

Universidad Central Marta Abreu de Las Villas
Facultad de Química Farmacia
Departamento de Ingeniería Química



*TESIS PRESENTADA PARA OPTAR POR LA CATEGORÍA
MASTER en Ingeniería en Saneamiento Ambiental*

Título: ANALISIS AL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE LOS
RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN ISABELA DESAGUA.

Autor: Lic. Mariurquis Almarales Ríos.

Tutor: Dr. C Ronaldo Santos Herrero.

Consultante: M Sc. Teresa M Cárdenas Ferrer.

Sagua La Grande, 24 de Septiembre del 2013

Pensamiento

“Los hombres deben aprenderlo todo por sí mismos, y no creer sin preguntar ni hablar sin entender, ni pensar como esclavos como les manda pensar otros”.

José Martí

Agradecimientos

A mis tutores, por dedicar gran parte de su tiempo para criticar de manera constructiva este trabajo y brindar su experiencia para lograr la culminación del mismo.

A mi esposo y mis hijas por toda la ayuda y apoyo brindado.

A todos los que me dieron su apoyo para la realización de este trabajo

A todos,

¡MUCHAS GRACIAS!

Dedicatoria

❖ *A mi madre, que con su dedicación me supo inspirar.*

❖ *A mi esposo y mis hijas por ser la razón de mi existencia*

❖ *A mi profesor, Dr. Ronaldo Santos Herrero por su paciencia y dedicación.*

Índice

Página

Introducción	1
CAPITULO 1: MARCO TEÓRICO – REFERENCIAL DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.1. Situación de los residuos sólidos urbanos (R.S.U) en el mundo	4
1.1.1. Producción de R.S.U	6
1.1.2. Características de los residuales sólidos.	7
1.1.3. Clasificación de los residuos sólidos.	9
1.1.3.1. Según estructura química	10
1.1.3.2. Económica	11
1.1.3.3. Jurídica	11
1.2. Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos en el Mundo	11
1.3. Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos en Cuba	19
1.3.3. Marco Legislativo vigente en Cuba	20
1.3.4. Características Físico – Químicas de los Residuales Sólidos Urbanos en Cuba	22
1.3.5. Manejo de los residuales sólidos urbanos en Cuba	22
1.3.5.1. Almacenamiento de residuos sólidos	23
1.3.5.2. Recogida y transportación	23
1.3.5.3. Disposición final	25
1.4. Análisis del Ciclo de Vida (ACV)	26
1.4.1. Definición del Objetivo y Alcance del ACV	27
1.4.2. Análisis de Inventario de Ciclo de Vida	27
1.4.3. Evaluación del impacto del ciclo de vida	27
1.4.4. Evaluación de mejoras o Interpretación	27
1.4.5. Eco-indicadores para realizar el ACV	28
1.4.6. Antecedentes de aplicación del ACV en la gestión de residuos	28
1.5. Contaminación costera marina	30
1.5.1. Efectos de la basura marina hacia la fauna salvaje	32
Conclusiones parciales	34
CAPÍTULO 2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN LA LOCALIDAD DE ISABELA DE SAGUA	23
2.1. Caracterización Económico-Geográfica de Sagua La Grande	23
2.2. Caracterización de la entidad responsable del objeto de estudio	37
2.3. Caracterización de la Gestión de los R.S.U en Isabela de Sagua	41
2.3.1. Características Físicas de los Residuales Sólidos Urbanos.	22
2.3.2. Caracterización del servicio de barrido	23
2.3.2.1. Limpieza de calles	23
2.3.2.2. Forma y procedimiento del barrido	24
Principales deficiencias detectadas en la actividad de barrido	44
2.3.3. Caracterización del Servicio de Recogida	25
2.3.4. Almacenamiento	25
2.3.5. Recolección	46
Principales deficiencias en la actividad de Recogida:	45
2.3.6. Caracterización del Servicio de Transportación	47
Principales deficiencias en el Servicio de Transportación	48
2.3.7. Disposición final	48

Condiciones Sanitarias del lugar de disposición final	49
2.3.7.1 Análisis de la generación de gases en el vertedero de Isabela de Sagua	50.
2.3.7.2. Disposición de los Residuos Sólidos Peligrosos	301
Principales deficiencias en la actividad de disposición final... ..	51
2.4 Análisis de Ciclo de vida al actual sistema de gestión del poblado costero de Isabela de Sagua... ..	51
Conclusiones Parciales	37
CAPÍTULO 3. PROPUESTA DE SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUALES SÓLIDOS URBANOS EN ISABELA DE SAGUA.....	38
3.1.1. Aspectos de salud.....	38
3.1.2. Aspectos de costo.....	38
3.1.3. Datos Básicos	39
3.1.4. Información complementaria	39
3.1.5. Problemas especiales	40
3.1.6. Control.....	40
3.1.7. Legalidad	41
3.1.8. Sistema de planeación	41
3.1.9. Actores	41
3.2 Componentes de la Propuesta.....	42
3.2.1. Generación.....	42
3.2.2. Recolección, Manipulación y separación de los RSU en el origen.	43
3.2.2.1. Barrido de calles y espacios públicos	43
3.2.2.2. Recolección mixta	43
3.2.2.3. Agencias de recolección	44
3.2.2.4. Métodos de recolección	44
3.2.2.5 Frecuencia de la recolección	60
3.2.2.6 Horario de Recolección... ..	60
3.2.2.6.1 Tipo, tamaño y material de los contenedores... ..	61
3.2.3 Almacenamiento y transporte... ..	61
3.2.3.1 Diseño de rutas... ..	61
3.3 Evaluación de las alternativas de Tratamiento y/o disposición de los residuos sólidos... ..	62
3.3.1 Estudio de Micro localización para ubicar el relleno sanitario	68
3.3.1.1 Localización general del sitio... ..	68
3.3.1.2 Condiciones del sitio para relleno sanitario... ..	68
3.3.1.3 Ubicación... ..	69
3.4 Análisis de los costos... ..	69
Conclusiones parciales... ..	76
CONCLUSIONES	78
RECOMENDACIONES	79

Resumen

La generación de los residuos sólidos urbanos (RSU) y su manejo adecuado es un desafío para cualquier sociedad y su influencia negativa sobre su entorno crea la necesidad de su tratamiento ambiental y socialmente adecuados.

El presente trabajo brinda una descripción de los procedimientos seguidos en el manejo de los RSU de Isabela de Sagua, una localidad costera perteneciente al municipio de Sagua la Grande. Se incluye un diagnóstico de la situación actual de la gestión de los residuos sólidos en esta localidad, incluyendo aspectos de generación, manipulación, recolección, transporte, tratamiento y disposición final, destacándose las principales deficiencias. Se realiza el análisis del ciclo de vida al sistema de gestión actual, determinándose las categorías de impacto de mayor significación así como las categorías de daño existentes. Para la evaluación de los impactos ambientales se utilizó el software profesional SimaPro 7.1 creado por Pré Consultant, mediante el Ecoindicador 99, obteniéndose el perfil ambiental del sistema implementado en la actualidad en Isabela de Sagua. Se realiza una caracterización de la producción de desechos y se evalúan varias alternativas para lograr una correcta gestión de estos residuos, encontrando como las más idóneas la clasificación en el origen y el empleo del relleno sanitario considerando el cambio de la ubicación del vertedero actual.

Palabras claves: Residuos Sólidos Urbanos, Análisis de Ciclo de Vida, Sistemas de Gestión.

Introducción.

El crecimiento poblacional, así como el desarrollo industrial, la urbanización y otros procesos y efectos del desarrollo experimentado por las ciudades en todo el mundo, vienen produciendo un incremento considerable en la cantidad y variedad de los residuos sólidos generados en las actividades desarrolladas por el hombre. Los problemas ocasionados por un inadecuado manejo de estos residuos están afectando, tanto a las grandes ciudades y sus zonas marginales, como a las pequeñas poblaciones rurales.

La cantidad de basura generada es función directa del tamaño, tasa de crecimiento y nivel de ingreso de la población, de los patrones de consumo, del tipo y cantidad de los recursos económicos y tecnológicos con que se cuente para manejarla, reciclarla, tratarla y aprovecharla, así como de las capacidades de gestión institucional y/o de su nivel de eficiencia.

Los RSU deben ser objeto de control sanitario para evitar afectaciones al ecosistema y a la salud humana, al suelo, las aguas (superficiales y subterráneas), además de prevenir la procreación de vectores causantes de enfermedades.

Debe prestarse especial atención a la deposición de los residuales sólidos urbanos que contienen pequeñas cantidades de residuos peligrosos procedentes de diversas fuentes, entendiéndose por desechos peligrosos, aquellos desechos o combinación de ellos que representan un peligro sustancial o potencial para los seres humanos u otros organismos vivos debido a que pueden ser letales, pueden originar efectos acumulativos, pueden incrementarse por vía biológica y no pueden degradarse.

