringas, guantes de latex, algodón etc.), luego de lo cual se pesaron cada uno de ellos obteniendo así la generación diaria.

5.2 Resultados.

5.2.1 Inventario de unidades médicas.

En la investigación de campo que se realizó, se detectó que las fuentes generadoras de RPBI's son:

- a) De la Secretaria de Salud
 - Centro de Salud para población concentrada de Tenabo (C.S.P.C.)
 - Unidad de Atención a la Salud de Tinún (U.A.S.)
- b) Del Instituto de Seguridad Social y Servicios de los Trabajadores del Estado (ISSSTE)
 - Unidad de Medicina Familiar de Tenabo (U.M.F.)
- c) Del Instituto Mexicano del Seguro Social.
 - IMSS-Solidaridad de Emiliano Zapata.

El DIF municipal es también parte del sector salud, y ofrece consulta medica, únicamente de rehabilitación y terapia física, por lo que no se considerará una fuente de residuos.

En la cabecera municipal dos médicos privados, un laboratorio clínico, y varias señoras que inyectan, los médicos no seleccionan sus desechos, los cuales son quemados a

cielo abierto y el laboratorio clínico solo toma muestras, mismas que son transportadas junto con sus residuos a la Cd. de Hecelchakán.

Tabla 5.1 Inventario de Unidades Médicas.

Institución de Salud	Localidad	Dirección	Horario de atención	Responsable y Cargo
CSPC	Tenabo	Calle 10 s/n Zona Centro C.P 24700 01-943-2-20-72	Lunes a Viernes 8.00 a 20.30 Sábados 8.00 a 13.00	Dr. Luis López Director
UAS	Tinún	Dom. Conocido C.P. 24730	Lunes a Viernes 8.00 a 14.00 15.00 a 20.00	Dra. Leticia Conde Medico Pasante
IMSS- Solidaridad	Emiliano Zapata	Dom. Conocido C.P.24760	Lunes a Domingo 8.00 a 13:00 15:00 a 18:00	Dr. Rolando Caamal Medico Pasante
U.M.F ISSSTE	Tenabo	Calle 19 s/n Zona Centro C.P. 24700	Lunes a Viernes 11.00 a 14.00	Dr. Jorge Baez Medico de Base

De la tabla 5.1 podemos observar que dos de los centros de salud se encuentran localizados en la ciudad de Tenabo.

Tabla 5.2 Recursos humanos y nivel de atención de los centros de atención a la salud del municipio de Tenabo.

Institución	Personal					Tipo de atención
	Medico	Enfermeras	Dental	Auxiliares	Admvos	
C.S.R.P.C	3	8	1	5	5	Consulta Externa
U.A.S	1	2		1		Consulta Externa
ISSSTE	1	1	1			Consulta Externa
IMSS	1	1				Consulta Externa
Total	6	13	2	6	5	

Tesis de Maestría

Susunaga Miranda M. A.

Diseño del Sistema de Manejo y Disposición Final para los RPBI's generados en Centros Rurales de Atención a la Salud, "Caso de estudio: Tenabo, Campeche"

Como se puede apreciar en la tabla 5.2, el 60% del personal médico se concentra en el Centro de salud de Tenabo, el cual es el mas grande de los cuatro.

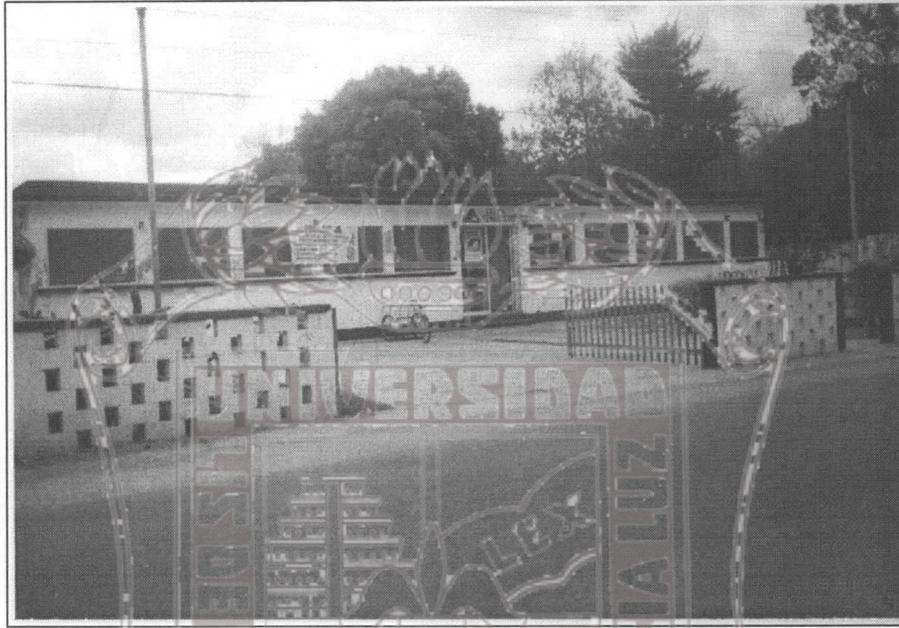


Figura 5.1 Centro de Salud para población Concentrada de Tenabo, Campeche.



Figura 5.2 Centro de Atención a la Salud Tinun, Tenabo, Campeche

Instituto de Ingeniería
Universidad Veracruzana

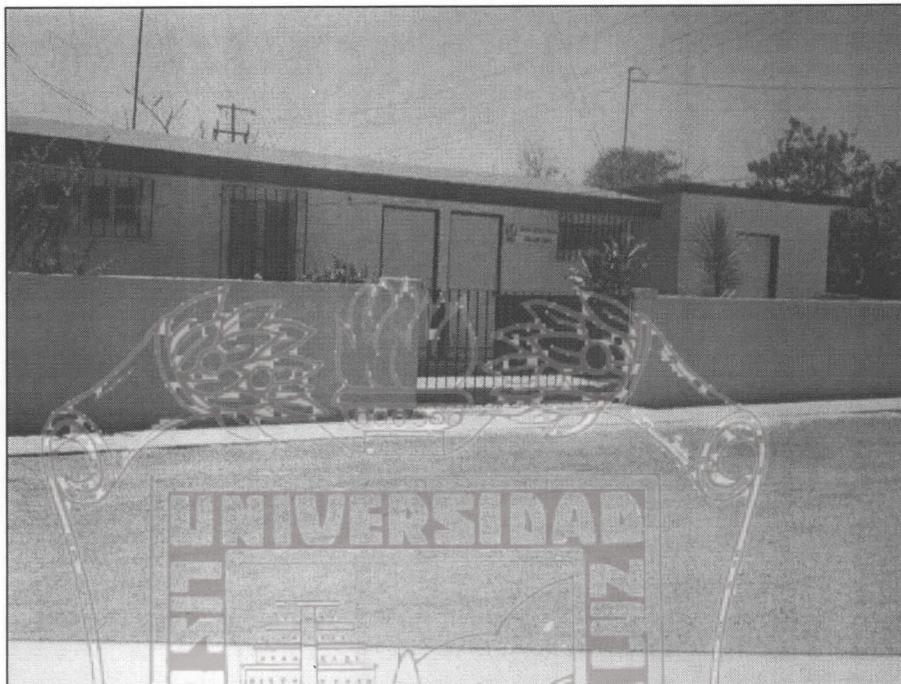


Figura 5.3 IMSS-Solidaridad, Emiliano Zapata, Tenabo, Campeche



Figura 5.4 Unidad de Medicina Familiar del ISSTE, Tenabo, Campeche.

5.2.2 Inventario de residuos.

Contando con las facilidades dadas para la investigación de campo por las autoridades médicas de los cuatro centros de estudio, los estudios de campo (ver 5.3) se llevaron a cabo en dos periodos diferentes, uno del 5 al 11 de abril y el otro del 2 al 8 de agosto de 1999, lo anterior para obtener dos parámetros en diferentes épocas del año

Con el resultado de ambos se realizó el primer inventario de RPBI's del municipio de Tenabo, para el año de 1999. Cabe aclarar que es el primer estudio de este tipo que se efectúa en el estado de Campeche.

Se consideró un indicador que relaciona generación de residuos por "atención integral al paciente día" (AIP), La AIP se puede definir como el conjunto de servicios médicos y paramédicos que se prestan en el centro de salud (Consulta general, dental, vacunas, inyecciones, pruebas de diabetes y gota gruesa, examen de panicolao y revisiones ginecológicas), ya que uno de los centros de atención a la salud (el ISSSTE) no cuenta con camas, y solo es consulta externa, los demás solo tienen camas no censables, lo que impide obtener el indicador generación "cama/día"; debido a la poca cantidad de residuos, los resultados se presentan en gramos y no en kilogramos.

Tabla 5.3 Inventario Municipal de RPBI's

Institución de Salud	Localidad	Atenciones integrales al Pacientes diarias (prom.)	Generación RPBI's (g/ día)	generación diaria (%)	RPBI's/atención integral al paciente día (g/AIP día)
CSRPC	Tenabo	48	304	76.76	6.33
UAS	Tinún	8	40	10.10	5.00
UMF ISSSTE	Tenabo	11	19	4.79	1.72
IMSS Solidaridad	Emiliano Zapata	7	28	8.35	4.10
Total Municipal		74	391	100.0	5.28

De los resultados de la tabla 5.3 podemos apreciar que la generación mas alta se concentra en el Centro de Salud de Tenabo, lo anterior se debe a que cuenta con tres áreas de atención (Consulta externa, medicina preventiva y dental), además es el que tiene el mayor numero de pacientes. La generación mas baja corresponde al ISSSTE, ya que aquí solo se utilizan abatelenguas en la consulta externa, no se hacen curaciones como en los demás centros

Los porcentajes que se han obtenido en los dos muestreos sobre el total de los residuos generados son:

Residuos sólidos no peligrosos: 38 %

Residuos peligrosos biológico infecciosos: 62 %

En promedio, el conjunto de los centros de atención a la salud generan 2.5 kg/día de residuos no hospitalarios, estos son recolectados y dispuestos por el Ayuntamiento de Tenabo.

Los RPBI's generados por las unidades médicas son manejados, almacenados y dispuestos de la siguiente manera:

- En la UMF del ISSSTE por ser el que menos genera, el médico se los da a la enfermera, la cual los quema en el patio de su casa
- El IMSS Solidaridad los almacena por un tiempo aproximado de tres semanas, luego de los cuales los quema en la parte posterior de la unidad médica.
- La UAS los juntan sin que nadie haga nada al respecto, se encuentran los residuos desde hace mas de un año en el patio del centro.
- El Director del SCPC solicita a limpia pública que se lleven los residuos (aproximadamente cada dos o tres semanas), estos los depositan en el tiradero municipal donde son quemados

5.2.3 Generación de Residuos.

La metodología utilizada para los estudios de generación se basa en la Norma Mexicana NMX-AA-061-1985 modificada, lo anterior debido a que solo son cuatro las fuentes hospitalarias del sector salud, mismas que fueron muestreados, además se tomaron (por la poca cantidad de los mismos) todos los residuos que se generaban al día.

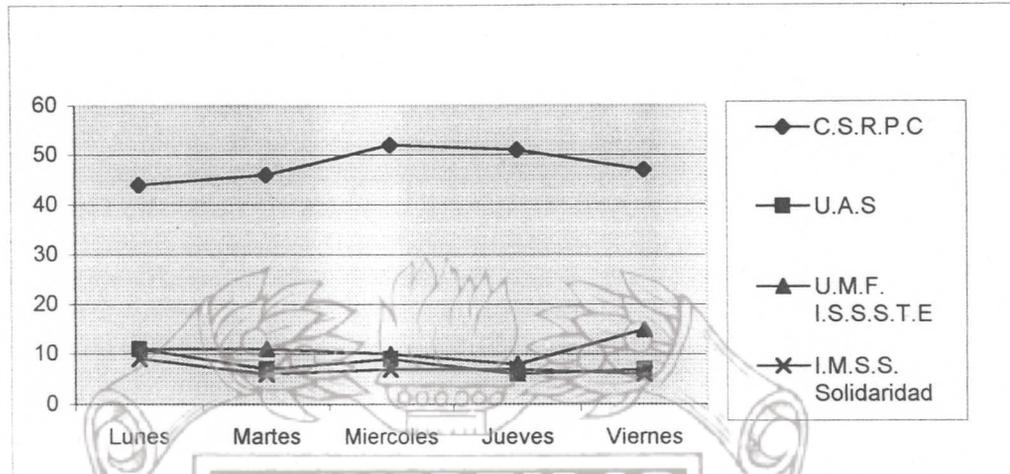
El muestreo de los residuos se hizo directamente de los contenedores con las bolsas para tal efecto, se revisó la basura municipal para constatar que se separa adecuadamente.

Tabla 5.4 Pacientes promedio atendidos diariamente en los centros de atención a la salud.

Pacientes Atendidos							
Institución	Localidad	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Total
C.S.R.P.C	Tenabo	44	46	52	51	47	240
U.A.S	Tinún	11	7	9	6	7	40
U.M.F. I.S.S.S.T.E	Tenabo	11	11	10	8	15	55
I.M.S.S. Solidaridad	E. Zapata	9	6	7	7	6	35
	Total	75	70	78	72	75	370

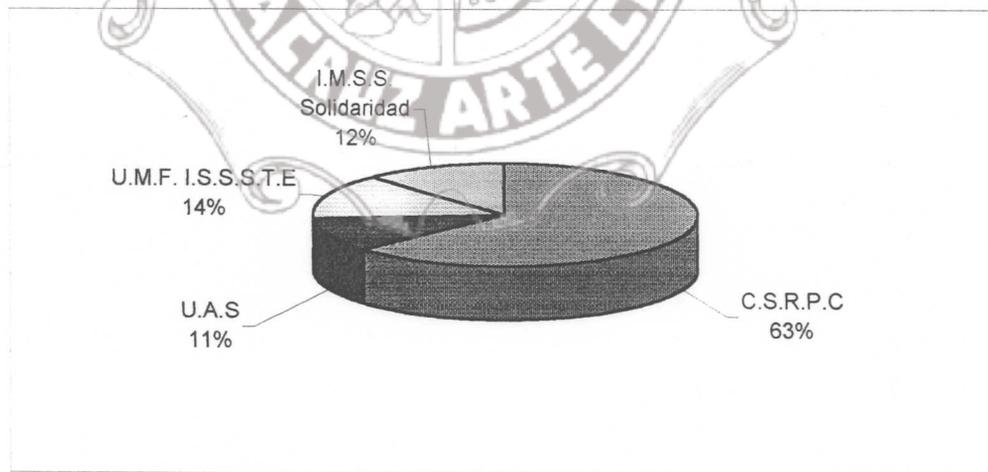
Entre los cuatro centros de atención a la salud se ofrece un promedio de 370 atenciones integrales al pacientes a la semana, que nos da un total de 19,980 al año.

En la tabla 5.4 podemos apreciar que la mayoría de los pacientes se concentran en el centro de salud de Tenabo, y que el promedio se mantiene constantes salvo una diferencia generada los viernes por el ISSSTE, esto se debe a que en este día regresan a la Cd. de Tenabo un número considerable de maestros que trabajan en diferentes comunidades del estado.