Los impactos ambientales en los vertederos son productos de la degradación de la materia orgánica presente en los RSU y que es dispuesta de forma mezclada. Como consecuencia de la descomposición de la misma por los microorganismos, ocurre el escurrimiento de los lixiviados responsables del arrastre de componentes orgánicos no estabilizados a las aguas superficiales y subterráneas, además de la generación de metano y dióxido de carbono causantes del efecto invernadero. Además, puede contribuirse a la destrucción de la capa de ozono (por la presencia de hidrocarburos orgánicos volátiles clorados y fluorados) y generar molestias locales por malos olores. Por otro lado, las altas temperaturas y el calor puede provocar incendios por la combustión espontánea de los residuos dispuestos.

Para mitigar estos efectos, a mediados del siglo pasado comenzaron a establecerse medidas de protección y control. Estas medidas han ido extendiéndose junto con la conciencia ambiental en las sociedades más desarrolladas, hasta plasmarse recientemente en una extensa normativa sobre gestión de los residuos.

Las nuevas políticas en el sistema de gestión de los residuos sólidos en países industrializados, dan prioridad a cualquier tipo de aprovechamiento, minimizando la disposición en los rellenos sanitarios. Todo lo contrario ocurre en los países más pobres, donde la disposición final de los RSU en Vertederos a Cielo Abierto es el único tratamiento que reciben.

El poblado de Isabela de Sagua presenta una problemática seria con esta situación ya que los residuos sólidos no son correctamente manejados al no existir una política clara y con un control estricto de las normas y procedimientos empleados por los pobladores a la hora de recoger, transportar, disponer y tratar los residuos, encontrando personas que los vierten directamente a las aguas marinas, ocasionando significativos daños al ecosistema, otras que los disponen en cualquier sitio constituyendo microvertederos que impactan sobre diversos factores ambientales como el suelo, el aire y el paisaje, causando perjuicios además a los mismos pobladores debido a la aparición de desagradables olores y convirtiéndose en focos potenciales para el origen y dispersión de enfermedades. Además, en esta localidad se encuentra un policlínico cuyos residuos sólidos no son tampoco manejados incumpliendo las normas dispuestas para este fin. Es por ello que se realiza el presente trabajo que pretende dar respuesta al **problema científico** siguiente:

La generación de residuos sólidos en Isabela de Sagua y su sistema de gestión constituye un problema ambiental que no ha sido suficientemente estudiado, desconociéndose cuantitativamente los daños al ecosistema, los recursos y la salud que los mismos provocan.

El **objetivo general** de la investigación es Analizar la situación actual de la gestión de los Residuos Sólidos Urbanos en la localidad de Isabela de Sagua.

Hipótesis

El Análisis de Ciclo de Vida del sistema de gestión actual de los residuos sólidos urbanos en la localidad de Isabela de Sagua, así como la caracterización de los

residuos generados, permitirá cuantificar el impacto ambiental y proponer alternativas de tratamientos.

Los **objetivos específicos** de la investigación son:

1. Diagnosticar la situación actual del sistema de gestión de los residuos sólidos en Isabela de Sagua.
2. Evaluar el impacto ambiental usando la metodología del Análisis de Ciclo de Vida auxiliándose del software SIMAPRO 7.1.
3. Evaluar alternativas para lograr una correcta disposición/ tratamiento de los residuos sólidos generados.
4. Diseñar un sistema de gestión integral para los residuos sólidos de esta localidad.

Para materializar dichos objetivos la investigación se estructuró en tres capítulos:

Capítulo 1: Marco teórico – referencial de la investigación.

Capítulo 2: Diagnóstico del actual sistema de gestión de los Residuos Sólidos Urbanos en Isabela de Sagua.

Capítulo 3: Propuesta de un sistema de gestión integral para los residuos sólidos urbanos de esta localidad.

CAPITULO 1: MARCO TEÓRICO – REFERENCIAL DE LA INVESTIGACIÓN

En este capítulo se muestran los resultados de una exhaustiva revisión bibliográfica donde se estudian los temas relacionados con la temática de investigación.

1.1. Situación de los residuos sólidos urbanos en el mundo.

Desde la aparición del hombre en la tierra éste ha venido utilizando los materiales que obtiene del medio que le rodea para satisfacer sus necesidades siempre crecientes, y como resultado de los procesos de producción y consumo ha generado grandes volúmenes de desechos. Los recursos naturales extraídos de los bosques, minas, pozos, mantos acuíferos y la tierra misma se convertirían en productos útiles, basura, desperdicios o desechos. Hay objetos o materiales que son residuos en determinadas situaciones, mientras que en otras se aprovechan [Bocalandro, Frid, Socolovsky, 2001]. Con el desarrollo social, los avances tecnológicos e incremento de la densidad demográfica y la creación de grandes ciudades, aumentó la generación de desperdicios, cuyo manejo representa un problema básicamente urbano y se siguen eliminando por el sistema del vertido. En los años cincuenta y sesenta del siglo pasado se comprobó las graves repercusiones para la higiene y la salud de las personas y los importantes impactos negativos sobre el ambiente que este sistema de eliminación de residuos tiene. Paralelamente a lo anterior la cantidad de todo tipo de residuos ha ido aumentando de forma acelerada y se ha hecho evidente la necesidad de tratarlos adecuadamente para poder disminuir sus efectos negativos.

La disposición ineficiente de residuos sólidos y sin basamento científico alguno acarrearía no sólo dificultades de acumulación excesiva, estrechamente relacionada con el deterioro ambiental y de la salud humana, sino que conllevaría también a la pérdida de recursos potenciales a través de la recuperación de materias primas y energía, por lo que las organizaciones Mundial y Panamericana de la Salud [OMS/OPS, 2004] establecen que el manejo de los residuos debe contemplar la minimización de su generación, así como un adecuado reciclaje, recolección, tratamiento y disposición final. Para lograr esto, cada país y cada ciudad conjugarán estas áreas en sus programas según sus condiciones locales y a sus capacidades económicas, para lograr las metas a corto y mediano plazo fijadas en la Conferencia de Naciones realizada en Basilea en el año 1992.

La generación desmedida de los desechos sólidos, es uno de los grandes problemas que enfrenta la humanidad. Como causas del considerable aumento de la producción de RSU en los últimos años cabe mencionar el desarrollo industrial, las aglomeraciones en torno a las ciudades e incluso, en algunos casos, el desarrollo desproporcionado de algunos municipios rurales.

La producción de residuos sólidos es predecible y se calcula mediante la siguiente ecuación, (Web. Residuos Sólidos. Acceso 30/01/09):

$$P_R = \frac{N_v \times N_j \times C_p \times D_n}{\text{POBLACIÓN}}$$

Donde:

P_R = Producción total de Residuos Sólidos por día.

N_v = Número de vehículos en operación.

N_j = Número de viajes por vehículos.

C_p = Capacidad útil estimada por vehículos (m^3).

D_n = Densidad de los residuos en el vehículo. (Kg / m^3)

La falta de un servicio adecuado de recolección de los RSU ocasiona las acumulaciones sin control de la basura que aparecen por ciudades, campos, cunetas de las carreteras y zonas de parqueos (humedales, lugares de recreo, etc.)

La producción, recolección, transporte y eliminación de las basuras no debería constituir problemas en ningún país, pues existen técnicas adecuadas para resolver cualquier situación que se plantee en esta materia, dando la posibilidad a los organismos correspondientes de prever los recursos que se necesitan para una buena gestión de los RSU.

Sin embargo la escasez de recursos económicos en la mayoría de los municipios impide adoptar las soluciones más adecuadas (Collazos H & Duquer R, 2001), (López Garrido, 1982, Miller Tyler G, 1994), (Unda Opazo Francisco, 1998), (<http://habitat.aq.upm.es/cs/p3/a014.html>, 1997, (Bocalandro N, 2001). <http://www.ecouncil.ac.cr>, 2004).

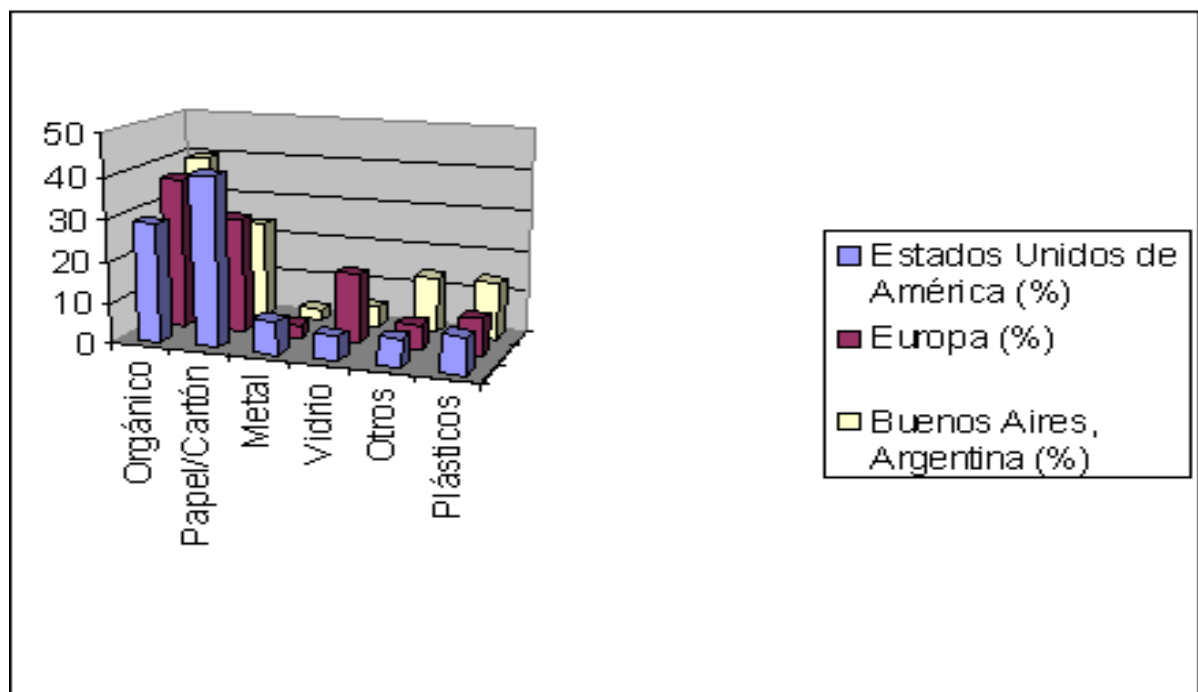
Actualmente la composición de los residuos sólidos varía sustancialmente entre las diferentes regiones; factores nacionales y regionales contribuyen a determinar la

composición de los RSU. El gráfico 1 (OPS, 2002) y tabla 1 (OPS, 2005) muestran la composición de RSU en algunas partes del mundo. En los EE.UU., el mayor porcentaje de los RSU fueron: 41% de papel/cartón; 29% orgánico, el 30% restante, más de la mitad compuesto por metal y plásticos, con un 17%, los sanitarios (u otros) el 7% y vidrio el 6%.

En Europa el mayor porcentaje de los RSU fue: 37% orgánicos; 28% papel/cartón; 17% vidrio y 9% plásticos. Esto es opuesto a lo que ocurre en EE.UU. y Argentina, donde existen más residuos plásticos que vidrio, y los sanitarios y metal, con 6% y 3% respectivamente.

En Buenos Aires, capital de la Argentina los RSU se dividen en: 40% orgánicos; 24% papel/cartón; del 36% restante más de tres cuartas partes corresponden a la suma de plásticos y sanitarios, con 14% de cada uno, en el menor porcentaje están vidrio con 5% y metal 3%, lo cual explica el alto porcentaje de empleo del tiradero a cielo abierto.

Gráfico 1. Composición de los residuos sólidos en algunas regiones del mundo



Fuente: United States Environmental Protection Agency, European Environmental Agency, Coordinación ecológica del área metropolitana sociedad del estado, Gobierno de la ciudad de Buenos Aires.(2001)

1.1.1. Producción de R.S.U.

Los residuos tienen diversas fuentes. Muchos se generan durante los procesos de transformación de las materias primas, a través de los procesos de producción. En el

ámbito urbano, la acumulación de residuos sólidos es una consecuencia directa de la vida. La temprana obsolescencia planificada de gran variedad de artículos de uso normal produce una gran cantidad de desechos debido a que su reparación es muchas veces más costosas que la adquisición de otro nuevo y el tiempo de vida útil se acorta. El carácter “desechables” de una gran cantidad de productos, forma parte del carácter consumista de la población de los países desarrollados, en cambio en países del continente latinoamericano prevalece el residual de orgánico putrescible, con un promedio de 55,72 kg. (Tabla 1)

Por tanto queda claro que la cantidad y composición de los residuos sólidos está en función del desarrollo de la sociedad, de sus avances técnicos y científicos, y del crecimiento de la población en núcleos cada vez más complejos como ocurre con la transformación de las aldeas en grandes metrópolis.

Tabla 1. Composición de los Residuos Sólidos municipales en países seleccionados de América Latina y el Caribe.

País/Ciudad	Cartón y Papel (kg)	Metal (kg)	Vidrio (kg)	Textiles (kg)	Plásticos (kg)	Orgánicos Putrescibles (kg)	Otros e inertes (kg)
Barbados	20.0	...	...	...	9.0	59.0	12.0
Belice	5.0	5.0	5.0	...	5.0	60.0	20.0
Costa Rica	20.7	2.1	2.3	4.1	17.7	49.8	3.3
Perú	7.5	2.3	3.4	1.5	4.3	54.5	25.9
Caracas	22.3	2.9	4.5	4.1	11.7	41.3	11.2
Asunción	10.2	1.3	3.5	1.2	4.2	58.2	19.9
Guatemala	13.9	1.8	3.2	0.9	8.1	63.3	8.8
México DF	20.9	3.1	7.6	4.5	8.4	44.0	11.5
Promedio	14,46	2,13	3,69	1,81	8,10	55,72	14,46

Fuente: Informe de la Evaluación Regional de los Servicios de Manejo de Residuos Sólidos. OPS.2005

1.1.2. Características de los residuales sólidos.

Entre las características de los residuales sólidos, hay cuatro muy importantes: la composición, densidad, contenido de humedad y el valor calórico de los residuos.

(Web: Residuos Sólidos. Acceso 30/01/09.

<http://www.fortunecity.es/expertos/profesor/171/residuos.html>)

- Composición

Los residuales sólidos están compuestos por:

Materiales inertes: metales, vidrios, cerámicas, arena, cenizas, escorias, escombros provenientes de reparaciones y construcciones, piedras, polvo, etc.

Materiales fermentables: materia orgánica putrescible (pan, pescado, pajas, restos de alimentos, etc.)

Materiales combustibles: Componentes combustibles a excepción de la materia orgánica, papel, cartón, lana, tejidos, gomas, piel, plásticos, cueros, etc.

- Densidad: Debido al carácter heterogéneo de los distintos componentes de los residuos sólidos, la densidad se estima entre 110 y 200 kg/m³. En general se acepta que la densidad es siempre menor en barrios céntricos (donde las oficinas y comercios alternan con las viviendas), mientras que crece en zonas de la periferia, donde predominan las viviendas. La densidad varía inversamente al nivel de vida, presentando los barrios residenciales las densidades más bajas.

- Contenido de Humedad: El porcentaje de agua que presentan los residuales sólidos depende de factores como son la cantidad de materia, la climatología de la región y la procedencia. De forma general se evalúa el contenido de humedad de una muestra de residuales sólidos a partir de la siguiente relación:

$$\text{Humedad} = \frac{\text{Peso}_{\text{inicial}} - \text{Peso}_{\text{Final}}}{\text{Peso}_{\text{inicial}}} \cdot 100$$

Donde,

Si el denominador es Peso inicial, se habla de humedad en base húmeda.

Si el denominador es Peso final, se habla de humedad en base seca.

- Valor calórico: El parámetro más importante cuando se evalúa la posibilidad de tratar los residuales sólidos por incineración es el valor o poder calórico y se define como la cantidad de calor que puede entregar un cuerpo, midiéndose en unidades de energía por masa, [cal/gr], [Kcal/kg], [BTU/lb] y utilizando un calorímetro.

El contenido energético aumenta cuando se incrementa la cantidad de papel, cartón y plásticos, entre otros, y disminuye cuando aumenta el contenido de humedad. Por esta razón es de gran importancia conocer el contenido de humedad de un residual sólido.

También se puede conocer a través de un cálculo teórico, el cual busca en la bibliografía valores típicos de poder calórico (PC) por componentes y se combina con el conocimiento de la composición de los residuos.

$$PC = n_0 PC_0 + n_1 PC_1 + \dots + n_n PC_n$$

Donde:

PC = Poder calórico

PC_i = Poder calórico de i

n_i = Porcentaje en peso del componente

Atendiendo a todos estos parámetros se puede afirmar que los residuos sólidos de los países desarrollados se caracterizan por un poder calórico elevado por el alto contenido de cartón y plásticos, mientras que en los países pobres, predominan los residuos de origen orgánico.

1.1.3. Clasificación de los residuos sólidos.

Los residuos han sido clasificados de diversas maneras. Estructuralmente mantienen ciertas características desde su origen hasta su disposición final. Los diferentes usos de los materiales, su biodegradabilidad, combustibilidad, reciclabilidad, etc., juegan un papel importante en la percepción de quien los clasifica, presentándose algunas discrepancias, entre una u otra clasificación entre los autores. Carra, J y Cossu, R.(1990), (<http://www.bvsde.ops-oms.org>, 2005)), y Collazos Héctor P, (1999), clasifican los residuos en desechos domésticos y comerciales, médicos quirúrgicos y veterinarios, industriales, de minas y canteras, agrícolas y pecuarios, de la construcción, lodos provenientes de tanques sépticos, restos de vehículos automotores y chatarra y radioactivos, y dentro de la composición física ellos mezcla , el papel con el cartón, el plástico con el caucho.