Gráfica 5.1 Pacientes atendidos en promedio diariamente por las instituciones de Salud.

De la gráfica 5.1 apreciamos que existe un ligero incremento en el número de pacientes entre los martes y los miércoles y jueves de cada semana, debido a que se aplican mas vacunas esos días (Comunicación Verbal de la Jefa de enfermeras 1999)



Gráfica 5.2 Porcentaje de atención de pacientes en las instituciones de Salud

Como se puede apreciar en la gráfica 5.2, el Centro de Salud de Tenabo concentra a la mayor parte de pacientes: 63% .

Durante las dos semanas que se realizaron los muestreos, los servicios que ofrecieron los centros de salud fueron los que se detallan en la tabla 5.5.

Tabla 5.5 Tipo de servicio ofrecido en las cuatro unidades médicas

Servicio	Pacientes			Porcentaje
	5-11 abril	2-8 agosto	Total	
Pruebas de Diabetes	22	21	43	5.73
Vacunas	22	33	55	7.33
Inyecciones	56	40	96	12.80
Curaciones	25	16	41	5.46
Papanicolaos	11	5	16	2.13
Revisión Ginecológica	2	1	3	0.40
Dental	10	12	22	2.93
General	235	239	474	63.20
Total	383	367	750	100.00

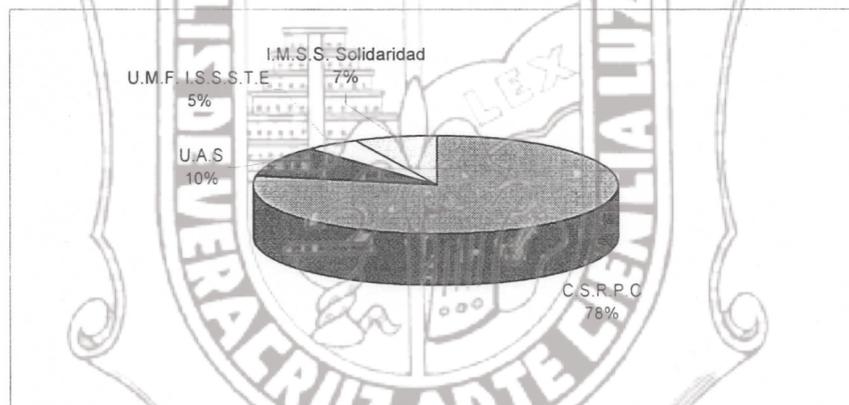
Como se puede apreciar en la tabla 5.5 el 63.2% de la atención integral al paciente está constituida por Consulta General, muy por debajo se encuentran las inyecciones con el 12.8 % de las AIP.

Tabla 5.6 Generación diaria promedio de RPBI's.

Generación Diaria de Residuos Peligrosos Biológico Infecciosos (g)							
Institución	Localidad	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Total
C.S.R.P.C	Tenabo	148.2	240.5	381.1	422.1	329.9	1521.8
U.A.S	Tinun	65.4	21.6	61.0	34.3	19.3	201.6
U.M.F. I.S.S.S.T.E	Tenabo	22.0	19.8	14.5	17.0	20.2	93.5
I.M.S.S. Solidaridad	E. Zapata	36.9	16.6	31.7	19.8	37.2	142.2
	Total	272.5	298.5	488.3	493.2	406.6	1959.1

En promedio, los cuatro centros de salud generan 391.8 g de RPBI's al día, lo que nos da un indicador de generación promedio de 5.2 g/ atención integral al paciente día., que comparado con la generación unitaria para consulta externa que es entre 0.8 y 0.1 kg/paciente día (tabla 3.4) el valor obtenido en Tenabo no llega al mínimo propuesto (Sánchez 1998), lo anterior debido a la poca cantidad de residuos que se producen el municipio.

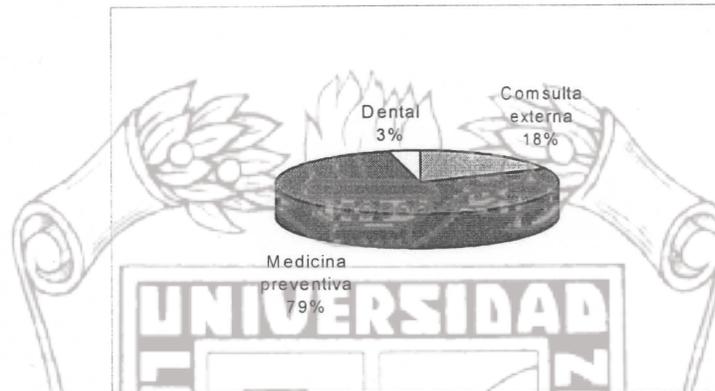
En la tabla 5.6 se aprecia que la generación diaria tiende a incrementarse de lunes a jueves y descende los viernes, esto se debe a que las madres de familia prefieren los días entre semana para llevar a sus hijos a vacunar.



Gráfica 5.3 Porcentaje de generación de RPBI's en el municipio de Tenabo.

Como nos podemos dar cuenta en la gráfica 5.3 el C.S.P.C de Tenabo genera el 78% de los RPBI's del municipio, esto se debe a que es la que atiende al mayor número de pacientes, además de que cuenta con tres áreas generadoras de residuos: consulta externa, consulta odontológica y medicina preventiva, la U.M.F. del ISSSTE es la que menos RPBI's reporta, lo anterior como consecuencia de que solo se da consulta externa.

En cuanto a las áreas de trabajo que generan los residuos, se pueden agrupar en promedio para los cuatro centros de salud de la siguiente manera: consulta externa 18%, medicina preventiva 79%, dental 3% .



Gráfica 5.4 Generación de RPBI's por área de trabajo

Este porcentaje se obtuvo sumando los residuos de las tres áreas de trabajo de los cuatro centros de salud. Como se puede apreciar en la gráfica 5.4 medicina preventiva es quien más genera, esto se debe ya que aquí se realizan las curaciones y se aplican las vacunas, en consulta externa solo son abatelenguas que se utilizan en la observación de las enfermedades respiratorias, ahora bien, el escaso porcentaje generado por los servicios dentales es por la poca demanda de estos.

Es importante señalar que la consulta general aunque atiende el 63.2 % de los pacientes, solo genera el 18 % de los residuos, pero medicina preventiva (vacunas, inyecciones, curaciones y papanicolaos) aporta el 79% el 33.45% de los pacientes.

5.2.4 Peso Volumétrico.

La metodología utilizada para el cálculo del peso volumétrico es la que señala la Norma Mexicana NMX-AA-19-1985. Por la poca generación, se tomaron para el estudio los residuos generados en el centro de salud de Tenabo, por ser quien más genera, además se utilizó un recipiente de 10 litros (0.01 m³) marcado.

El peso volumétrico de los RPBI's calculado en promedio para el municipio de Tenabo, es:

$$\text{Peso volumétrico} = 64.2 \text{ kg/m}^3$$

5.2.5 Composición de los Residuos

El estudio de composición de los residuos se realizó de acuerdo a la NOM-AA-22-1985, que establece la selección y el método de cuantificación de subproductos contenidos en los residuos sólidos municipales, que se modificó de acuerdo a las características de las muestras.

Las muestras se pesaron, clasificaron y su contenido se cuantificó, todo lo anterior fue desarrollado en los mismos centros salud, salvo los punzocortantes que se cuantificaron en función del número utilizado.

Los residuos que se encontraron durante los dos muestreos fueron los siguientes:

- abatelenguas
- algodón, torundas de algodón y cubrebocas
- gasa y cinta adhesiva
- jeringas desechables (de 0.5, 3.0 y 5.0 ml)
- guantes de latex
- madera y espátulas de aire
- material ferroso, fierro, agujas dentales, lancetas, agujas de inyección, agujas de vacunas
- plástico rígido (biológico antipolio, tiras reactivas, tapas de las agujas de vacunas y tapas de las agujas de inyección)
- plástico película (envolturas de los guantes de latex)
- residuo alimenticio
- vidrio de color (frasco de hierro dextrano)

- vidrio transparente (Biológico antitetánica, Frasco de agua para inyección, frasco de inyección usado, portaobjetos, vacuna pentavalente, frascos de gerber)

Tabla 5.7 Composición física de los residuos generados en los Centros de Atención a la Salud

Subproducto	Peso (g)	%
Abatelenguas	738.4	18.63
Algodón	75.2	1.90
Gasa y cinta adhesiva	1102.7	27.81
Jeringa desechable	465.5	11.74
Latex	366.8	9.25
Madera	32.2	0.81
Material ferroso	73.7	1.86
Plástico rígido	131.22	3.31
Plástico de película	9.8	0.25
Residuo alimenticio	0.3	0.01
Vidrio de Color	4.6	0.12
Vidrio Transparente	964.1	24.32
Total	3,964.52	100.00

Se puede observar que el porcentaje mas alto pertenece a las gasas y cintas adhesivas (27.81 %), debido a que se utiliza un buen número en las curaciones. El vidrio transparente ocupa el segundo lugar (24.32%), aquí se incluye biológico antitetánica, frasco de agua para inyección, frasco de inyección usado, portaobjetos, vacuna pentavalente, frascos de gerber, El tercer lugar corresponde a las abatelenguas: 18.63 %, la razón es el alto número de consultas externas que se ofrecen

Una nota interesante es que los punzocortantes (agujas, lancetas y tapas de las agujas) representan solo el 4.75% de los RPBI's.

En cuanto a la composición de acuerdo al material de fabricación, se puede mencionar que el porcentaje mas alto se debe al algodón (29.69%) y en porcentajes casi idénticos el vidrio y el plástico.

Tabla 5.8 Composición de los residuos por material de fabricación (suma de los muestreos de abril y agosto).

Material de Fabricación	Peso (g)	%
Madera	769.60	19.40
Vidrio	968.70	24.42
Plastico	977.30	24.63
Algodón	1177.80	29.69
Metal	73.70	1.86
Residuo alimenticio	0.30	0.01
Total	3967.4	100.00

La madera representa el 19.40% de los residuos (casi exclusivamente abatelenguas). El metal representa sólo el 1.86% de los residuos, este tipo de residuos proviene del servicio dental.

5.3 Proyección a futuro.

Tomando como base 370 atenciones integrales al paciente en promedio durante el periodo de los dos muestreos, se calcula que el número de las AIP aproximado para el año de 1999 sería de 19,980; de acuerdo a la tabla 4.5 el incremento en los últimos años ha sido de:

$$A2 = \text{Incremento anual de pacientes} = (11830 - 10336)/3 = 498 \text{ pacientes/año para el periodo (1994-1997)}$$

Este parámetro nos daría una cantidad de AIP esperada para el año 2010 de 25,458, es decir un incremento del 27.41%.

Gráfica 5.5 Incremento en el numero de pacientes 1999-2010.



Como se puede observar en la gráfica 5.5, el aumento de pacientes sería constante hasta el año 2010, incrementándose el número de consultas a 425 en promedio por semana.

En un futuro se espera que la cantidad de residuos hospitalarios se incremente, lo anterior debido al crecimiento natural de la población, al uso de cada vez con mayor frecuencia y cantidad de material desechable, y la aparición esporádicamente de fenómenos biológico-infecciosos, tales como la aparición de cólera y otras enfermedades.

En cuanto a la generación de RPBI's, y tomando en consideración un indicador de generación de 5.28 g/ atención integral al paciente-día y un incremento del 2.7% anual (Sánchez 1998), ésta se modifica de la siguiente manera:

Tabla 5.9 Generación esperada de RPBI's

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2010
kg RPBI's/AIP	0.00528	0.00542	0.00557	0.00572	0.00587	0.00603	0.0062	0.00636
RPBI's semana (kg)	1.95	2.06	2.16	2.27	2.39	2.51	2.64	3.00
RPBI's mes (kg)	8.79	9.25	9.73	10.23	10.75	11.30	11.86	13.50
RPBI's año (kg)	105.49	111.04	116.81	122.82	129.06	135.55	142.29	161.98

La generación de RPBI's se incrementará en 10 años en 45% de acuerdo con las estimaciones que se calcularon.

Tomando un peso volumétrico calculado de 64.2 kg/m^3 para unidades de primer nivel, se puede estimar el volumen de los RPBI's para el conjunto de unidades médicas y así poder estimar las dimensiones de la celda especial.

Tabla 5.10 Volumen esperado de RPBI's

Volumen m^3	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2010
semana	0.030	0.032	0.033	0.035	0.037	0.039	0.041	0.046
mes	0.135	0.142	0.150	0.157	0.165	0.174	0.182	0.208
año	1.623	1.708	1.797	1.889	1.985	2.085	2.189	2.492

De la tabla 5.10 se puede observar que el volumen acumulado de RPBI's en 10 años será de 25.127 m^3 y que el incremento anual será de 13.84%.



VI DISEÑO DEL SISTEMA DE MANEJO DE LOS RPBI'S.

Un sistema de manejo es un conjunto de acciones encaminadas a la adecuada selección, envase, almacenamiento temporal y transporte de los residuos generados en los Centros de Salud.

En este proyecto el manejo interno de las Instituciones de salud será considerado independientemente para cada una de ellas, el manejo externo y la disposición final se diseñarán de manera conjunta.

6.1 Sistema de Manejo Interno

El sistema de manejo interno de los RPBI's dependerá del centro de salud, ya que cada uno tiene características diferentes, así por ejemplo, mientras que el ISSSTE sólo genera abetelenguas y tiene un horario de atención limitado (11:00 a 14:00 h), el Centro de Salud de Tenabo genera el 78% del total de los residuos.

6.1.1 Segregación.

La separación de los diferentes tipos de residuos se hará de acuerdo a la clasificación establecida en la NOM-087-ECOL-1995, para lo cual se considerarán los siguientes puntos:

- Se capacitará al personal médico y paramédico, a fin de que asocie los colores de las bolsas y el tipo de residuo con el contenedor adecuado y se pueda llevar a cabo una segregación adecuada de los residuos
- Se colocará en las áreas generadoras un listado que facilite la clasificación de los mismos, donde el personal que los maneje pueda separarlos de forma adecuada.



Figura 6.1 Bolsas para envasado de RPBI's

6.1.2 Envasado de los RPBI's

Cada uno de los residuos considerados en la clasificación de la NOM-087-ECOL-1995 y de acuerdo con sus características físicas y biológico-infecciosas, debe contar con un recipiente apropiado claramente identificado, para lo cual se utilizarán tanto bolsas plásticas de color, como recipientes especiales para punzocortantes.

No se considera necesario utilizar recipientes herméticos amarillos para residuos patológicos, ya que estos cuatro centros de salud no los generan. En el caso de los patológicos sólidos, se producen en dos áreas muy específicas, en el consultorio dental (en el caso de dientes extraídos) y las salas de expulsión (residuos obtenidos en el caso de un nacimiento como placenta, cordón umbilical, etc.), pero en ambos casos es muy excepcional.

Tabla 6.1 Envase de los Residuos generados en los Centros de Salud del municipio de Tenabo

Bolsas de plástico rojo	Recipientes herméticos rojos	Bolsas de plástico amarillo	Recipientes rígidos rojos
Abateleenguas Algodón Apósitos Cinta adhesiva Compresas Cubrebocas Espátulas de aire Frascos de Vidrio Gasas Gorros desechables Guantes de Latex Jeringas desechables Micropore Residuo Alimenticio Tapas de las agujas Tela Adhesiva Tiras reactivas Toalla sanitaria Torundas	Sangre	Suturas Placenta Dientes	Agujas Hojas de Bisturí Lancetas Portaobjetos Vidrio Roto

Fuente: Cédulas de campo 1999, Listado de la SSA 1999

En la tabla 6.1 se enlistan los diferentes residuos que se generan en los cuatro centros de atención y el tipo de envase en el cual deben ser depositados, esta tabla se obtuvo a partir de la clasificación existente proporcionada por la SSA y de las cédulas de campo.

6.1.2.1 Consideraciones para el manejo de los envases.

- Se colocarán bolsas de plástico rojas (ver figura 6.2), y bolsas de plástico amarillas para patológicos en recipientes rígidos; el extremo de éstas se doblará sobre el reborde del recipiente que debe tener tapa. Las bolsas son proporcionadas por la Secretaría de Salud (miden 90 x 60 cm)
- Una vez llenos y etiquetados los recipientes para punzocortantes no podrán ser abiertos
- La sangre se depositará en un recipiente hermético rojo, ubicado en las áreas de medicina preventiva.
- Por ningún motivo se mezclarán residuos municipales con hospitalarios.
- Las bolsas se llenarán al 80 % de su capacidad, cerrándose antes de ser transportadas al almacenamiento temporal.

6.1.2.2 Ubicación de los contenedores de RPBI's

El número de los recipientes dependerá del Centro de salud, deberán estar ubicadas lo mas cercano del lugar donde se originen los residuos (tabla 6.2).

Tabla 6.2 Ubicación de los contenedores de RPBI's para los Centros de Salud del Municipio de Tenabo

Unidad Médica	Bolsas de plástico rojo	Recipientes herméticos rojos	Bolsas de plástico amarillo	Recipientes rígidos rojos
C.S.P.C. de Tenabo	M.P	M.P	M.P	M.P
	C.E	S.E	S.E	S.E
	S.E		C.D	C.D
	C.D			
U.A.S de Tinún	M.P	M.P	M.P	M.P
	C.E	S.E	C.E	S.E
	S.E		S.E	
U.M.F. ISSSTE	C.E		C.E	C.D
	C.D		C.D	
IMSS-Solidaridad	M.P	M.P	M.P	M.P
	C.E	S.E	C.E	S.E
	S.E		S.E	

M.P. : Medicina Preventiva

C.E. : Consulta Externa.

S.E : Sala de Expulsión.

C.D. : Consultorio Dental

La ubicación exacta de los contenedores dependerá de las necesidades específicas de cada centro de salud, para lo cual se tiene que de considerar que debe de ser de fácil acceso para los trabajadores hospitalarios y los empleados que realicen el manejo tanto interna como externamente (Figuras 6.3, 6.4, 6.5 y 6.6).



Figura 6.2 Colocación de los recipientes para RPBI's

6.1.3 Almacenamiento Temporal

Por la poca generación de RPBI's y de acuerdo a la NOM-087-ECOL-1993, que establece que el período de almacenamiento temporal a temperatura ambiente estará sujeto al tipo de establecimiento, los cuatro Centros de Salud pueden retenerlos hasta por 7 días.

Considerando además, el tamaño de las bolsas que proporciona la Secretaría de Salud y que en ningún momento estas se llenan a mas del 30%, los RPBI's pueden almacenarse en los mismos contenedores hasta que sean recogidos por los empleados del sistema de manejo externo.

En todo caso, si la recolección es diaria y con la finalidad de facilitar el manejo interno se propone que cada unidad médica cuente con un recipiente, en el que se coloquen los residuos que se generen diario, el cual se localizará en una área específica que esté a resguardo, se muestran en las figuras 6.3, 6.4, 6.5 y 6.6

6.2 Recolección interna y externa de los RPBI's

El sistema de recolección y transporte interno de los RPBI's toma en cuenta las condiciones particulares de cada centro de salud, para este fin se empleará una persona calificada que recogerá las bolsas directamente de los recipientes y estos serán colocados en contenedores con ruedas.

El personal encargado de la manipulación de los RPBI's deberá usar ropa e implementos de protección personal por razones higiénicas y para evitar lesiones en la piel.

El equipo mínimo de protección de los trabajadores que realicen el manejo interno de los RPBI's, de acuerdo a la NOM-005-STPS-1993 deben ser:

- Uniforme completo
- Guantes resistentes a punzo cortantes
- Mascarilla o cubreboca
- Anteojos de protección

Se prohíbe el uso de herramientas, ropa, zapatos y objetos personales que puedan generar chispa, flama abierta o temperaturas que puedan provocar accidentes.

6.2.1 Señalización.

En cada centro de salud, debe contar con los señalamientos adecuados de la ubicación de los recipientes para cada tipo de residuo, a si mismo, de la ruta de recolección interna que debe estar claramente identifica, para que no existan obstáculos en el manejo de los RPBI's.

Instituto de Ingeniería
Universidad Veracruzana

6.2.2 Manejo interno de los RPBI's .

Los desechos no peligrosos pueden ser llevados directamente a un recipiente exterior donde serán recogidos por el servicio de aseo municipal, el manejo interno de los RPBI's dependerá de la unidad médica, por lo que se tratarán por separado:

a) Unidad de Medicina Familiar del ISSSTE.

Esta unidad médica tiene la característica de que es la que menos genera residuos, y su horario de atención es el mas limitado, por lo que el médico clasificará sus desechos, los cuales estarán en los mismos recipientes durante 7 días sin que el personal de limpieza los manipule, hasta que sean retirados por el sistema de manejo externo.

b) IMSS-Solidaridad Emiliano Zapata.

El IMSS-Solidaridad cuenta con servicio de intendencia proporcionado por el ayuntamiento, se realiza un vez al día, por lo que se propone:

- Se recogerán las bolsas diariamente
- El horario de recolección debe ser matutino, al inicio del servicio (7:45 h)
- La ruta de recolección hasta el depósito temporal se presenta en la figura 6.4

c) Unidad de Atención a la Salud de Tinún.

La UAS tiene servicio de limpieza diaria proporcionado y pagado por la H. Junta Municipal de Tinún, para el manejo interno de sus residuos se sugieren las siguientes acciones

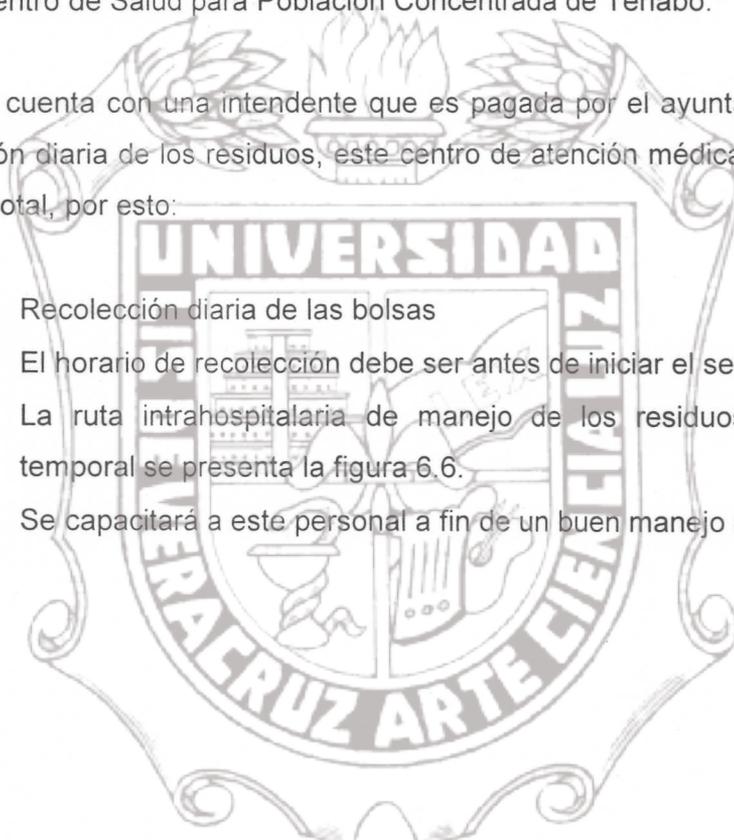
- Recoger las bolsas una vez al día

- El horario de recolección debe ser por las mañanas, antes de iniciar el servicio (7:45 h.)
- El depósito temporal así como la ruta de recolección se muestra en la figura 6.3

d) Centro de Salud para Población Concentrada de Tenabo.

El CSPC cuenta con una intendente que es pagada por el ayuntamiento, ella hace la recolección diaria de los residuos, este centro de atención médica es el que genera el 78% del total, por esto:

- Recolección diaria de las bolsas
- El horario de recolección debe ser antes de iniciar el servicio (7:45 h)
- La ruta intrahospitalaria de manejo de los residuos hasta el depósito temporal se presenta la figura 6.6.
- Se capacitará a este personal a fin de un buen manejo de los residuos



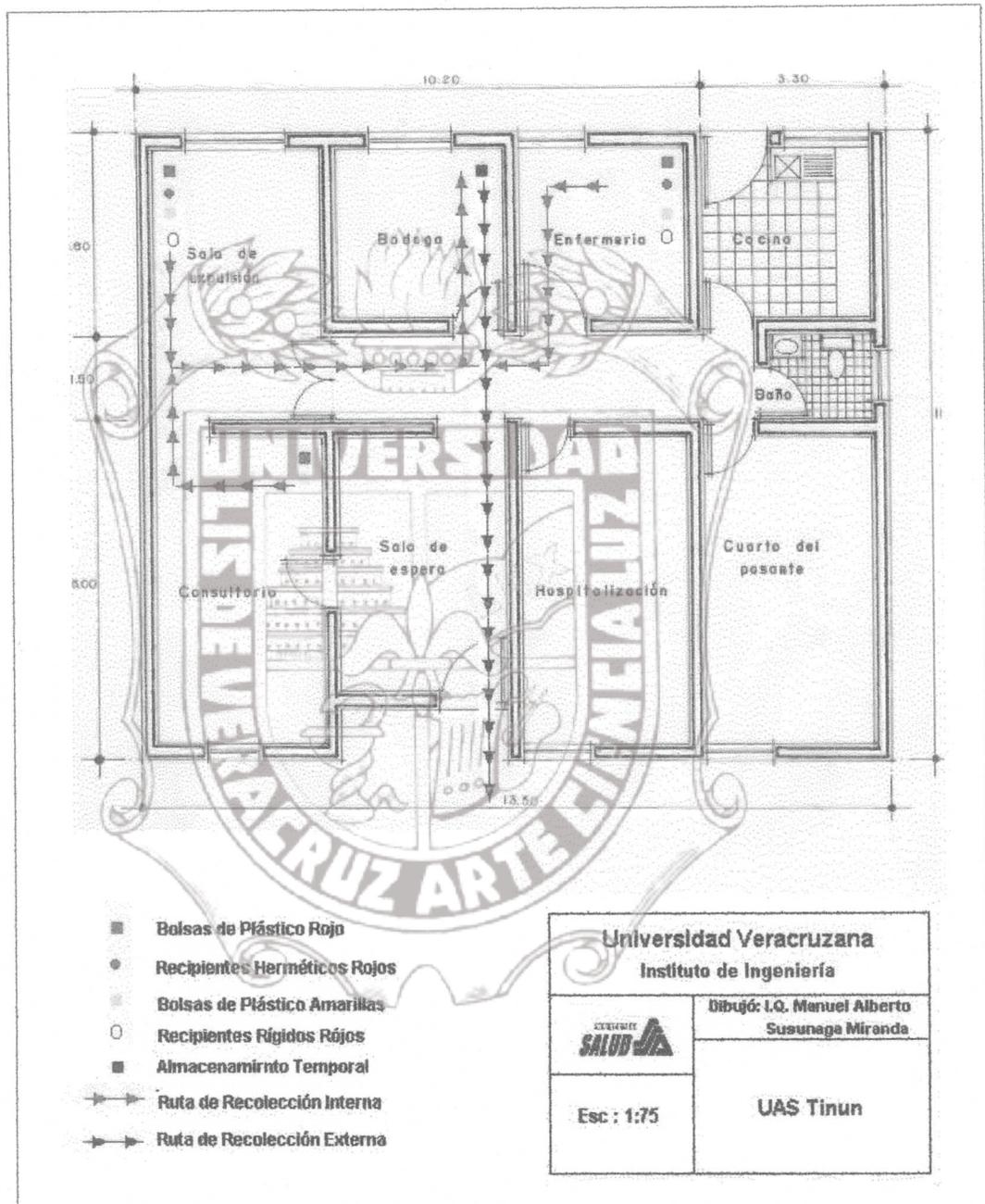


Figura 6.3 Colocación de los recipientes y ruta de recolección de la UAS de Tinún

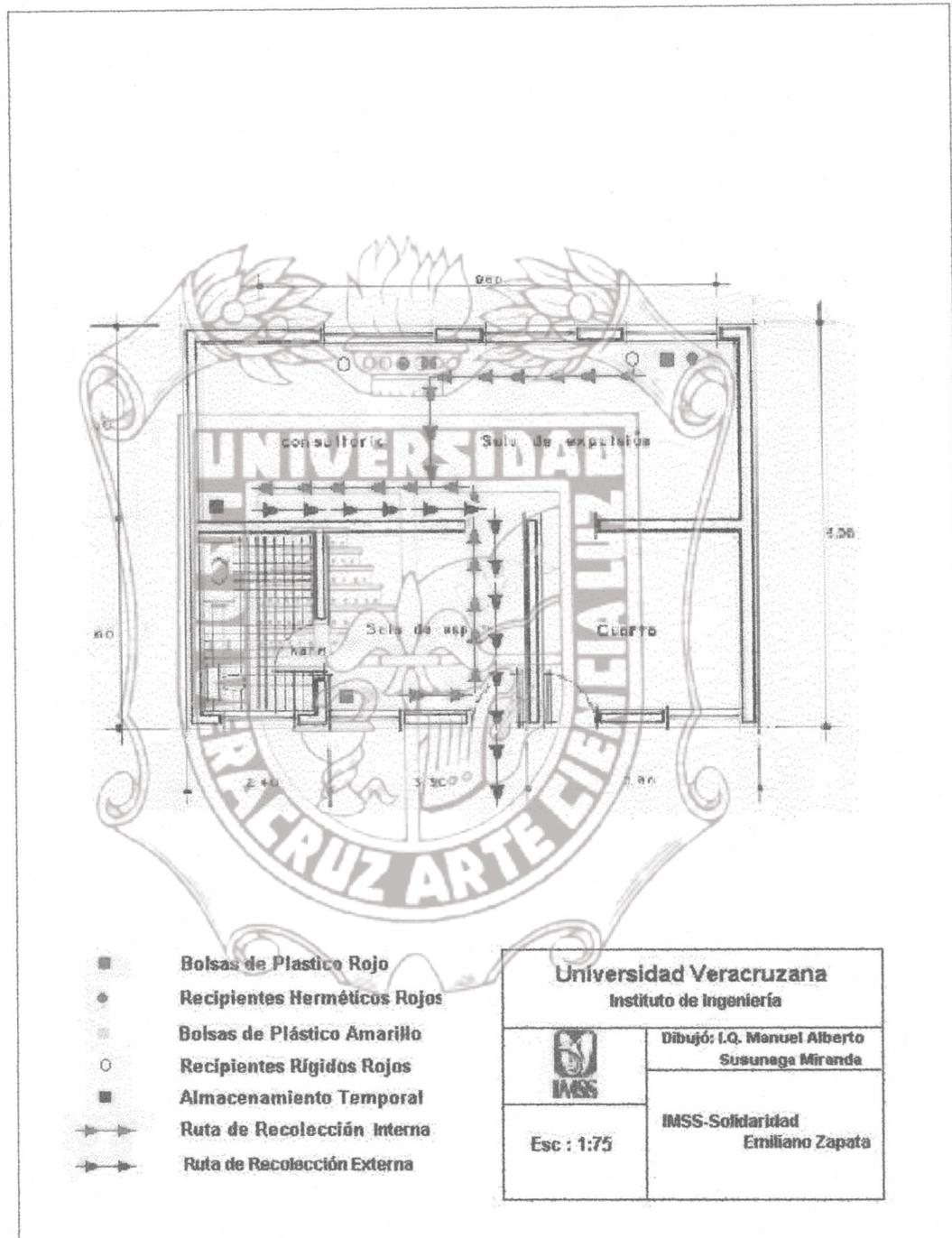


Figura 6.4 Colocación de los recipientes y ruta de recolección del IMSS-Solidaridad de Emiliano Zapata.