Por su parte (Tchobanglous George, 2000), (Lund Herbert, 1996), (Merizalde Hoyos Juan C, 2003), (Miller Tyler G, 1994), (<http://www.codeico.com> , 2003), (Whiting, K.J. 1997), dentro de sus clasificaciones aparte de los que mencionan los anteriores autores, no mezclan los residuos domésticos con los comerciales, e incluyen en su

clasificación los residuos institucionales, los servicios municipales, y los de planta de tratamiento (incineradoras), y en su composición física no combina el papel con el cartón, ni el cuero con el caucho y vincula los residuos de jardín, aluminio. Sin embargo (Orozco Álvaro, 1999), (Kikiewicz, Z, y Mrozinski, A., 1999), (Larraz Pedro, 1995), los clasifican por estado (sólidos, líquidos y gaseosos), por origen (municipales, industriales, mineros y hospitalarios) y por tipo de manejo (peligroso, inerte y no peligroso, y dentro de su clasificación incluye huesos.

Según la pág. Web Disposición de residuos sólidos <http://media.payson.tulane.edu:8083/html/env/envsp/Vol139.htm#1> define que “Los residuos sólidos son bienes muebles de los cuales su propietario desea desprenderse (concepto subjetivo de residuo sólido) o cuya disposición ordenada es obligada para conservar el bienestar de la comunidad, en especial para la protección del medio ambiente (concepto objetivo de residuo sólido).

1.1.3.1. Según estructura química.

Tratando de respetar la estructura química, el origen y destino final potencial de los residuos, los residuos sólidos se pueden clasificar en:

a). **Residuos sólidos orgánicos.** Son los residuos biodegradables y se ha determinado que más de la mitad de la basura es orgánica, esto es, desperdicios agrícolas y de comida, provenientes de hogares, parques y jardines o bien, de industrias alimentarias, así que una reducción en la producción de estos desechos tendrá una repercusión importante en el balance total.

b). **Residuos sólidos inorgánicos.** Residuos no biodegradables e incombustibles que provienen generalmente de la extracción, procesamiento o utilización de los recursos minerales: residuos de construcción y demolición de edificios, tierras, escombros, etc.

c). **Residuos sólidos peligrosos.** Residuos orgánicos o inertes que por sus características físicas, químicas o biológicas no pueden ser acoplados a procesos de recuperación o transformación, sino que deben tratarse para su incineración o confinamiento controlado.

Hay casos en que los desechos en si constituyen un serio riesgo, como ciertos residuos industriales u hospitalarios, pero en general son peligrosos por servir de alimento a vectores que transmiten enfermedades: moscas, cucarachas, roedores, entre otros.

1.1.3.2. Desde el punto de vista Económico

Rodríguez Alejandro A plantea que un residuo puede considerarse un objeto cuyo valor es nulo o negativo para su poseedor en un momento dado. Por lo tanto para desprenderse el poseedor deberá pagar a alguien o hacer él mismo el trabajo. Por contraposición puede exigir una posibilidad de considerar ese objeto de forma general como un bien, cuyo valor económico es positivo, esto quiere decir que quien lo adquiere debe pagar por ello.

1.1.3.3. Desde el punto de vista Jurídico

Jurídicamente la NC 133 / 2002 plantea que es “Conjunto de materiales sólidos de origen orgánico e inorgánico que no tienen utilidad práctica para la actividad que lo produce, siendo procedente de las actividades domésticas, comerciales, industriales y de todo tipo que se produzcan en una comunidad, con la sola excepción de las excretas humanas”. Por lo tanto se define como residuos sólidos urbanos los producidos en núcleos urbanos que abarcan las siguientes actividades:

- Domiciliarias: Residuos procedentes de viviendas
- Comerciales y de servicios: Residuos procedentes de actividades comerciales e industriales asimilables a las domiciliarias
- Residuos sanitarios: Derivados de actividades hospitalarias, clínicas y ambulatorios de análisis clínicos, consultorios médicos de la familia, etc.
- Residuos procedentes de la limpieza urbana, áreas verdes y recreativas
- Residuos de construcción y demolición: Procedentes de obras menores.

1.2. Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos en el Mundo

Las organizaciones Mundial y Panamericana de la Salud [O M S/O P S, 2004] establecen que el manejo de los residuos debe contemplar la minimización de su generación, así como un adecuado reciclaje, recolección, tratamiento y disposición final. Para lograr esto, cada país y cada ciudad conjugarán estas áreas en sus programas de acuerdo a sus condiciones locales y a sus capacidades económicas. De acuerdo con las metas a corto y mediano plazo fijadas en la Conferencia de Naciones realizada en Basilea en el año 1992, los países en desarrollo tendrán que establecer sus capacidades para monitorear las cuatro áreas temáticas mencionadas anteriormente y a la vez, para crear programas nacionales con metas propias para cada una de ellas.

La minimización de residuos sólidos genera una cantidad de ventajas que tenemos que tomar en cuenta:

- Cada vez que reducimos, reusamos y reciclamos se disminuye la cantidad de residuos que se disponen en los rellenos sanitarios, lo cual permite proteger el suelo, el aire y el agua.
- Conforme aumenta la población en las ciudades, también aumenta la generación de residuos, lo cual demanda más áreas para la etapa de disposición final (rellenos sanitarios), por lo que la minimización aumenta la vida útil de los rellenos sanitarios.
- Con un programa de segregación de residuos sólidos en la fuente e incorporando al sector de segregadores como parte del sistema integral de manejo de residuos en la etapa de recolección selectiva, se disminuyen los volúmenes de residuos sólidos recolectados, transportados y dispuestos en el relleno sanitario por la municipalidad y por ende disminuye el gasto municipal.
- Se genera materia prima de calidad a menor costo, ahorrando recursos naturales y energía. Cada vez que se elaboren productos con materiales segregados se ahorra energía y recursos naturales como agua, combustibles, árboles, minerales, etc.
- Promueve la participación ciudadana en las campañas de sensibilización y de forma directa en la implementación del Programa de segregación en la fuente, consiguiéndose de esta manera consumidores ambiental y socialmente responsables.
- La segregación de los residuos sólidos es una estrategia técnica reconocida internacionalmente como parte de la filosofía de minimización de residuos.

Para que esta estrategia realmente sea efectiva, eficiente y sostenible su aplicación debe realizarse en el punto o fuente de generación.

- La segregación contribuye a que se generen menos residuos y sobre todo su peligrosidad. Este aspecto es clave en el manejo de los residuos sólidos, es decir, que al minimizar su peligrosidad en el punto de generación se está contribuyendo con reducir los riesgos sanitarios en las etapas posteriores: recolección, transporte, tratamiento y disposición final. Además, permite asegurar la recuperación de los residuos sólidos en forma eficiente, haciendo participar a la población directamente, y sobre todo generando una cultura ambiental.

Tchobanoglous(1993), Ramírez Carlos(2007) definen la Gestión de residuos sólidos urbanos como: "El control de la generación, almacenamiento, recolección,

transferencia, transporte, procesamiento y disposición de los desechos de manera acorde con los mejores principios de la salud pública, la economía, la ingeniería, la preservación, la estética, y otras consideraciones Medioambientales”

Por su parte Skinner J.(2004) sobre Gestión Integral de los Desechos Sólidos admite que:

“La mayoría de los profesionales en el manejo de desechos sólidos admiten que no hay una única o simple solución para los problemas de los desechos sólidos. En cambio la gestión integrada es necesaria combinando los elementos de varias técnicas. El manejo integral de desechos sólidos es una estrategia amplia que involucra 4 elementos principales (claves) aplicados de una manera integrada:

1. Reducción del volumen y toxicidad de los desechos sólidos que son generados.
2. Reciclaje y reutilización de los desechos hasta límites factibles.
3. Recuperación de energía de los desechos sobrantes por medio de sistemas de combustión equipados con las mejores tecnologías de control de contaminación disponible.
4. Utilización de basureros con controles medio ambientales adecuados.

La gestión de los RSU se puede considerar como un sistema, es decir, un conjunto de elementos interrelacionados en un entorno determinado que actúan juntos para lograr un objetivo: la gestión óptima de aquellos. Los elementos que configuran dicho sistema se pueden dividir en seis (6) elementos funcionales relacionados (Figura 1):

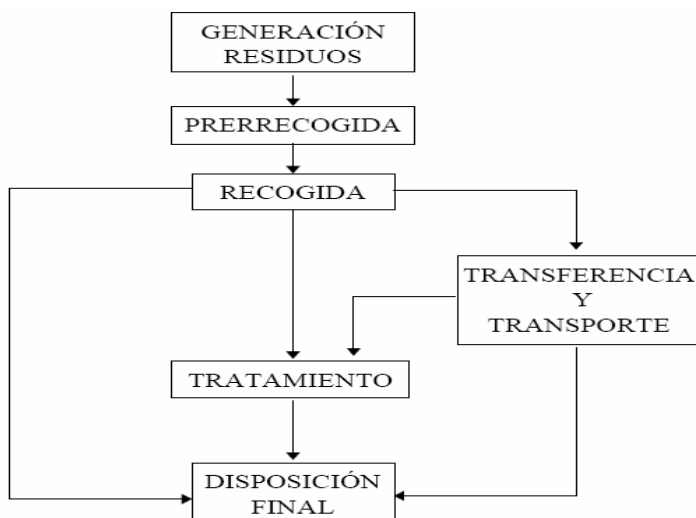


Figura 1. Esquema general del sistema de gestión de los RSU. (Gallardo, 2005)

Según plantea Castillo E. (2007) las fases para un Manejo integral de desechos sólidos son las que se muestran en la siguiente figura 2.

Figura 2. Fases, principios y componentes del manejo integral de desechos sólidos



En cambio según Schleenstein Gerhard (2003), un buen sistema de la gestión está dado por:

1. Generación de los R.S.U
2. Manipulación, Almacenamiento y Procesamiento de Residuos en el Origen
3. Recolección
4. Separación, Procesamiento y Transformación
5. Vertido

No obstante para propósitos de planeación, es conveniente considerar el proceso como un todo consistente en las siguientes 5 actividades básicas o etapas:

1. Generación
2. Recolección, manipulación y separación de los residuos en origen
 - a. Reducción
 - b. Reutilización
3. Almacenamiento y transporte
4. Transformación y procesamiento
5. Disposición final

Luego de evaluadas las diferentes alternativas que implican un buen manejo de los residuos, la mejor implica reducir desde la fuente, recoger y transportar

adecuadamente, reciclar, reutilizar, transformar y/o destruir térmica o biológicamente y disponer finalmente en rellenos sanitarios.

Aunque cada alternativa califica por separado, la mejor alternativa es la aplicación de todas en un sistema integral de manejo de residuales sólidos, con las siguientes consideraciones:

Reducción: Implica reducir la cantidad de residuos producidos desde la misma fuente de generación. Con base en una concepción preventiva, la reducción de desechos busca disminuir la cantidad de desperdicios en general y controlar el tipo de materiales en ellos contenidos.

Recogida y transportación:

La recolección de residuos según la Enciclopedia (2005) es, en términos generales, la manipulación de los residuos sólidos desde su almacenamiento en la fuente generadora hasta el vehículo recolector y luego su traslado hasta el sitio de disposición final o hasta la estación de transferencia.

Atendiendo al grado de especialización de los vehículos recolectores utilizados en la prestación del servicio los **métodos de recolección** pueden clasificarse en métodos mecanizados, semimecanizados (normalmente se utilizan en localidades altamente urbanizadas) y métodos manuales (se efectúan con equipos no convencionales) que son más usuales en zonas deprimidas y de difícil acceso, así como en localidades eminentemente rurales (SEDESOL (1997)).

Según el tipo de demanda por atender, existen dos métodos de recolección; para demandas de tipo continuo y semicontinuo y, para demandas de tipo discreto; se puede decir que un método de recolección está definido por el tipo de demanda exigida y por el grado de tecnificación de los equipos utilizados.

Es importante destacar, que el método empleado en la recolección es la parte medular del sistema de recolección de los RSU ya que el nivel de organización que guarden los métodos de recolección de un determinado sistema, será el indicador más representativo del nivel de servicio que se les oferta a los clientes.

Con respecto a los equipos de recolección y transporte primario, se sugiere que, siempre que sea factible (por las características físicas y poblacionales de la localidad), se empleen vehículos con carrocerías de gran capacidad, provistos de compactadoras para contribuir a la disminución de los costos de recolección.

No siempre es adecuado el uso de vehículos especializados para la recolección de los residuos sólidos ya que no en todos los casos la traza urbana brinda las facilidades de acceso, penetración, maniobrabilidad y pendiente, requeridas para la utilización y máximo aprovechamiento de estos vehículos. En muchos casos la utilización de unidades de las consideradas como "no convencionales", pueden dar mejores resultados tanto en costo como en rendimiento y eficiencia, que los obtenidos con el uso de unidades recolectoras especializadas.

Reciclaje: El mundo entero moderno se enfrenta a un problema cada vez más importante y grave: como deshacerse del volumen creciente de los residuos que genera.

La mayoría de los residuos terminan convirtiéndose en basura cuyo destino final es el vertedero o los rellenos sanitarios. Los vertederos y rellenos sanitarios son cada vez más escasos y plantean una serie de desventajas y problemas. En ello el reciclaje se convierte en una buena alternativa, ya que reduce los residuos, ahorra energía y protege el medio ambiente.

La meta de cualquier proceso de reciclaje es el uso o rehúso de materiales provenientes de residuos de importancia en el que el proceso de reciclaje es el procedimiento que comienza con una separación. Desde el punto de vista de eficiencia del rendimiento de estos sistemas de separación favorece que el mismo se realice en el origen. <http://www.fortunecity.es/expertos/profesor/171/residuos.html>

Existen otros tratamientos que requieren diferentes tecnologías, entiéndase por ello una transformación que implique una alteración física, química y/o biológica de los desechos para dar una disposición final adecuada y óptima desde el punto de vista de la sostenibilidad.

Algunas de estas tecnologías de transformación (Ficha Técnica, 2008) son:

- **Incineración:** Proceso de combustión controlado de los desechos sólidos. No es un sistema completo de eliminación, pues genera cenizas, escorias y gases, aunque ciertamente consigue una notable reducción del volumen original de residuos. Debe efectuarse en un horno especial para evitar la contaminación ambiental. Es recomendable en clínicas y hospitales para mantener un buen control sanitario. Puede o no implicar un aprovechamiento energético en dependencia del valor calórico de los residuales sólidos.

- **Termólisis:** La Termólisis o Fusión es un sistema basado en el concepto de valoración energética de los residuos sólidos pero con una tecnología mucho más moderna y segura; incluyen instalaciones que transforman el 99% de todos los residuos que producimos (urbanos, industriales) en gas de síntesis que puede ser utilizado para alimentar la instalación propiamente dicha, producir energía a ser vendida para otras necesidades; además de gas se produce materia inerte (granulados que pueden utilizarse en la construcción o en la industria metalúrgica).
- **Pirolisis:** Al igual que la incineración, consiste en un tratamiento térmico de los residuos sólidos. Es un proceso de degradación térmica, al cual se adiciona poco o ningún reactivo (aire, vapor, dihidrógeno), o sea, se produce la descomposición fisicoquímica de la materia orgánica en ausencia de aire, de oxígeno o cualquier reactivo. Emplea temperaturas entre 200 y 1100°C, y presiones a veces mayores de 1 atm. Los productos finales son gases como H_2 , CO , CO_2 , CH_4 , N_2 ; y otros como aceites, carbón de leña, ácido acético, metanol, coque, etc. Como desventaja más fundamental está la producción de gases tóxicos y mezclas explosivas; además que se producen aguas residuales en los procesos pirolíticos de los depuradores y tanques de enfriamiento.
- **Obtención de biogás:** El biogás es una mezcla de gases producido por bacterias durante el proceso de biodegradación de materia orgánica en condiciones anaeróbicas, que artificialmente se obtiene en biodigestores. La generación natural de biogás es una parte importante del ciclo biogeoquímico del carbono. El CH_4 producido en este proceso es el último eslabón en una cadena de microorganismos que degradan materia orgánica y devuelven los productos de la descomposición al medio ambiente.

La obtención de biogás de vertederos es algo conocido actualmente en el mundo. Existen varios vertederos en los que se capta el biogás, aprovechándose en algunos casos, mientras que en otros simplemente se quema de una forma controlada.

Hoy en día, los vertederos constituyen el método más común de gestión de residuos, sin embargo, aparecen continuamente nuevas posibilidades. Esta técnica continuará utilizándose mientras se disponga de terreno libre a precio razonable.

Cuba no queda atrás en la obtención del Biogás, existe un proyecto para la obtención de este preciado recurso en Ciudad de la Habana, Santiago de Cuba y Santa Clara a partir de los vertederos.