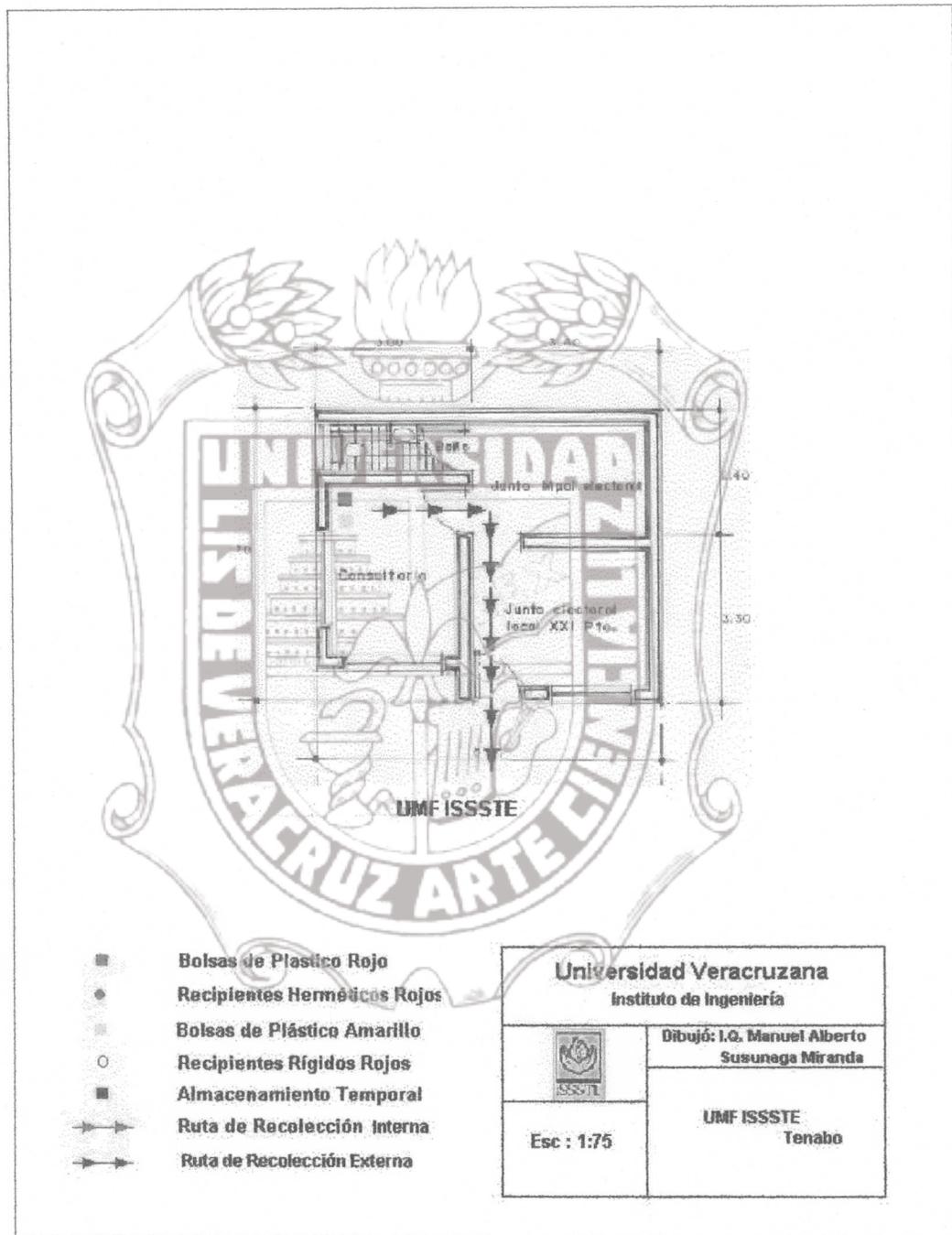
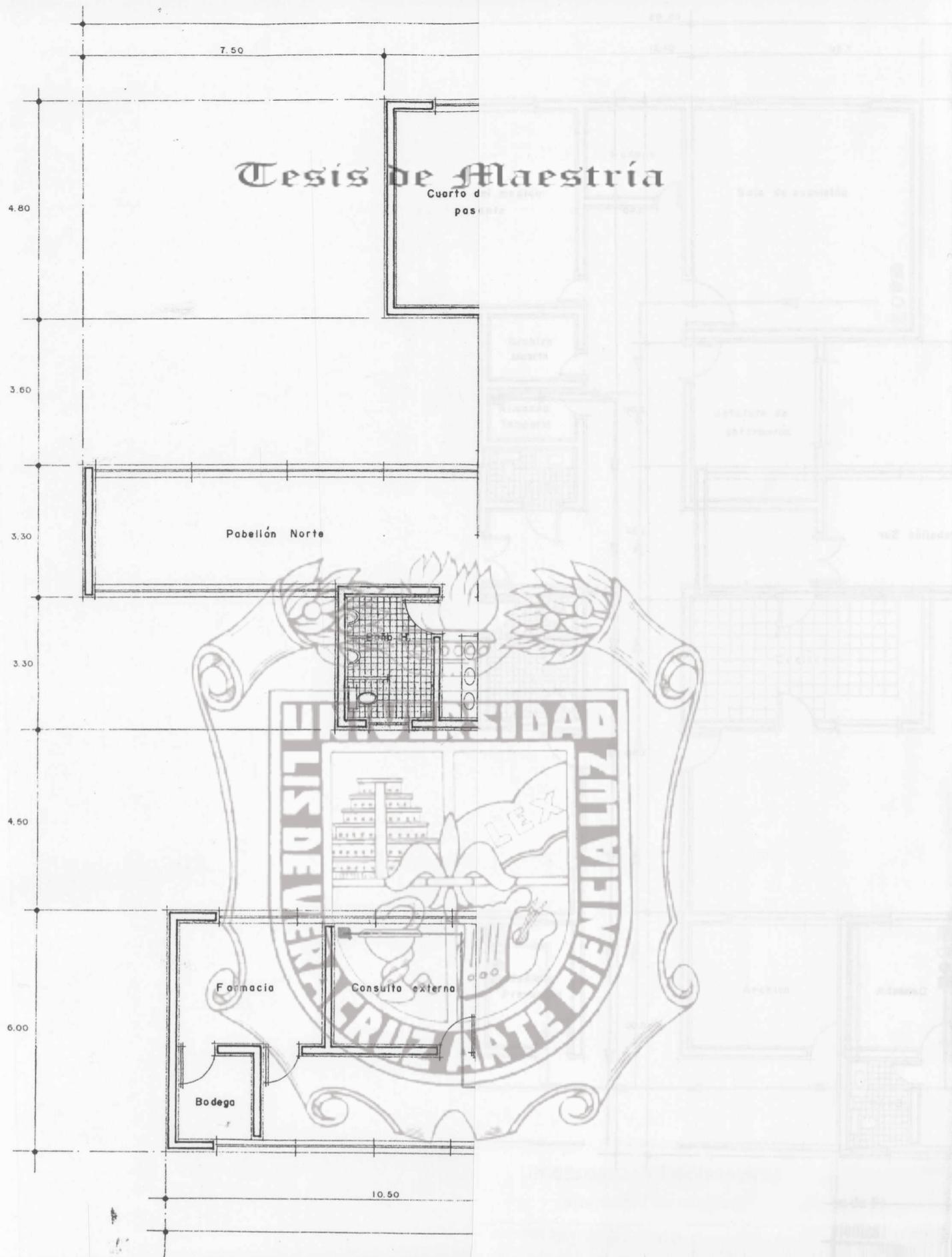


Figura 6.5 Colocación de los recipientes y ruta de recolección de la Unidad de medicina Familiar del ISSSTE.



Proyecto de Digitalización de Tesis
Responsable M.B. Alberto Pedro Lorandi Medina
Colaboradores: Estanislao Ferman García
M.B. Enrique Rodríguez Alagaña

6.2.3 Manipulación y manejo externo de los RPBI's.

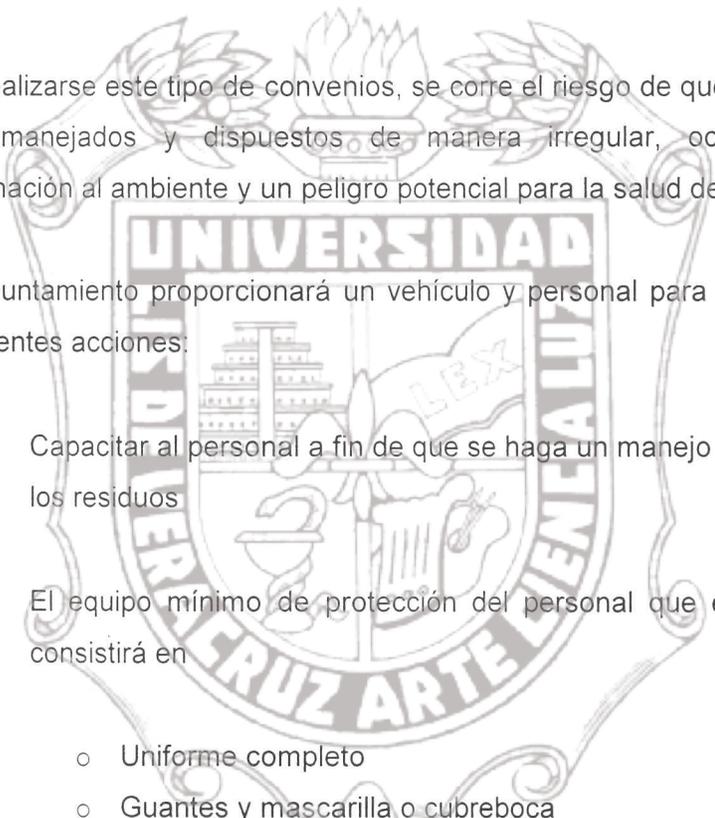
El manejo externo de los RPBI's es de competencia federal, este servicio puede ser proporcionado por el H. Ayuntamiento siempre y cuando firme algún convenio con el gobierno central y autoridades de la PROFEPA.

De no realizarse este tipo de convenios, se corre el riesgo de que los RPBI's continúen siendo manejados y dispuestos de manera irregular, ocasionando con esto contaminación al ambiente y un peligro potencial para la salud de la comunidad.

El H. Ayuntamiento proporcionará un vehículo y personal para este fin; se realizarán las siguientes acciones:

- Capacitar al personal a fin de que se haga un manejo seguro y adecuado de los residuos
- El equipo mínimo de protección del personal que efectúe la recolección consistirá en
 - Uniforme completo
 - Guantes y mascarilla o cubreboca
 - Si se manejan residuos líquidos se deberán usar anteojos de protección
 - Se usarán zapatos especiales antiderrapantes
- Se identificará al vehículo de recolección de acuerdo al tipo de residuo (solo el día de la recolección)
- Por ningún motivo durante la recolección y el transporte los residuos pueden ser compactados

Instituto de Ingeniería
Universidad Veracruzana



- Una vez concluida la ruta, el vehículo se debe limpiar y desinfectar en el sitio donde se ubique la celda

Es importante que se tome en consideración la peligrosidad de estos residuos, y que se tenga una vigilancia permanente o supervisión por parte de las autoridades médicas y municipales, para evitar que sean dispuestos de manera irregular.

El vehículo que se usará para la recolección tiene que cumplir con los siguientes requisitos (NOM-087-ECOL-1995):

- Deberán ser de caja cerrada, hermética y contar con sistemas de captación de escurrimientos
- Tener sistemas mecanizados de carga y descarga.
- Contar con sistemas de enfriamiento

6.2.3.1 Frecuencia.

La frecuencia de recolección de las bolsas será una vez a la semana, de preferencia los viernes, ya que tres de los cuatro centros de salud trabajan solo entre semana.

Frecuencia de recolección = 1/7

6.2.3.2 Ruta de Recolección externa de los RPBI's.

La ruta de recolección interhospitalaria que se muestra en la figura 6.4, se hizo tomando en consideración distancias entre los cuatro centros de salud y el tiempo de recorrido.

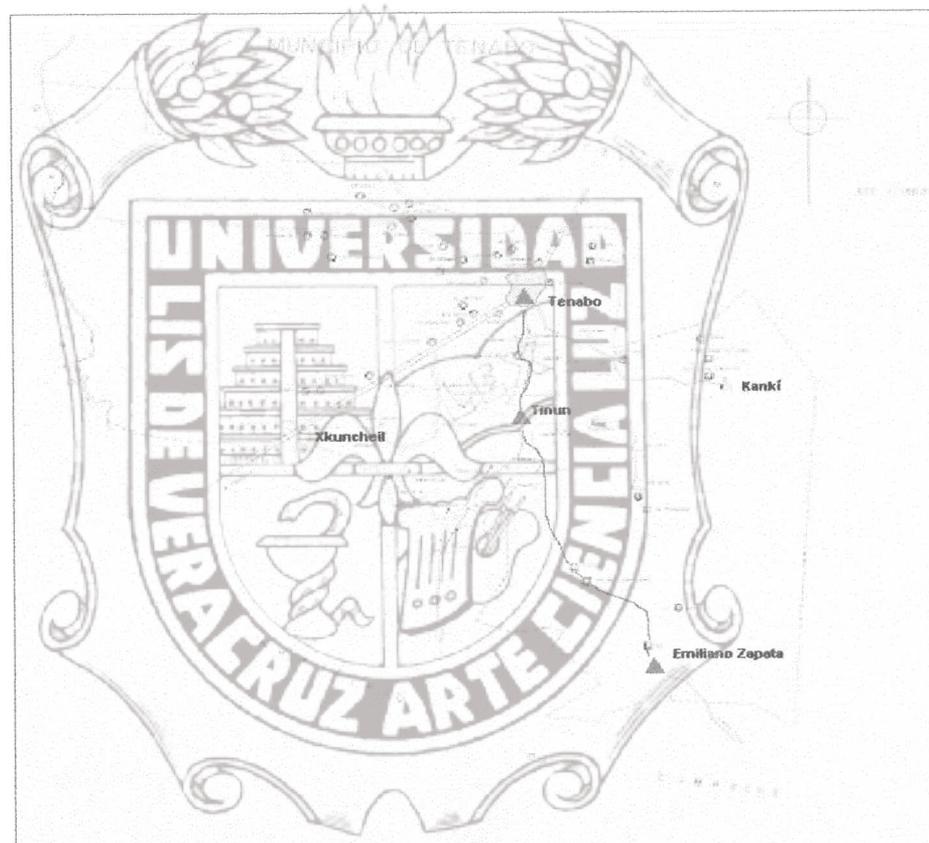


Figura 6.7 Ruta de Recolección Interhospitalaria de RPBI's para el municipio de Tenabo

La línea roja de la figura 6.7 representa la ruta a seguir, que consta de 29 km en total, partiendo de la Dirección de Obras Públicas, el punto inicial es el IMSS-Solidaridad de Emiliano Zapata, de ahí continúa a la UAS de Tinún (la cual dista 21 km) para seguir a la UMF del ISSSTE y se finaliza en el CSPC de Tenabo, trasladándose posteriormente al sitio de disposición final.

El recorrido desde el IMSS hasta la UAS de Tinún, se efectúa sobre una carretera que se encuentra en pésimas condiciones, por lo que el tiempo será mayor, el resto del recorrido es sobre camino en buen estado., dos de los centros de salud se encuentran en la ciudad de Tenabo.

6.2.3.3 Horario de Recolección externa de los RPBI's.

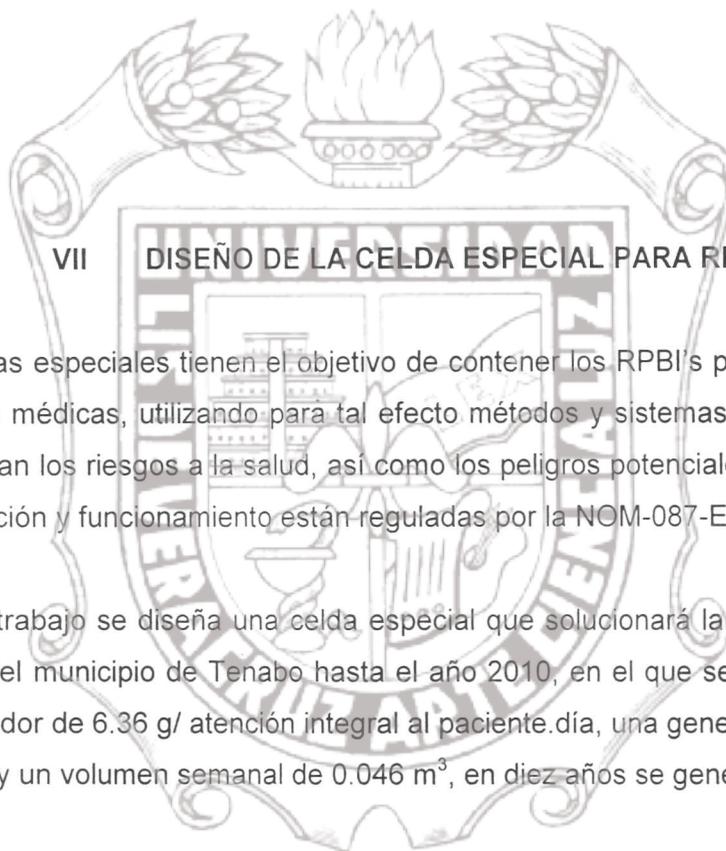
Para una óptima recolección y transporte externo de los residuos, el horario y frecuencia de recolección se proponen tomando en cuenta las características de los centros de salud y de las distancias entre cada punto, que deberán ser conocidos por todo el personal; es conveniente la colocación de letreros informativos.

Tabla 6.3 Horario de Recolección Externa de los RPBI's

Horario	Actividad
9.30	Salida de las instalaciones de la Dirección de Obras Públicas
10.00	Recolección de los RPBI's del IMSS-Solidaridad E. Zapata
10.30	Arribo a la UAS de Tinún
11:00	Recolección de los RPBI's del CSPC de Tenabo
11:15	Llegada a la UMF del ISSSTE de Tenabo
11.30	Descarga en Celda Especial

El horario propuesto en la tabla 6.3 se hizo tomando en cuenta los siguientes puntos:

- Inicio en el IMSS-Solidaridad de Emiliano Zapata, ya que es la unidad médica mas distante (29 km); el tiempo de recorrido es de 25 minutos desde Tenabo.
- El segundo punto de recolección será la UAS de Tinún, que se encuentra en el camino de regreso a Tenabo.
- El último punto de la ruta es la UMF del ISSSTE, ya que tiene un horario de atención de 11 a 14 horas exclusivamente.



VII DISEÑO DE LA CELDA ESPECIAL PARA RPBI'S

Las celdas especiales tienen el objetivo de contener los RPBI's provenientes de las unidades médicas, utilizando para tal efecto métodos y sistemas de ingeniería que disminuyan los riesgos a la salud, así como los peligros potenciales al ambiente. Su construcción y funcionamiento están reguladas por la NOM-087-ECOL-1995.

En este trabajo se diseña una celda especial que solucionará la disposición de los RPBI's del municipio de Tenabo hasta el año 2010, en el que se calcula se tendrá un indicador de 6.36 g/ atención integral al paciente.día, una generación de 3 kg a la semana y un volumen semanal de 0.046 m³, en diez años se generarán 25.13 m³ de RPBI's.

Antes de iniciar el diseño de la Celda Especial, se llevaron a cabo estudios de generación en los cuatro centros de salud para determinar la cantidad de RPBI's que deberían de disponerse. Esto proporcionó las bases para proyectar la generación que se tendrá hasta el año 2010.

7.1. Ubicación de los sitios propuestos para la Celda Especial.

Para determinar el lugar donde será construida la celda especial se consideraran tres terrenos diferentes, cuya denominación y ubicación es:

Tabla 7.1 Sitios propuestos para la Celda Especial

Numero	Denominación	Ubicación	Localización
1	Camino a Orizaba	km 3.5 Camino rural Tenabo-Costa.	20°01'51.96" N 90°09'05.61" W
2	Camino a Kankí	km 1.25 Carretera Rural Tenabo-Kankí	20°00'43.51" N 90°10'17.35" W
3	Camino a Xmozón	km 1.7 Camino Rural a la zona de riego de Xmozón	19°19'27.89" N 90°02'01.62" W

Los tres sitios mencionados en la tabla 7.1 cumplen con los requisitos que establece el anexo 2 de la NOM-087-ECOL-1995, todos tienen la ventaja de no se encuentran en zonas inundables, además de estar alejadas de los centros de población.

Otras características de los tres sitios seleccionados son: fácil acceso para los vehículos de transporte externo de los RPBI's, son terrenos que no se utilizan para fines agrícolas, y pueden ser donados al ayuntamiento por parte de las autoridades ejidales

Tesis de Maestría

Susunaga Miranda M. A.

Diseño del Sistema de Manejo y Disposición Final para los RPBI's generados en Centros Rurales de Atención a la Salud, "Caso de estudio: Tenabo, Campeche"

Instituto de Ingeniería
Universidad Veracruzana



Figura 7.1 sitios propuestos para la ubicación de la Celda Especial

7.2. Evaluación de los terrenos con respecto a la norma.

El lugar propuesto para la celda especial debe de cumplir con los requisitos del anexo 2 de la NOM-087-ECOL-1997, los cuales son:

Tabla 7.2 Cumplimiento de la normatividad de los tres terrenos

Normatividad a Cumplir	Sitio No.1	Sitio No2	Sitio No3
1. La distancia mínima a pozos de agua potable, tanto en operación como abandonados, será mayor a 360 m (trescientos sesenta metros).	Distancia a pozo 3.5 km	Distancia a pozo 1.5 km	Distancia a pozo 5.7 km
1. Las distancias mínimas a aeropuertos serán de: 3,000 m	El aeropuerto mas cercano se localiza a 37 km. al sureste de la cabecera municipal, en la Ciudad de Campeche		
2. Respetar las áreas protegidas, derecho de vías de autopistas, caminos principales y caminos secundarios	No aplica ya que el terreno no se localiza fuera de las áreas mencionadas		
3. Respetar los derechos de vía de obras civiles tales como oleoductos, gasoductos, poliductos, torres de energía eléctrica acueductos, etc	En la construcción de las obras se respetarán los derechos de vía		
4. Ubicarse fuera de zonas de inundación con períodos de retorno de 100 años	Los terrenos se localizan fuera de lugares con dichas características		
5. No ubicarse en zonas de pantanos, marismas y similares	Los sitios seleccionados se localizan fuera de los terrenos mencionados		
6. La distancia de ubicación con respecto a cuerpos de aguas superficiales, será de 300 m (trescientos metros) como mínimo, y garantizar que no exista afectación a la salud y al ambiente.	No existen cuerpos de agua superficial en la zona		
7. Ubicarse a una distancia no menor de 60 m (sesenta metros) de una falla activa	No existen fallas activas en el estado de Campeche		
8. Ubicarse fuera de zonas donde los taludes sean inestables, es decir, que puedan producir movimiento de suelo o roca por procesos estáticos y dinámicos	Los terrenos son planos, por lo que este punto no aplica		

Instituto de Ingeniería
Universidad Veracruzana

7.3. Selección del sitio.

Se efectuó un análisis de factores ambientales del entorno, que se denominan "Impactantes Potenciales de la Instalación" para elegir el sitio mas adecuado de entre los tres que se proponían y están compuestos por ciertas características del medio que pueden ser afectadas (Sánchez 1998)

El método que se utilizó para la selección del sitio es el de matrices de interacción "hombre-entorno", es una modificación de la matriz de Leopold (Sánchez 1998), la cual fue desarrollada originalmente para proyectos de construcción. Esta consiste en dar valores entre cero y uno a cada factor del ambiente, y el sitio de menor calificación será el que menos impacte al medio y por consiguiente el mas adecuado para la instalación de la Celda Especial.

7.3.1. Criterios de selección del sitio.

Son criterios para la ubicación de la celda los diferentes microelementos del ambiente y la salud pública que pueden verse afectados por el emplazamiento de la Celda Especial y que deben tomar en cuenta para su evaluación son (Sánchez 1998)

- **Ambiente**
 - Emisión de agentes contaminantes físicos, químicos y biológicos, que pueden llegar a afectar el ambiente en general, en especial aire y suelo
 - Riesgos generados por posibles accidentes del vehículo de transporte externo.

- **Salud**
 - Generación de polvos, microorganismos y contaminantes químicos, que inciden directamente al ser humano y animales domésticos, o bien dispersarse sobre elementos del ambiente

- Aparición de fauna nociva

- **Bienestar**

- Generación de polvos, ruidos y olores de la celda a zonas habitadas
- Dispersión de residuos sólidos en los alrededores del sitio
- Afectación de la estética del paisaje por actividades propias de la celda

- **Infraestructura**

- Facilidad de Acceso.
- Deterioro de la infraestructura hidráulica

Para cada una de las afectaciones del entorno de los agentes impactantes, se determina un porcentaje de contribución, que se puede modificar de acuerdo a las características de las mismas (Sánchez 1998), para nuestro caso, serían:

Cabe hacer mención que se tomaron en consideración diferentes criterios al establecerse el porcentaje, modificándolos para zonas rurales.

Bienestar	35%
Ambiente	20%
Infraestructura	15%
Salud	30%
Suma	<u>100%</u>

Existe una relación causa-efecto que puede ser identificada con un enfoque sistemático, por lo anterior se propone una calificación para cada uno de los factores ambientales que incidan y representen riesgo al entorno.

A fin de que los factores ambientales se puedan considerar en una matriz, cada uno de los efectos es calificado de acuerdo a Sánchez (1998).

Tabla 7.3 Matriz de contribución proporcional de los agentes impactantes sobre el entorno

Factor de campo	Microelementos de afectación				Σ
	Bienestar	Ambiente	Infraestructura	Salud	
Material de cobertura de los residuos		0.13	0.18	0.15	0.46
Acondicionamiento del sitio	0.17	0.10	0.12	0.11	0.50
Cercanía a la población	0.17	0.08	0.21	0.19	0.65
Incidencia de vientos	0.17	0.08		0.19	0.44
Visibilidad del sitio	0.68	0.08	0.09		0.85
Distancia a cuerpos de agua superficiales	0.14	0.17		0.23	0.54
Distancia a cuerpos de extracción	0.07	0.16		0.33	0.56
Σ	1.4	0.8	0.6	1.2	4.0

Fuente: Sánchez G. J, 1991, modificada por Susunaga M. M.,2000.

La matriz que se presenta en la tabla 7.1 relaciona las variables con las acciones del hombre sobre su entorno, evaluando el impacto de cada una de ellas sobre el medio. Los valores se obtuvieron multiplicando el porcentaje de los microelementos de afectación por la proporción que se le asigna al factor de campo.

Se construyó una matriz de afectaciones con las contribuciones de los valores promedio obtenidos a partir de la función de sensibilidad correspondiente

Tabla 7.4 Tipo de características y fundamentos

Impacto Potencial	Fundamento de los límites	Expresión de límites
Material de cobertura de los residuos	El rango varía de 0 a 3, donde el valor mínimo corresponde a sitios con autosuficiencia de material de cobertura, 1 cuando el acarreo sea a distancias menores de 5 km, 2 entre 5 y 10 km y 3 para distancias mayores a 10 km	$f(x) = \frac{x}{3}$
Acondicionamiento del sitio	Se asignan solo dos valores: 3 si requiere un acondicionamiento adicional y 0 cuando no	$f(x) = \frac{x}{3}$
Cercanía a la población o a zonas agrícolas	La distancia mínima recomendable es de 50 m, a distancias mayores de 200 m se asigna una calificación de 0	$f(x) = 1.33 \frac{x}{150}$
Incidencia de vientos	La calificación corresponde a los días que el viento incide desfavorablemente desde la instalación hacia zonas habitadas, agrícolas o ganaderas	$f(x) = \frac{x}{365}$
Visibilidad del sitio	Se establece un rango de 0 a 2, donde el valor mínimo corresponde a sitios ocultos, mientras que 2 a sitios totalmente visibles	$f(x) = \frac{x}{2}$
Distancia a cuerpos de agua superficiales	El rango varía de 0 a 1, 1 corresponde a la distancia mínima que establece el anexo 2 de la NOM-087, que es de 300 m. A distancias menores se les dará una calificación de 1	$f(x) = \frac{300}{x}$
Distancia a pozos de agua potable	La distancia mínima que establece el anexo 2 de la NOM-087, es 360 m, a distancias menores el valor de la función de sensibilidad será de 1	$f(x) = \frac{360}{x}$

Fuente: Sánchez G. J, 1991, modificada por Susunaga M. M.2000.