- **Compostaje:** En la mayoría de los países desarrollados, el tratamiento de los residuos orgánicos se está convirtiendo en una de las prácticas claves de la gestión moderna de residuos. (*Abu Qdais, H, 1997*), (*Merizalde, Juan C., 2003*), (*Tiquia Sonia M, 1998*), (*Álvarez, S. y cols, 1975*), (*Bocalandro N.,2001*)

Es un material tipo "humus", bioquímicamente estable, constituido por materia orgánica, mineral y cerca de 40% de agua, y pH neutro o poco alcalino. Resulta de la descomposición aeróbica y anaeróbica. Del proceso aeróbico resulta la ventaja de la esterilización por el calor y del anaeróbico resulta un compostado más alcalino y de menor contenido de nitrato. A veces se habla de un abono, pero abonos son sustancias que devuelven al suelo los elementos consumidos por la cosecha, en especial: nitrógeno, fósforo y potasio. El contenido de estos nutrientes en el compost es muy bajo. Debido a su estructura el compost, aplicado en cantidad conveniente, es benéfico a los suelos duros y arenosos. Retiene agua y la transfiere gradualmente al suelo, humedeciéndolo por un largo período. Contiene una pequeña cantidad de nutrientes en solución coloidal que pueden ser absorbidos por vegetales. Puede retener en sus estructuras nutrientes adicionados por el agricultor, evitando que se pierdan mediante escurrimiento en los suelos duros o por infiltración en los arenosos. Los procesos industriales de compostificación son, casi todos, aeróbicos porque son más rápidos y relativamente inodoros. La mezcla de la basura con aire se hace en tambores giratorios o en torres con sistemas de bandejas, o de fermentación al aire libre, donde los desechos se amontonan en el suelo, siendo removidos con maquinaria pesada (por ejemplo: bulldozers) para obtener su aireación.

Estas etapas deben estar indisolublemente ligadas, para que de esta manera el sistema funcione como un todo único, pues no se puede ver por separado ninguno de los procesos.

1.3. Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos en Cuba

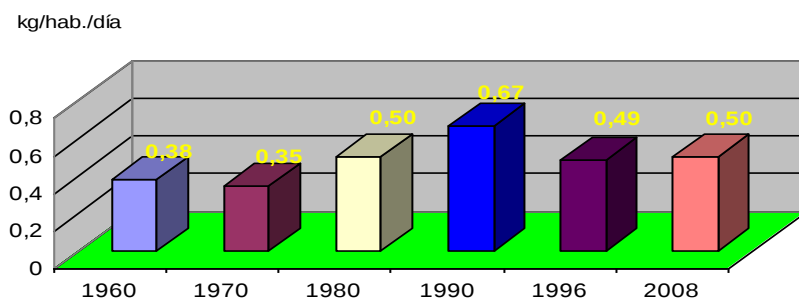
La gestión de los residuos sólidos urbanos en Cuba ha pasado por diferentes etapas en cuanto a condiciones y manejo. Según datos históricos consultados. (Fuente: Estadística del Dpto. Independiente Servicios Comunes Nacionales, 2008)

- En los años 1898-1902, consecuentemente con la ocupación de EUA, se establecieron las primeras ordenanzas para la limpieza y recogida de residuos en el país, donde existía una población de 2 millones de habitantes, estimándose una generación de residuos de 40 t/día.
- En la década del 1940-1950 comienzan las primeras investigaciones y estudios enfocados a mejorar el sistema de limpieza pública debido al crecimiento y desarrollo socioeconómico de ese entonces.
- En 1969 y con el apoyo de la OPS / OMS se realizaron estudios dirigidos al reordenamiento del sistema de recogida y disposición de los desechos sólidos urbanos, donde fue capacitado el personal del MINSAP y del Poder Local. Estos estudios mostraron que la producción de residuos domiciliarios era de 0.35 kg/hab/día.
- A raíz de los problemas surgidos a finales de los años 80, el servicio de recogida, transporte y disposición final principalmente, empezó a bajar su calidad y cobertura como consecuencia de la disminución de equipos especializados para la recolección y transporte y empezó a haber un incremento de los vertederos a cielo abierto y de periodo especial al incrementarse la recogida de residuos sólidos con carros de tracción animal.
- En el 2008 el 97.3% de la población urbana en Cuba recibió servicios de recogida de residuos sólidos y se recogieron y transportaron en todo el país aproximadamente 24 986.3 M m³ de residuos sólidos, lo que representa un 8% de crecimiento con respecto al año 2007.

Existen 1014 vertederos, de ellos 674 presentan el sistema de tratamiento a través de Rellenos Sanitarios, lo que representa el 66.46% del total. En el país se le da tratamiento sanitario al 92.7% del residual que se recepciona en los vertederos en general (23162.3 M m³)

La generación de RSU está íntimamente vinculada al desarrollo socioeconómico del país, por lo que el comportamiento de la cuantificación y caracterización ha tenido cambios en los últimos años. Esta situación se observa en el gráfico que aparece a continuación.

Gráfico 2. Tasa de generación de Residuos Sólidos en Cuba. (2008)



Fuente: Tesis de Maestría, José Antonio Rodríguez Núñez (2009)

1.3.3. Marco Legislativo vigente en Cuba

En primer lugar, hay que destacar que la legislación cubana carece de una definición general sobre RSU. La convención de Basilea basada en el control de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos, su eliminación y otras disposiciones para la gestión ambiental racional de estos desechos, define residuos sólidos como "sustancias u objetos a cuya eliminación su generador procede, se propone proceder o está obligado a proceder en virtud de la legislación vigente".

La Constitución de la República de Cuba del 24.02.1976 y su modificación del 10.10.1992 postula en el artículo 27 tanto la misión del estado de proteger el medio ambiente como el deber de los ciudadanos contribuir a la protección. Adicionalmente, reconoce el concepto de desarrollo sostenible "para hacer más racional la vida humana y asegurar la supervivencia, el bienestar y la seguridad de las generaciones actuales y futuras".

La Estrategia Ambiental Nacional (1997) es la expresión de la política ambiental cubana, en la cual se plasman sus proyecciones y directrices principales. Dos de los cinco principales problemas ambientales se relacionan con los Residuos Sólidos:

- Deterioro del saneamiento y las condiciones ambientales en asentamientos humanos.

- Contaminación de las aguas terrestres y marinas.

Adicionalmente se proponen los siguientes nuevos métodos para convertirlos en una herramienta de trabajo de la gestión ambiental nacional:

- Los Convenios de Concertación y Coordinación de Acciones para la gestión ambiental.
- Los Acuerdos Voluntarios para la mejor protección ambiental.
- Los Códigos de Conducta Ambiental.
- La conformación de un Sistema Nacional Estatal Integrado de Vigilancia del medio ambiente.

Esta propia estrategia hace énfasis en que “las Autoridades Ambientales deben crear además diversas modalidades de incentivos sociales para las personas y entidades que se distingan en las acciones de protección del medio ambiente y uso sostenible de los recursos naturales”.

La Estrategia Ambiental Nacional requiere para su materialización de determinados instrumentos. Uno de ellos es el Programa Nacional de Medio Ambiente y Desarrollo que constituye la proyección concreta de la política ambiental de Cuba, aprobada por el gobierno en 1993, que contiene lineamientos para la acción de los que intervienen en la protección del medio ambiente. Este documento constituye la adecuación cubana a la Agenda 21. Dos de sus 32 capítulos se refieren a la gestión racional de los desechos sólidos y a la gestión racional de los desechos peligrosos.

El Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), en su condición de Organismo de la Administración Central del Estado rector de la política ambiental, es el encargado de desarrollar la estrategia y concertar las acciones encaminadas a mantener los logros ambientales alcanzados y contribuir a superar las insuficiencias existentes, garantizando que los aspectos ambientales sean tomados en cuenta en las políticas, programas y planes de desarrollo a todos los niveles. (Estrategia Ambiental Nacional, 1997)

La Estrategia Ambiental de la Provincia de Villa Clara identifica 7 problemas ambientales que afectan a la ciudad, entre los cuales está el inadecuado manejo de los RSU y el manejo de los residuos hospitalarios. (Domínguez Núñez Jorge A, 2007),

1.3.4. Características Físico – Químicas de los Residuales Sólidos Urbanos en Cuba

El comportamiento histórico de los componentes contenidos en los Residuos Sólidos en el país, comparados con estudio realizado en Villa Clara en el año 2005, se comportan muy parecidos, con la sola excepción en el papel y cartón, en el que la diferencia es significativa, como se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 2 Comparación del comportamiento histórico de los componentes contenidos en los Residuos Sólidos en Cuba y Villa Clara.