7.3.2 Resultados de la selección del sitio para la Celda Especial

Los tres sitios se calificaron de acuerdo a las características expuestas en la tabla 7.3, para lo cual se desarrolló una matriz de impactos potenciales, el resultado de las mismas se sumó y el que obtuvo una calificación mas baja (indicativo de un menor impacto al ambiente), fue el sitio elegido.

a) *Material de cobertura de los residuos.*

	Distancia de acarreo	Valor asignado	Función de sensibilidad
Sitio No. 1	5 km	2	0.66
Sitio No. 2	0 km	1	0.33
Sitio No. 3	0 km	1	0.33

El sitio No. 1 se encuentra a 5 km de la zona más próxima donde se puede extraer material de cobertura

b) *Acondicionamiento del sitio*

	Requiere acondicionamiento	Función de sensibilidad
Sitio No. 1	No	0
Sitio No. 2	No	0
Sitio No. 3	No	0

Por ser los tres terrenos planos, no se requiere de acondicionamiento previo en ninguno.

c) *Cercanía a la población o zonas agrícolas y ganaderas*

	Distancia	Función de sensibilidad
Sitio No. 1	50m	0.443
Sitio No. 2	>200 m	0
Sitio No. 3	>200 m	0

El sitio numero 1 se encuentra a 50 m de una zona ganadera, lo mas cercano al terreno 2 es el ejido Xmozón que dista 1.5 km y del 3 es la ciudad de Tenabo a 1.25 km.

d) *Incidencia de Viento*

	Días de viento desfavorable (fuente CNA 1999)	Función de sensibilidad
Sitio No. 1	110	0.301
Sitio No. 2	40	0.109
Sitio No. 3	75	0.205

Se toma en consideración para el factor días de viento desfavorable que el sitio No. 1 se encuentra junto a un camino de terracería, lo que aumenta la emanación de polvos, el sitio tres se encuentra cerca de la carretera federal,

e) *Visibilidad del sitio.*

	Visibilidad	Función de sensibilidad
Sitio No. 1	Totalmente	1.0
Sitio No. 2	Parcialmente	0.5
Sitio No. 3	Oculto	0

La visibilidad de la celda en el sitio No.1 seria completa, ya que es un terreno a cielo abierto, en una llanura; en el sitios 2 esta parcialmente oculto por estar localizado en un a zona de lomeríos y el 3 se encuentra totalmente oculto por matorrales.

f) *Distancia a cuerpos de agua superficiales*

No existen cuerpos de agua superficiales en el municipio, el mas próximo es el rio Champotón a 115 km. de la cabecera municipal, por lo que la función de sensibilidad para los tres sitios es cero.

g) Distancia a pozos de extracción

	Distancia a pozos de extracción	Función de sensibilidad
Sitio No. 1	1.5 km	0.24
Sitio No. 2	5.3 km	0.07
Sitio No. 3	8.0 km	0.05

7.3.3. Matriz de selección del lugar

Con los datos anteriores se estableció la matriz de calificación para cada uno de los sitios propuestos

Tabla 7.5 Matriz de calificación del Sitio No.1

Factor de campo	Microelementos de afectación				Σ
	Bienestar	Ambiente	Infraestructura	Salud	
Material de cobertura de los residuos		0.085	0.118	0.099	0.302
Acondicionamiento del sitio	0	0	0	0	0
Cercanía a la población	0.075	0.035	0.093	0.084	0.287
Incidencia de vientos	0.051	0.024		0.057	0.132
Visibilidad del sitio	0.680	0.080	0.090		0.850
Distancia a cuerpos de agua superficiales	0	0		0	
Distancia a cuerpos de extracción	0.016	0.038		0.013	0.067
Σ	0.822	0.262	0.301	0.253	1.638

Como podemos apreciar en la tabla 7.5, la visibilidad del sitio es el factor que mas incide en la calificación del terreno, seguido por la distancia que se tiene que recorrer para transportar el material de cobertura

Instituto de Ingeniería
Universidad Veracruzana

Tabla 7.6 Matriz de calificación del sitio No 2

Factor de campo	Microelementos de afectación				Σ
	Bienestar	Ambiente	Infraestructura	Salud	
Material de cobertura de los residuos		0.042	0.059	0.049	0.150
Acondicionamiento del sitio	0	0	0	0	0
Cercanía a la población	0	0	0	0	0
Incidencia de vientos	0.018	0.008		0.020	0.046
Visibilidad del sitio	0.340	0.040	0.004		0.384
Distancia a cuerpos de agua superficiales	0	0		0	0
Distancia a cuerpos de extracción	0.004	0.009		0.019	0.032
Σ	0.362	0.099	0.063	0.088	0.612

De la tabla 7.6 se observa que la visibilidad del sitio es el factor que mas calificación aporta a la matriz y en segundo lugar el material de cobertura

Tabla 7.7 Matriz de Calificación del sitio No. 3

Factor de campo	Microelementos de afectación				Σ
	Bienestar	Ambiente	Infraestructura	Salud	
Material de cobertura de los residuos		0.042	0.059	0.049	0.150
Acondicionamiento del sitio	0	0	0	0	0
Cercanía a la población	0	0	0	0	0
Incidencia de vientos	0.034	0.016		0.039	0.089
Visibilidad del sitio	0	0	0		0
Distancia a cuerpos de agua superficiales	0	0		0	0
Distancia a cuerpos de extracción	0.002	0.006		0.013	0.021
Σ	0.036	0.064	0.059	0.101	0.260

En la tabla 7.7 se aprecia que ninguno de los factores de campo incide de sobremanera a los microelementos de afectación.

De los resultados de las matrices de las tablas 7.5, 7.6 y 7.7 se puede concluir que el sitio que menos impacto generará a su entorno es el número 3

Sitio que menos impacto generará al entorno = No.3 Camino a Xmozón

Es importante observar que la diferencia en cuanto a la calificación de los tres sitios, se debió a la visibilidad y a la distancia de acarreo del material de cobertura, en el prime

Se puede ver claramente que existe una diferencia sustancial entre los tres sitios y que las calificaciones varían de uno a otro, el factor que mas incidencia tuvo para estos valores fue la visibilidad del terreno, que ocasiona un impacto visual negativo.



Figura 7.2 Sitio elegido para la ubicación de la Celda Especial

En la figura 7.2 se pueden observar las características del sitio seleccionado para la Celda Especial; se aprecia al fondo el camino rural a la zona de riego de Xmozón

7.4. Diseño de la celda

7.4.1 Dimensionamiento de la celda

La tabla 7.8 presenta la proyección de la generación anual de los RPBI's en los cuatro centros de salud del municipio de Tenabo, Campeche, durante el tiempo de vida útil de la Celda Especial. Se consideró una tasa de incremento del 2.5% en el número de atenciones integrales al paciente, así como un aumento en la generación per-cápita de 2.07% anual.

Tabla 7.8 Proyección de la generación de RPBI's en los Centros de Salud.

año	Atenciones Integrales al paciente	Generación Kg. RPBI's/año	Volumen m ³
1999	19,980	105.49	1.6484
2000	20,478	111.04	1.7350
2001	20,976	116.81	1.8252
2002	21,474	122.82	1.9190
2003	21,972	129.06	2.0165
2004	22,470	135.55	2.1179
2005	22,968	142.29	2.2233
2006	23,466	149.30	2.3328
2007	23,964	152.47	2.3823
2008	24,462	155.64	2.4319
2009	24,960	158.81	2.4814
2010	25,458	161.98	2.5309
Total en 12 años	250,656	1641.26	25.127

El volumen se calculó multiplicando la generación anual con el peso volumétrico obtenido durante el estudio de campo (abril y agosto de 1999) para los centros de salud rurales del municipio de Tenabo (64.2 kg/m³).

De la tabla 7.8 podemos concluir que el volumen acumulado de RPBI's en 12 años será de 25.127 m³. Si tomamos en cuenta que al compactar, se reduce en un 50 %, el volumen a considerar para el diseño de la celda será :

$$\text{Volumen de la Celda} = 12.56 \text{ m}^3$$

$$\text{Área necesaria} = \text{Volumen de la celda} / \text{altura de los residuos}$$

Se sugiere una altura final de cada capa de residuos compactados de 0.3 m.

$$\text{Área necesaria} = 12.56 \text{ m}^3 / 0.30 \text{ m} = 41.86 \text{ m}^2 \approx 42.00 \text{ m}^2$$

Se trabajará en dos niveles, cada uno de los cuales tendrá una altura de 0.3 m (exclusivamente residuos)

7.5. Construcción de la Celda

De acuerdo con las características del terreno se empleará el método de área, el cual consiste en colocación de niveles de material y residuos de manera horizontal para formar capas como en un pastel.

Las etapas constructivas de la celda especial son:

- Preparación del terreno
- Impermeabilización artificial
- Construcción de los sistemas de control de lixiviados y biogás
- Construcción de la celda semanal

Se diseñó la operación de la Celda con dos niveles (como se muestra en la figura 7.3). Para minimizar el área utilizada, el primer nivel tendrá una altura de 1.20 m, el segundo nivel de 1.05 m y el total de la Celda será de 2.25 m (ver detalle en figura 7.9).

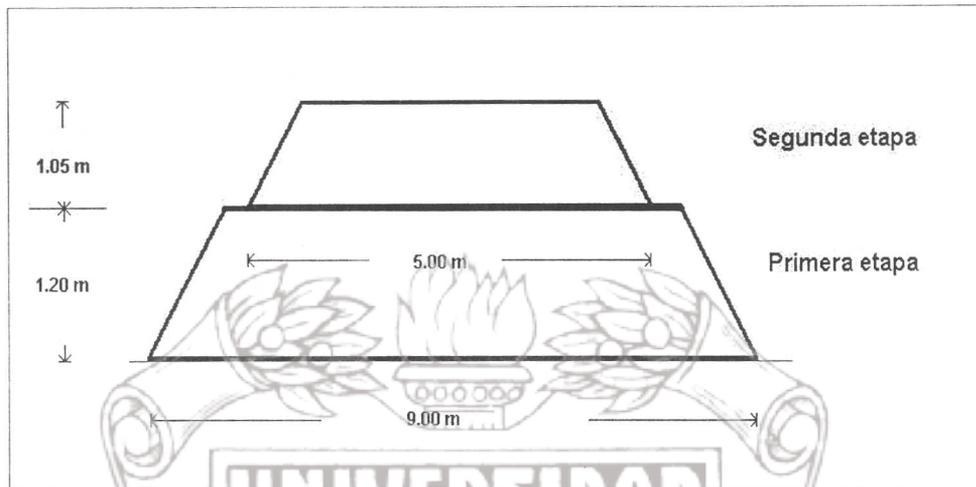


Figura 7.3 Etapas de construcción de la Celda Especial (Corte frontal).

Para poder utilizar el método de área, las dos etapas tendrán tamaños diferentes, considerando lo anterior y, además un talud en relación 1:1.5, las dimensiones y el área de los dos niveles será el siguiente:

	Largo	Ancho	Área
Segunda etapa	4.00 m	2.00m	8.00 m ²
Primera etapa	7.00 m	5.00 m	35.00 m ²
		Área total:	43.00 m ²

La superficie necesaria para la celda es de 42.00 m² y se ha diseñado para 43.00 m², esto es un 2.7 % mas del terreno con la finalidad de respetar los taludes para cada etapa, además de que permitirá recibir 0.30 m³ de desechos adicionales. En caso de un acontecimiento epidemiológico excepcional (brote de cólera, etc), se sugiere elevar la altura de la capa a 40 cm.

7.5.1 Preparación del terreno

Las actividades que se llevarán a cabo durante esta etapa comprenden:

1. Desmonte y despalme
2. Nivelación y compactación del terreno

Como se puede apreciar en la figura 7.2 el terreno tiene vegetación, que será desmontada (es decir cortada a machetazos), para luego ser despalmada (extracción de las raíces de los árboles).

El área del terreno a ser nivelada tendrá 20 m de largo y 32 de ancho, esto permitirá disponer de un terreno suficiente para efectuar las obras necesarias para el buen funcionamiento de la celda (figura 7.4).

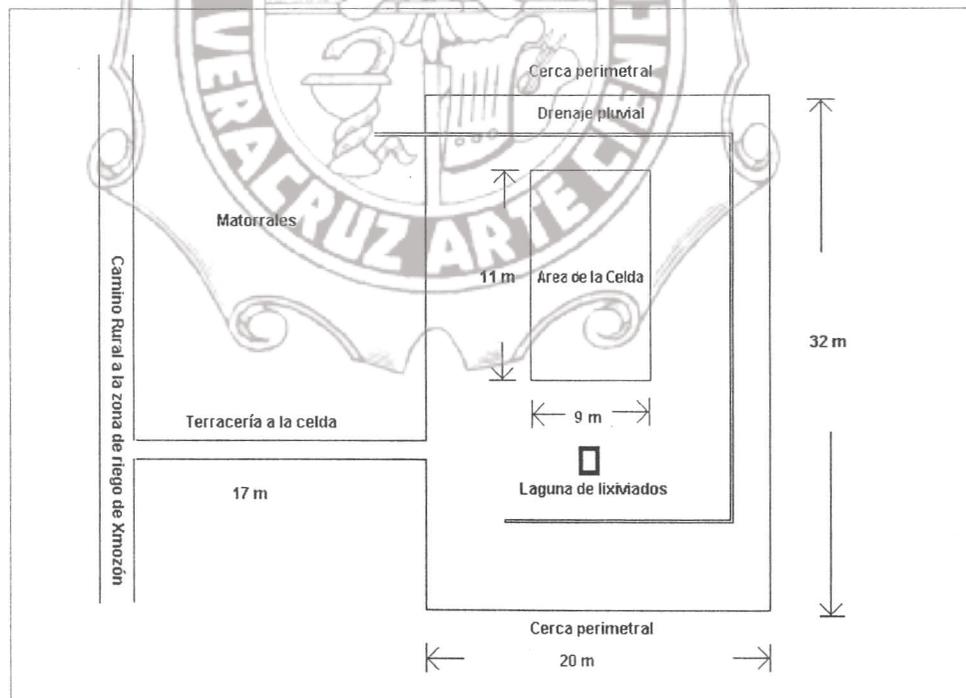


Figura 7.4 Área perimetral de la celda

De la figura 7.4 se puede observar que el área total a ser desmontada y nivelada será de 640 m², aquí se construirá la Celda especial, el sistema de control de lixiviados, y las obras complementarias (cerca perimetral, drenaje pluvial, etc.).

Existe un camino en el terreno (figura 7.2), el cual se nivelará para que los vehículos puedan tener fácil comunicación al área de la Celda, en época de lluvias, es normal que los caminos de terracería se deterioren, pero considerando una disposición de residuos semanal este efecto sobre el acceso será mínimo.

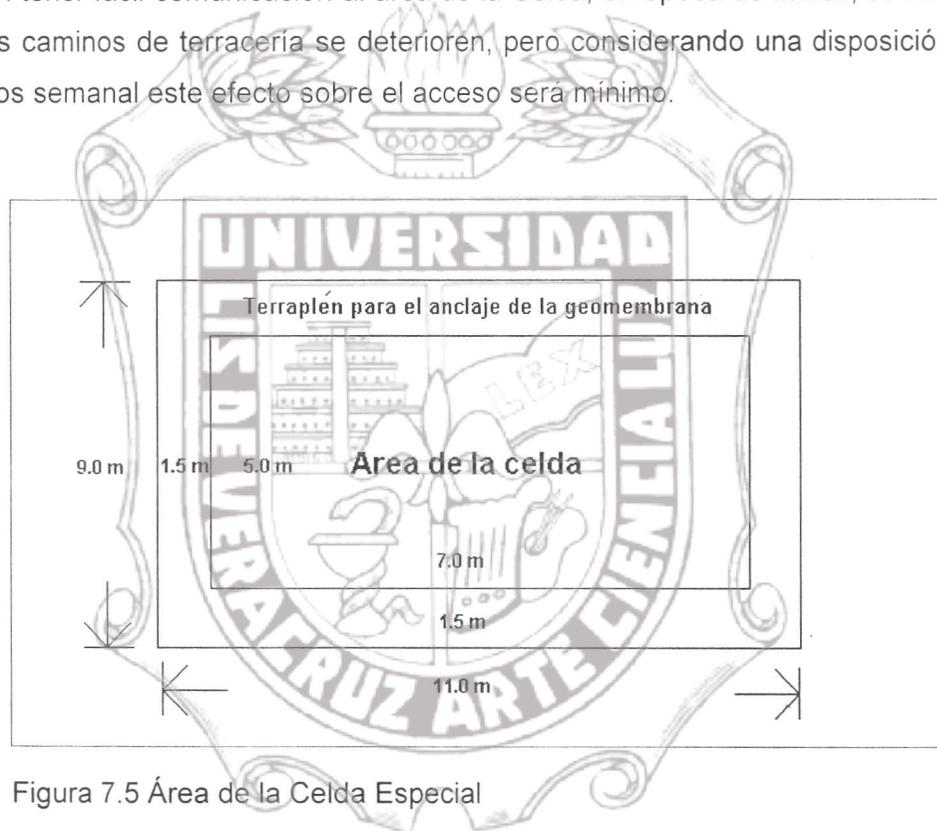


Figura 7.5 Área de la Celda Especial

Como se aprecia en la figura 7.5, el área perimetral de la primera etapa de la celda será de 5 m de ancho y 7 de largo, estas dimensiones se incrementarán 1.5 m por cada lado, lo anterior tiene la finalidad de disponer terreno suficiente para el anclaje de la geomembrana.

Se construirá un terraplén con 30 cm de arcilla en toda la superficie que ocupará la celda incluyendo la zona destinada para anclaje (figura 7.6). Se compactará y se dará una pendiente del 4% hacia la parte central de la Celda, donde será instalado el sistema de captación de lixiviados (figura 7.7).



Figura 7.6 Base de la Celda Especial

Se excavará en el perímetro de la celda una zanja con profundidad de 60 cm y ancho de 50 cm, (como se muestra en la figura 7.7), esto con el fin de anclar la geomembrana.

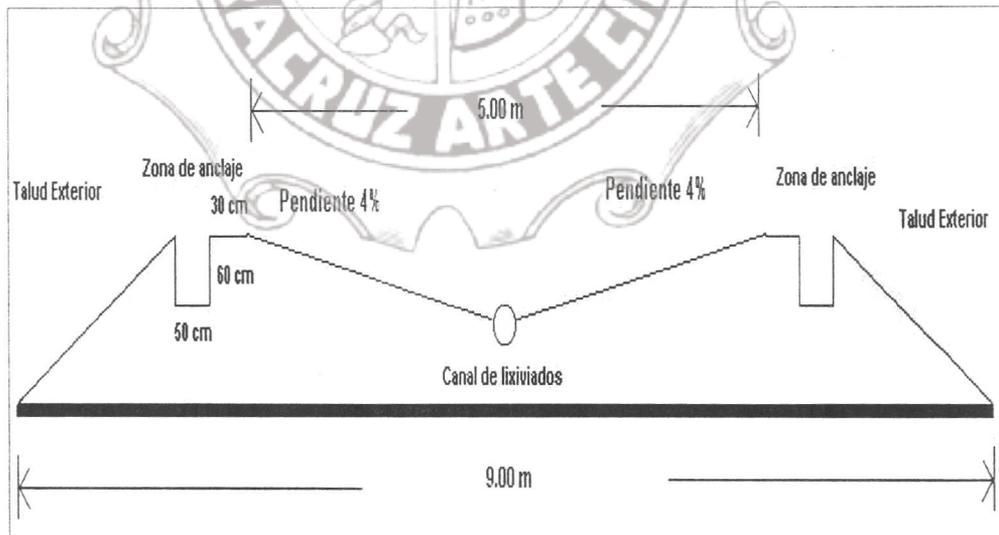


Figura 7.7 Corte de la base de la celda

7.5.2 Impermeabilización

Se impermeabilizará la celda artificialmente en la base, con el objeto de evitar el flujo de lixiviados, para lo cual se recomienda utilizar geomembrana de polietileno de alta densidad, con un espesor mínimo de 1.5 mm. (uno punto cinco milímetros).

El área por impermeabilizar es de 56.76 m², la operación se llevará a cabo utilizando dos pedazos iguales de geomembrana, cada uno de los cuales cubrirá la misma superficie, las dimensiones de cada una de estas será 3.9 m de ancho y 8.36 de largo, ambas se unirán por termo fusión en la parte central de la celda.

Para proteger a la geomembrana se colocará una capa de arcilla de 30 cm de alto, la cual se transportará de algún banco cercano, para esparcirla y posteriormente compactarla en forma manual, con esta medida se protegerá de pinchaduras de punzocortantes que serán depositados.

7.6. Control de lixiviados

Se realizará por medio de un sistema de captación y conducción hacia una laguna de evaporación.

Con el fin de captar los lixiviados, la celda tendrá una pendiente de 4% desde los extremos hacia la parte central, se construirá un canal previo a la instalación de la geomembrana, en el que después de ser impermeabilizado se colocará el sistema de conducción (figura 7.7). Este canal a su vez tendrá una pendiente del 2% hacia el lado Sur por lo que conducirá los lixiviados por gravedad, de la celda a la laguna de evaporación.

El sistema de conducción consistirá en una tubería de PVC con diámetro de 3", cédula 80, tendida en forma paralela al avance de la celda, estará ranurada en la parte superior longitudinalmente (a media caña), y se cubrirá con material

permeable, de preferencia grava, lo que permitirá el paso de los lixiviados al interior del tubo para conducirlos a la laguna de evaporación (figura 7.8).

Cuando el canal de la tubería no se encuentre cubierto por residuos, deberá protegerse con una lona, lo que impedirá que el agua de lluvia penetre e incremente el volumen de lixiviados, una vez que salgan de la celda serán conducidos por gravedad hacia la laguna de captación.

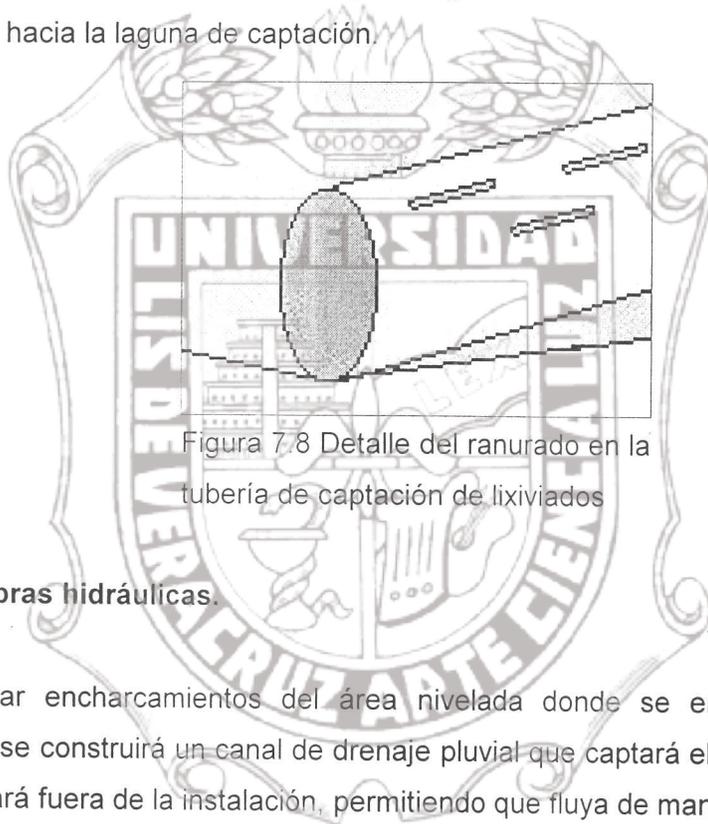


Figura 7.8 Detalle del ranurado en la tubería de captación de lixiviados

7.7. Obras hidráulicas.

Para evitar encharcamientos del área nivelada donde se encuentra la Celda Especial, se construirá un canal de drenaje pluvial que captará el agua de lluvia y la transportará fuera de la instalación, permitiendo que fluya de manera natural.

El sistema constará de un canal de concreto de 0.30 m de ancho y 0.30 de profundidad, que tendrá una pendiente de 2% para que el agua fluya por gravedad fuera de la celda (figura 7.4), y se construirá en tres secciones en el perímetro de la celda.

7.8. Control de biogás.

Por la poca cantidad de RPBI's que serán dispuestos en la celda, el biogás que se genere será mínimo, aún así, la NOM-087 establece que se debe de contar con este sistema de control.

Para el venteo de biogás se instalará un tubo de PVC de 3 m de largo y 2" de diámetro, perforado a tres bolillos hasta 20 cm antes de llegar a la cima de la celda. La parte superior de la tubería deberá de sobrepasar el nivel del material de cobertura 1.5 m; rematando con un codo o tubo en "u", con la finalidad de evitar que se infiltre agua de lluvia (figura 7.9).

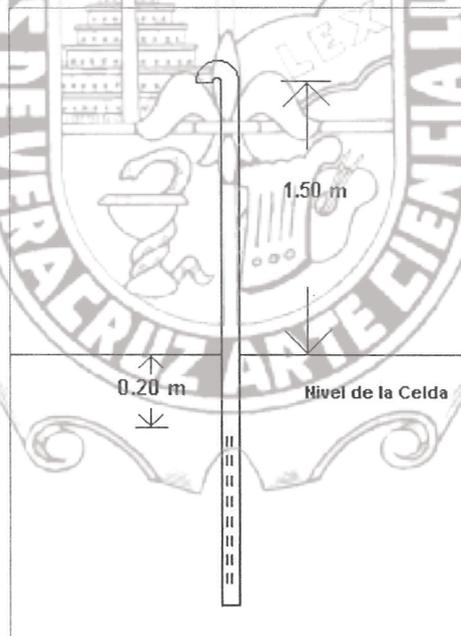


Figura 7.9 Sistema de Control del Biogás

El tubo se colocará en el centro de la celda cuando la primera etapa esté terminada, y se deberá de tener cuidado que durante la construcción del segundo nivel no se deteriore.

7.9. Operación y mantenimiento de la Celda.

La operación de la celda se hará de acuerdo al anexo 2 de la NOM-087-ECOL-1995, además, se tomarán en cuenta las características propias de los residuos generados en el municipio de Tenabo.

Los desechos de los centros de salud llegarán en bolsas, perfectamente identificadas. Se estima que el depósito inicial será de 105.49 kg/año, el cual se incrementará progresivamente en el lapso de 12 años, hasta llegar a 161.98 kg/año.

7.9.1 Disposición de los RPBI's en la Celda Especial.

Antes de iniciar el depósito de los residuos se aplicará una solución de cal en proporción 3:1 (NOM 087). El procedimiento a seguir consistirá en:

- Depositar las bolsas de RPBI's en la Celda en forma ordenada, para no sufran ningún deterioro y evitando así que los residuos se mezclen
- Compactar los desechos con un apisonador metálico, con el fin de reducir el volumen, la altura máxima de los desechos será de 30 cm (excepto en un a contingencia)
- Rociar los residuos con una solución de cal (lechada)
- Se les cubrirá con 30 cm de material arcilloso hasta que se alcancen los 60 cm de espesor total (residuos cubiertos).
- Se colocará encima un pedazo de Geomembrana, con el fin de cubrir el avance semanal, que a su vez servirá como protección contra la lluvia.
- Cuando se llene el primer nivel se continuará con la segunda etapa

7.9.2 Sellado o Clausura.

Una vez concluido el depósito de los residuos, la Celda Especial será clausurada de la siguiente manera:

- Se cubrirán los residuos con 15 cm de material arcilloso hasta que se alcancen los 45 cm de espesor total
- Se colocará geomembrana plástica
- Se cubrirá la geomembrana con 30 cm de Arcilla
- Depositar una capa de 30 cm de tierra
- Se sembrará vegetación nativa de raíces poco profundas

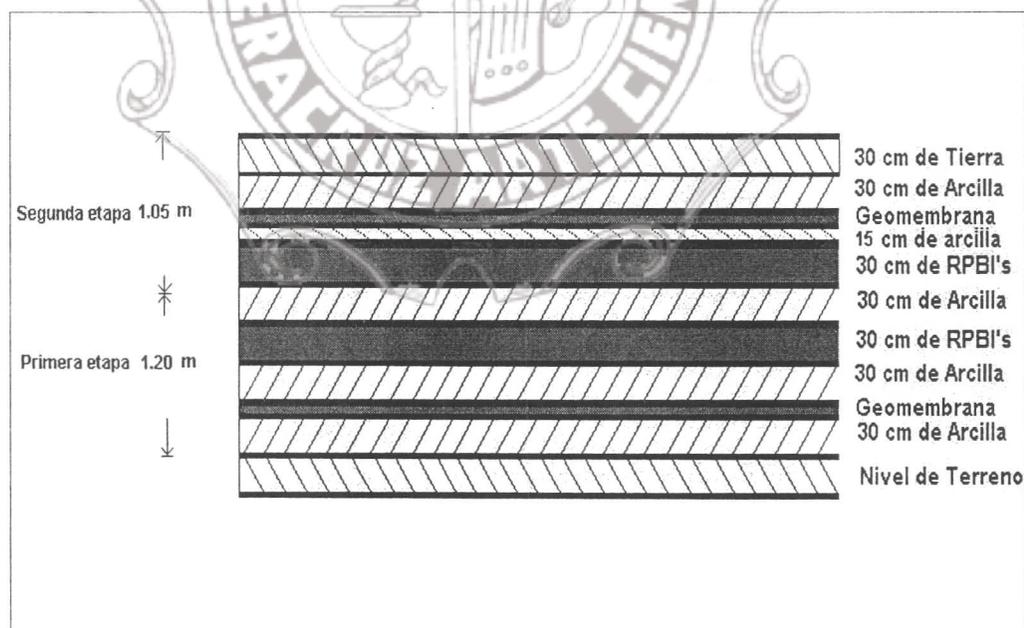


Figura 7.10 Corte transversal de la Celda Especial

Como se puede observar en la figura 7.10, la altura total de la celda será de 2.25 m dividida en dos etapas, la primera con 1.20 m y la segunda con 1.05.