Componentes	Resultados obtenidos (%)				
	1969	1975	1980	1989	Villa Clara
	1973	1979	1983	1995	2005
Materia Orgánica	50,7	47,2	37,3	48,8	67,12
Papel y Cartón	24,2	20,0	27,3	18,7	5,19
Plásticos	0,7	1,9	4,2	4,3	3,18
Metales	7,0	6,7	6,0	3,8	3,62
Vidrio	1,9	5,6	3,7	5,1	3,61
Desperdicios textiles	4,7	3,4	6,9	4,9	1,80
Madera	3,6	3,7	2,4	1,8	8,04
Goma	0,4	1,0	0,3	1,2	0,00
Huesos	0,5	0,7	0,6	1,1	0,32
Escombro	5,5	9,2	9,8	8,4	7,10
Cuero	0,8	1,6	1,5	2,0	0,02
Total	100,00	100,00	100,00	100,06	100,00

Fuente: Tesis de Maestría, José Antonio Rodríguez Núñez (2009)

Si se realiza el mismo análisis entre las provincias del país que mayores índices de recolección tienen, se obtiene que las variables no difieren mucho unas de otras y que la caracterización de los residuales es muy parecida en todas, salvo lugares puntuales que pudiera estar por debajo o por encima de la media nacional.(Anuario de Cuba, 2007)

1.3.5. Manejo de los residuales sólidos urbanos en Cuba

El manejo actual de los RSU en Cuba comprende solo tres etapas que forman el llamado "Sistema Integral de Manejo de Residuos Sólidos". En nuestro país la etapa de

Manipulación y separación de los residuos en origen no se efectúa. Esta etapa se sustituye por el Almacenamiento de residuos sólidos

1.3.5.1. Almacenamiento de residuos sólidos.

El almacenamiento de los residuos sólidos es un componente importante dentro del ciclo de su manejo, y es a su vez lo que permite reducir el riesgo potencial de consecuencias negativas para la población expuesta, tal como malos olores, aspecto estético del lugar y la eficiencia en la recogida y transporte de los residuos sólidos.

La Norma Cubana 133 /2002 define que el Almacenamiento de residuos sólidos no es más que la " acumulación de los residuos sólidos de una comunidad, en los lugares donde se producen los mismos o en los alrededores a estos, donde se mantienen hasta su posterior recolección" En las áreas urbanas el almacenamiento domiciliario se realiza de forma inadecuada, en la mayoría de los casos utilizándose recipientes de diferentes tipos y capacidades, provocando que la mayoría de los usuarios del servicio opten por retirar los residuos de su domicilio hacia contenedores situados en la calles, en un lapso de tiempo menor de 24 horas.

Actualmente en los centros asistenciales (policlínicos, hospitales, laboratorios y otros), los residuos sólidos resultantes de las curaciones, diagnósticos o rehabilitación que no sean incinerados, no cumplen lo establecido en el reglamento para el manejo de los desechos peligrosos en instituciones de salud. Los residuales de estas entidades, en la mayoría de los casos se almacenan sin tratamiento alguno, mezclados todos los desechos.

Los Residuos sólidos de salas de enfermedades infecciosas de los hospitales deben ser incinerados en la propia institución, o serán conducidos a otras unidades de salud en envases herméticos para su incineración.

1.3.5.2. Recogida y transportación

La Norma Cubana 133/2002 establece que "La recolección de residuos sólidos para su disposición final será realizada a las viviendas, establecimientos de producción, servicios, escuelas, oficinas, centros de recreación, unidades de salud pública y demás instalaciones situadas en asentamientos urbanos mayores de 500 habitantes, y en aquellos menores que se encuentren a una distancia no mayor de 5 km de otro asentamiento mayor que reciba este servicio. La recogida será diariamente o en días alternos, preferiblemente en horario nocturno".

La inestabilidad en la recogida o la mala estrategia de la recogida, da lugar a la proliferación de los microvertederos en las zonas urbanas, o en las periféricas de ciudades y poblados, principalmente en las cabeceras provinciales.

La recogida y transporte de los RSU se establece de forma general en todo el país, estimándose que existe una cobertura de recolección a nivel nacional en zonas urbanas de 90%. La frecuencia de recolección teóricamente es seis veces por semana, pero la práctica y las investigaciones realizadas reflejan que es de tres veces por semana, aunque no siempre se comporte así.

Además de la recogida de los RSU, existen a nivel nacional actividades de saneamiento, en la recolección de los residuos de mayor volumen, tales el caso de los enseres domésticos no apto para el uso y otros residuales.

La transportación de los residuos se realiza en diferentes tipos y formas de vehículos principalmente vehículos compactadores de carga trasera, camiones abiertos y carretas de tracción mecánica y animal (Ver tabla 3), no cubriendo la demanda que hoy reclama los servicios de recogida de residuos sólidos en el país.

Producto de los problemas económicos que afectaron al país a partir de 1990 se produjo una disminución considerable de la flota vehicular para el transporte de los residuos, disminuyéndose en 30% y produciéndose un incrementando en el uso de vehículos tipo carreta, tanto de tracción mecanizada como animal, siendo este último el más generalizado en nuestro país.

La situación creada por los problemas económicos debe ser revertida por lo que es vital revitalizar el sistema en la recogida y transportación de los residuos sólidos, la cual debe ser más eficiente.

La transformación, procesamiento, transporte y disposición final incluye todos aquellos elementos desde el momento en que se comienza a tratar los desechos sólidos hasta la disposición final de los mismos, aspectos que serán estudiados más adelante con mayor detenimiento.

Una opción viable para mejorar la situación global de los residuos sólidos es precisamente resolver o pretender resolver de una manera socialmente deseable el problema que los RSU representan para la salud humana y el ambiente.

Tabla 3. Situación actual del equipamiento para los servicios de recogida y transporte de los residuos sólidos urbanos en Cuba. 2008.

Provincias	Equipos de recogida				Desechos recogidos (M m ³) Año 2008
	Carros Especializados	Camiones abiertos	Tracción Animal	Tractores con carreta	
Pinar del Río	3	33	414	21	871.3
La Habana	6	42	684	27	1681.2
Ciudad Habana	109	359	292	148	8728.4
Matanzas	2	27	354	30	2040.5
Villa Clara	8	34	379	35	1441.8
Cienfuegos	4	9	318	6	914.5
Sancti Spiritus	4	25	241	27	559.9
Ciego de Ávila	9	31	160	33	665.0
Camagüey	3	32	715	20	1980.0
Las Tunas	1	29	686	20	846.1
Holguín	7	22	727	26	1409.4
Granma	9	40	425	18	1647.0
Santiago de Cuba	18	54	422	19	1098.4
Guantánamo	3	14	230	16	853.9
Isla de La Juventud	1	6	90	1	248.9
TOTAL	187	757	6137	447	24986.3

Fuente: Elaboración propia

1.3.5.3. Disposición final.

Los vertederos existentes en Cuba dan tratamiento al 92.7% de los Residuos Sólidos que se vierten en los depósitos previstos para la actividad. Después que el residuo ha sido "tratado" este se encuentra listo para su disposición final. La forma y tipo del residuo determina en gran parte donde la disposición será permitida.

Los residuos sólidos comúnmente son depositados en:

- Micro vertederos (ilegales)

- Vertederos a Cielo abierto sin control
- Vertederos a Cielo abierto controlados
- Rellenos Controlados
- Rellenos Sanitarios Convencionales Mecanizados
- Rellenos Sanitarios manuales
- Depósitos de seguridad

La primera forma empleada para disponer los RSU fue la de vertederos o botaderos a cielo abierto. Este es el método que predomina en países subdesarrollados, producto de que los costos son muy bajos y no requiere planeamiento para su explotación. Este método consiste en el vertimiento directo de todos los residuos sobre el suelo, donde puede darse alguna reducción del volumen de las basuras mediante la quema de la porción combustible de los mismos.

El Relleno Sanitario Manual es otra vía de disponer los residuos sólidos, se define como un método de disposición de los desperdicios sobre la tierra sin crear incomodidad, peligro para la salud y la seguridad pública, mediante la utilización de principios ingenieriles cuyo objetivo es confinar los desechos en un área y volumen reducidos cubriéndolos con una capa de tierra al concluir un día de operación o a intervalos menores, de ser necesario.

Este método es un complemento para cualquier tipo de tratamiento ya que todos producen rechazos que finalmente hay que eliminar., es por ello que una de las líneas a seguir por la Estrategia Ambiental de los Servicios Comunales es la de "Concluir la construcción del 100% de los vertederos de Relleno Sanitario Manual", en el país quedando pendiente 434 de un total de 1026 vertederos en total.

1.4 Análisis del Ciclo de Vida (ACV)

El Análisis del Ciclo de Vida, (ACV), es un método internacionalmente estandarizado, basado en la norma ISO 14040 (1997). Está considerado como la mejor herramienta de manejo que pueda ser usada para obtener un justo entendimiento y una cuantificación objetiva de todos los impactos ambientales relacionados con distintos escenarios de manejo de residuos, ya que tiene en cuenta, desde la fuente de extracción, hasta el último tratamiento que ese bien o servicio ha sufrido.

De acuerdo con la metodología propuesta por la normativa ISO 14040, un proyecto de ACV puede dividirse en cuatro fases:

- Definición de objetivos y alcance del estudio
- Análisis del inventario del ciclo de vida
- Evaluación del impacto del ciclo de vida
- Interpretación del ciclo de vida

A continuación se describe brevemente cada una de las etapas con que consta el ACV.