7.10 Obras complementarias.

De acuerdo al Anexo 2 de la NOM-087-ECOL-1995, la celda deberá contar como mínimo con las siguientes obras complementarias: caminos de acceso, cerca perimetral y señalamientos.

7.10.1 Cerca perimetral.

Para evitar que se introduzca fauna nociva al terreno, este se cercará por todos sus lados.

7.10.2 Caminos de acceso

Se adecuará el camino de terracería existente de 17 m desde la carretera rural hasta el lugar de la celda.

7.10.3 Señalamientos.

Se colocará un letrero a la entrada del terreno que diga: "Celda Especial para disposición de Residuos Peligrosos Biológico Infecciosos"

7.11 Consideraciones de la Norma

- En caso de que exista la presencia de insectos al momento de depositar los residuos, se recomienda aplicar una sustancia insecticida para su eliminación, por ejemplo Alfaradex de Ciba-Geigy o un producto equivalente.

- El vehículo de transporte de los residuos se desinfectará antes de abandonar el área de la Celda Especial.
- Se llevará un registro semanal en una bitácora de la cantidad de residuos que se disponen .

7.12 Recomendaciones de la Norma

- Tanto la ropa de trabajo, como el equipo de protección deben de permanecer almacenados en un lugar especial
- No se debe de consumir alimentos en la zona de la Celda, ni durante la recolección y transporte de los residuos
- El personal debe de bañarse al final de la jornada de trabajo, empleando jabón neutro.
- Se recomienda realizar exámenes clínicos a los trabajadores, con una frecuencia trimestral.

7.13 Monitoreo.

El monitoreo es una herramienta importante en el proceso de evaluación de los impactos ambientales que la Celda Especial pueda ocasionar al entorno, para esto se debe desarrollar un programa periódico que proporcione los datos para determinar el buen funcionamiento del sitio.

Por ser la celda muy pequeña, solo se considera necesario monitorear en la etapa de clausura, ya que las afectaciones al medio son mínimas, se sugiere que solo se analice el biogás y los lixiviados, con una frecuencia semestral.



CONSIDERACIONES

En la actualidad es mínima la infraestructura existente en el estado de Campeche para el manejo integral de estos residuos. Es importante mencionar que todavía el 80% de sus municipios (entre los que se incluye Tenabo) son rurales y menores de 50,000 habitantes, y se encuentran lejos de los centros de vigilancia, por lo que los generadores incurren en un sin número de irregularidades.

Los servicios de atención integral al paciente (AIP) que se ofrecen en las unidades médicas del municipio de Tenabo, se encuentran en el primer nivel, que se denomina "Paquete Básico de Salud".

Aunque los médicos y enfermera conoce la peligrosidad de los residuos, existe un desconocimiento por parte del personal de limpieza que realiza las tareas de manejo interno.

Existe interés por parte de las autoridades de salud estatales y municipales en conocer las alternativas de manejo y disposición de RPBI's, así como la intención de desarrollar un buen sistema de gestión integral para este tipo de residuos.



1. Los resultados obtenidos en este trabajo no se pueden comparar, ya que no se cuentan con registros históricos de la generación de RPBI's en el municipio.
2. Los trabajadores no tienen una cultura de clasificación y selección de residuos
3. Existe falta de capacitación del personal encargado del manejo interno de los RPBI's en los cuatro centros de atención a la salud de Tenabo.
4. Los médicos y enfermeras desconocen la normatividad existente para el manejo de Residuos Hospitalarios, y no hacen una segregación adecuada de los mismos
5. Existen factores económicos y sociales que no permiten un manejo integral de los RPBI's en los centros rurales de atención a la salud; en el caso de Tenabo, debido a que las autoridades municipales dan preferencia a programas de atención comunitaria y no de desarrollo sustentable
6. Aunque se cuenta con el apoyo de las autoridades correspondientes, es importante aclarar que este estudio requiere de mas investigación de campo, por lo cual el tiempo y los recursos son insuficientes.

7. La implementación de este proyecto, los impactos negativos al medio y a la salud se reducirían sustancialmente ya que actualmente los RPBI's que se generan en los Centros de Salud son dispuestos y quemados en tiraderos al aire libre.

8. En el municipio de Tenabo, Campeche, se atienden en promedio 74 pacientes que en su conjunto generan 391 g de RPBI's diarios, de los cuales el 27% corresponde a gasa y algodón, 24% a vidrio, con un peso volumétrico de 64.2 g/m^3 y un índice de generación de 5.28 g/Atención integral al paciente día

9. Aunque la Celda Especial es una obra de Ingeniería Ambiental, debe contar con controles (vigilancia y monitoreo) muy precisos para que funcione adecuadamente.



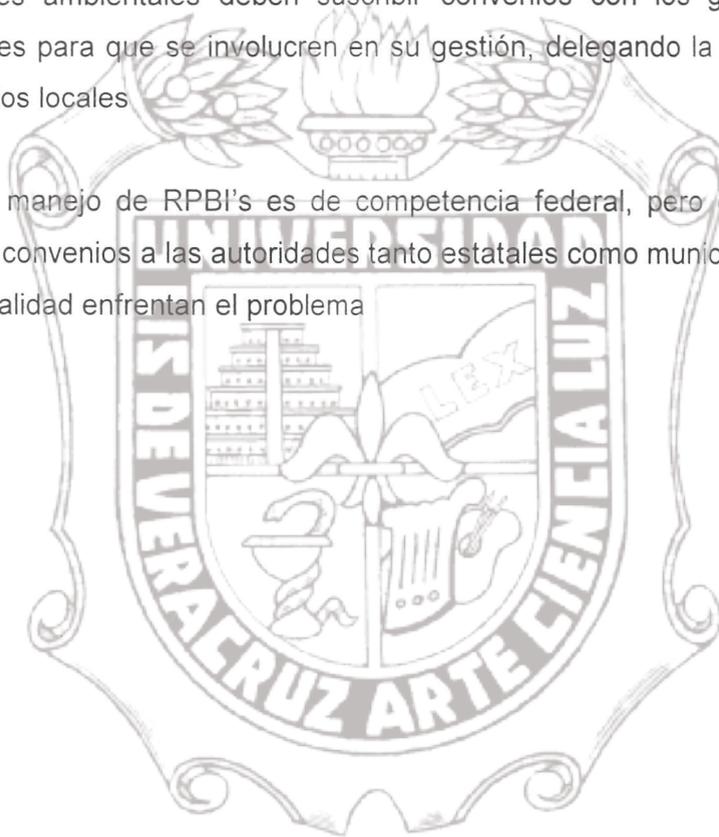


1. Se necesita mas investigación en cuanto a la generación de RPBI's en nuestro país, ya que es muy poca con la que se cuenta actualmente
2. Es conveniente modificar la NOM-087-ECOL-1995, a fin de que se incluyan otros generadores (como los dentistas, las agencias de inhumación, etc)
3. Se sugiere establecer un programa de capacitación para el personal de limpieza, y de formación a los médicos y enfermeros a fin de que puedan manejar adecuadamente los RPBI's.
4. Es recomendable elaborar un plan de contingencias en el caso de un incidente epidemiológico para que los RPBI's que se generen sean manejados y dispuestos de manera adecuada
5. En los mandos medios de los sistemas estatales de salud es indispensable que se cuente con profesionales en Ingeniería Ambiental para que implementen programas de gestión integral acorde a las características de cada lugar
6. Deben de tomarse en cuenta las características propias de cada centro de salud rural para el diseño de un sistema de gestión integral de RPBI's

7 Se requieren de mas estudios de campo a fin de poder caracterizar los residuos generados a nivel local, estatal y nacional

8 Por ser de carácter federal el manejo, tratamiento y disposición de RPBI's, las autoridades ambientales deben suscribir convenios con los gobiernos estatales y municipales para que se involucren en su gestión, delegando la responsabilidad a los funcionarios locales

9 El manejo de RPBI's es de competencia federal, pero debería de involucrar mediante convenios a las autoridades tanto estatales como municipales, ya que son las que en realidad enfrentan el problema





D.T.D.S. 1995. Memorias descriptivas de las bases de Diseño para las celdas de disposición de residuos biomédicos. Bordo Poniente, Dirección General de Servicios Urbanos, México. D.F.

Higuera M. F., Secretaría de Salud del Estado de Sinaloa, 1999. Hospital General de Mazatlán, Control de Residuos Peligrosos en Hospital, <http://www.hospitalgeneral.gob.mx/CONTROL.htm>

INE. 1998, Generación de Residuos Hospitalarios, Estado de Campeche, Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas, Página de INTERNET. <http://www.ine.gob.Mexico>.

INE. 1998, Inventario, Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas, Página de INTERNET. <http://www.ine.gob.Mexico>.

INE. 1998, Marco Legal, Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas, Página de INTERNET. <http://www.ine.gob.Mexico>.

Tesis de Maestría

Susunaga Miranda M. A.

Diseño del Sistema de Manejo y Disposición Final para los RPBI's generados en Centros Rurales de Atención a la Salud, "Caso de estudio: Tenabo, Campeche"

INE. 1998, Norma Oficial Mexicana 087-ECOL-1995, Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas, Página de INTERNET. <http://www.ine.gob.Mexico>.

INEGI 1995 Carta Topográfica 1:50,000 F15D88 Isla de Jaina

INEGI 1995 Carta Topográfica 1:50,000 F15D89 Hecelchakán

INEGI 1995 Carta Topográfica 1:50,000 E15B19 Tinún

INEGI 1995 Carta Topográfica 1:50,000 E15B18 Campeche

INEGI 1995 Carta Hidrológica de Aguas Subterráneas 1:250,000 F15912 Calkiní

INEGI 1995 Carta Edafológica 1:250,000 F15912 Calkiní

INEGI 1995 Carta Hidrológica de Aguas Superficiales 1:250,000 F15912 Calkiní

INEGI 1995 Carta Uso del Suelo y Vegetación 1:250,000 F15912 Calkiní

NOM-052-ECOL-1993, Que establece las Características de los Residuos Peligrosos, el Listado de los Mismos y los Límites que Hacen a un Residuo Peligroso por su Toxicidad al Ambiente

NOM-087-ECOL-1995 Que establece los requisitos para la separación, envasado, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos biológico-infecciosos que se generan en establecimientos que presten atención médica.

NOM-AA-19-1985 Protección al ambiente. Contaminación del suelo Residuos sólidos municipales. *Peso volumétrico In situ*.





C.N.A. 1999, Gerencia Regional de la Península de Yucatán, Sistema de información regional, Diagnóstico de la Región XII Península de Yucatán. Mérida, Yucatán, Mexico

Cross F, Hesketh H., Rykowski K., 1990, Infectious waste management, Lancaster, Pennsylvania, E.E. U.U.

D.D.F. 1996. Manejo de residuos sólidos generados en unidades médicas dependientes de la secretaria de salud, Dirección General de Servicios Urbanos, México. D.F

Díaz-Barriga F. 1996, Los residuos peligrosos en México. Evaluación del riesgo para la salud. Salud Publica, México.

Fitzpatrick E. 1993, Suelos, su formación, clasificación y distribución, CECSA, Mexico, D.F.

González L. G. 1999, Apuntes de Residuos Peligrosos, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Veracruz, México

INEGI. 1998 Cuaderno Estadístico Municipal, Tenabo Estado de Campeche, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, Aguascalientes, Ags. México.

Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Campeche.

1999, Disquete proporcionado por el Ing. Pablo Kuk May, Jefe del Departamento de Protección Ambiental de la Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de Campeche.

Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente 1998 Dirección

General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas, Página de INTERNET.
<http://www.ine.gob.Mexico>.

Monge, G, 1997, Manejo de Residuos en Centros de Atención a la Salud, CEPIS/OPS; Lima, Perú.

Sales G., C. 1991, Campeche, Apuntes Económicos y Sociales. Campeche, Campeche, México

Sánchez G. J; Semadeni M. I; Rodríguez V. M; 1998, El Manejo de los Residuos Generados por los Servicios de Salud (Situación Actual, Problemática y Consideraciones Para Su Control). Asociación Mexicana para el Control de Residuos Sólidos y Peligrosos, México. D.F.

Sánchez G. J, 1994, Introducción al módulo de Control de los Residuos Sólidos y Peligrosos, Diplomado en Tecnología y Administración Ambiental. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (Campus Estado de México), México D.F

Sánchez G. J, 1996, Estaciones de Transferencia de Residuos Sólidos en áreas urbanas. Asociación Mexicana para el Control de Residuos Sólidos y Peligrosos, México. D.F.

Tesis de Maestría

Susunaga Miranda M. A.

Diseño del Sistema de Manejo y Disposición Final para los RPBI's generados en Centros Rurales de Atención a la Salud, "Caso de estudio: Tenabo, Campeche"

Sánchez G. J; Semadeni M. I; Rodríguez V. M; 1998, Impacto Ambiental en rellenos sanitarios. Asociación Mexicana para el Control de Residuos Sólidos y Peligrosos, México. D.F.

SSA; 1995, Sistemas Locales de Información, Carpeta Básica de Información CSRP Tenabo, Tenabo, Campeche, México.



DEDICATORIAS

A mi madre:

Profra. Elsa Mireya Miranda López.

Por darme esta nueva oportunidad.

A mi tía

Dra. Irma Leticia Miranda López

Directora del Centro de Salud Urbano de Lerma, Campeche

Por ayudarme con sus conocimientos.

A mis hermanas:

Irma Florencia

Yaremi Leticia

Por su cariño

A mi sobrina:

Rebeca

Al Municipio de Tenabo, Campeche.

Mis orígenes, mi lugar

A mi compañera y amiga

Ing. Berta María Estévez Garrido

AGRADECIMIENTOS.

- A la M.I Gloria Inés González López por la dirección de la tesis
- A mis sinodales: M.C. Ida Soto Rodríguez y Dra. Asunción Usón Murillo, por sus valiosas y atinadas observaciones
- A la Jurisdicción Sanitaria No. 1 del Estado de Campeche.
- Al Dr. Luis López Velásquez Director del Centro de Salud Rural de Tenabo, Campeche
- Al personal médico, paramédico y de intendencia del Centro de Salud Rural de Tenabo, de la Unidad de Atención a la Salud de Tinún, de la Unidad de Medicina Familiar del ISSSTE y del IMSS Solidaridad de Emiliano Zapata.
- A las autoridades del municipio de Tenabo, Campeche.
- A mis amigos: Evelia, Carlos, Pancho, Pablo, Marco por la ayuda desinteresada en los muestreos y recorridos