- **Definición del Objetivo y Alcance del ACV.**

En la definición del objetivo del ACV, de acuerdo a la norma ISO 14040 (1999) se incluyen las razones/motivos para llevar a cabo el estudio y tipo de información que se espera obtener. El alcance del ACV consiste en la definición de la amplitud, profundidad y detalle del estudio.

- **Análisis de Inventario de Ciclo de Vida.** Esta fase conlleva la resolución de los balances de energía y de materia del sistema, de forma que los datos finales del inventario (parámetros) se recojan en tablas y estén referidos a la unidad funcional. Se trata de la fase del ACV que más tiempo lleva debido a que, normalmente el número de parámetros a considerar es numeroso

Puede decirse que el interés en aplicar la evaluación del ciclo de vida para prevenir la contaminación, es permitir la selección de las operaciones relacionadas con un sistema cuya producción se realiza de la manera más eficaz al tomar en cuenta el ciclo de vida en su totalidad.

- **Evaluación del impacto del ciclo de vida.**

La Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV) (ISO 14042, 1999), va dirigida a evaluar la importancia de los potenciales impactos ambientales utilizando los resultados del análisis de inventario.

Esta fase hace corresponder cada parámetro obtenido en el Análisis de Inventario, con el potencial impacto ambiental a que da lugar.

- **Evaluación de mejoras o Interpretación.**

Consiste en la evaluación sistemática de las necesidades y oportunidades para reducir las cargas ambientales asociadas con el consumo de energía, de materias primas y el impacto ambiental de las emisiones que tienen lugar durante el Ciclo de Vida de un producto, proceso o actividad.

En esta etapa se combinan los resultados de las dos etapas anteriores (Análisis de Inventario y Evaluación de Impacto), con la finalidad de extraer, de acuerdo a los objetivos y alcance del estudio, conclusiones y recomendaciones que permitan la toma de decisiones futuras.

- **Eco-indicadores para realizar el ACV.**

Se han desarrollado varios tipos de indicadores que miden cuantitativamente el impacto ambiental para diferentes productos; respaldados por bases de datos como la Oficina Federal Suiza del medio ambiente; Bosques y Paisajes (BUWAL).

Según Contreras (2005), los indicadores más empleados y sus limitaciones fundamentales son: CML 1992; (no incluye ruido; emisión de partículas fina y uso de tierra), Eco-indicador 95 (no incluye el uso de tierra, ruido y agotamiento de combustibles fósiles) y el Eco-indicador 99 (no incluye ruido). El Eco-indicador 99 incluye más aspectos y por tanto es más complejo que el CML 1992, el Eco-indicador 95 y otros usados en la práctica, pues el sistema de medidas entre los diferentes aspectos ambientales es la aproximación en función de los daños, es decir la relación entre el impacto y el daño a la salud humana, al ecosistema y a los recursos. Además mejora la metodología de cálculo del Eco-indicador 95 y amplía la lista de impactos al considerar la disminución de recursos, el uso de suelos y radiación de iones. El modelo de daños se basa en métodos más científicos y fiables. Se incluye una base científica mejorada y se incluyen otras importantes mejoras.

- **Antecedentes de aplicación del ACV en la gestión de residuos.**

El ACV ha sido usado para comparar opciones específicas de gestión de residuos, así Kirkpatricken (1992); Denisonen (1996) y Finnveden and Ekval (1998) lo han usado para evaluar sistemas completos de manejo al igual que Wilson(1997) y Thurgood (1998). Dentro de los trabajos más actuales destacan el de Arena *et al.* (2003), Mendes *et al.* (2003 y 2004), Finnveden *et al.* (2004), Beigly Salhofer (2004), Eriksson *et al.* (2005), Lundie y Peters (2005), den Boer (Szpadt), *et al.* (2005) y Bovea y Powell (2006). A continuación se describen los más relevantes.

Arena *et al.* (2003), realizan un estudio que se enfoca a la evaluación del comportamiento ambiental de diferentes opciones de gestión de residuos que pueden ser usadas en el área de Regione Campania, al sur de Italia. Evalúan tres escenarios

para la gestión de los residuos: 1) uso del vertedero como única opción, 2) incineración como única opción y 3) el sistema propuesto para la región, que consiste en la separación, el tratamiento biológico para estabilizar la fracción fermentable, incineración y vertedero. Concluyen que la peor opción en términos ambientales es el vertedero y validan el sistema de gestión propuesto para la región como la mejor alternativa. Sugieren que se recupere el vidrio y el aluminio, así como también bajar los límites de emisión de contaminantes para las incineradoras.

Beigl y Salhofer (2004) comparan los efectos ambientales de tres diferentes opciones de manejo de residuos para un conjunto de comunidades rurales de la provincia de Salzburg en Austria. Analizan tres escenarios: 1) reciclaje con recolección en un centro de acopio, 2) reciclaje con recogida domiciliaria y 3) sin reciclaje con recogida domiciliaria; concluyen que el reciclaje con recogida selectiva domiciliaria representa la mejor opción en términos ambientales.

Eriksson *et al.* (2005), estudiaron varias opciones de tratamiento para residuos sólidos. Analizaron diferentes combinaciones entre incineración, reciclaje de plástico y cartón, y tratamientos biológicos para residuos fermentables y las compararon con el vertedero. La conclusión general del estudio es evitar el vertido tanto como sea posible y que una combinación de digestión anaeróbica, reciclaje de materiales e incineración podría ser la mejor opción.

Méndes *et al.* (2003) comparan por medio del análisis del ciclo de vida, los impactos ambientales de la fabricación de compost, metanización y vertido de los bioresiduos en la ciudad de Sao Paulo en Brasil. Concluyen que el vertido presenta impactos ambientales mayores que la fabricación de compost y la metanización.

Finnveden *et al.* (2004) evalúan diferentes estrategias de tratamiento de los residuos sólidos en Suecia. Incluyen las fracciones comestibles o reciclables y fermentables de los residuos (residuos de alimentos, cartón, periódicos y materiales plásticos). Los tratamientos considerados son incineración de todas las fracciones con recuperación de calor, vertido de todas las fracciones con extracción de gas, reciclaje de todas las fracciones (excepto residuos de alimentos), digestión anaeróbica y fabricación de compost (para residuos de alimentos). Concluyen que el reciclaje de papel y materiales plásticos es más favorable, en términos ambientales, sobre la incineración y ésta sobre el vertido, con lo cual éstos resultados validan la jerarquía de los residuos. Con

respecto a los residuos de alimentos los resultados no proveen una respuesta clara a la comparación entre incineración y digestión anaeróbica.

1.5 Contaminación costera marina

Existen dos fuentes desde las cuales la basura marina contamina nuestros mares. La primera proviene de fuentes terrestres y estas incluyen los usuarios, aguas de escorrentías, vertederos, basura sólida, ríos y quebradas, estructuras flotantes y recipientes con basura. La basura marina también proviene del desbordamiento de alcantarillados sanitarios y pluviales. Algunos desperdicios típicos de estas fuentes incluyen desperdicios médicos, basura de la calle y aguas residuales. Las fuentes terrestres causan el 80% de la basura marina encontrada en nuestras playas y cuerpos de agua.

La segunda fuente de basura marina proviene de actividades llevadas a cabo en los mares, y este tipo de basura incluye basura de las galeras o cocinas en los barcos, basura generada por nautas recreativos o pescadores y en las facilidades de exploración y producción de gas y petróleo.

A éste problema se suma el flujo poblacional que existe en nuestras costas. Un mayor número de personas significa mayores cantidades de áreas pavimentadas y basura generada en las zonas costeras. Estos factores, mezclados a una creciente demanda por productos manufacturados y empacados, han llevado a un aumento en la cantidad de basura sólida no-biodegradable en nuestros cuerpos de agua.

El ingreso de contaminantes al ambiente costero puede ser a través de: efluentes industriales y urbanos, vertido desde las embarcaciones, transporte atmosférico, aportes de lodos desde los ríos, desechos derivados de la extracción de materiales orgánicos e inorgánicos desde el mar y contaminación producida por industrias relacionadas con la navegación.

El vertido de los efluentes cloacales, significa un subsidio de materia orgánica al ecosistema, lo que origina un incremento de la productividad primaria por el crecimiento de poblaciones de algas, así como la descomposición de esa materia orgánica por organismos anaeróbicos lo cual produce a su vez olores característicos. El aporte de

bacterias, hongos y virus se traduce en un cambio en la biodiversidad y efectos tóxicos sobre otros organismos.

Este impacto se produce generalmente en el entorno de las ciudades.

Entre los productos escasamente degradables se destacan principalmente hidrocarburos y metales pesados, que se encuentran entre los contaminantes más difundidos en los ambientes acuáticos. Pueden tener alta toxicidad aun cuando sus concentraciones se midan a nivel de trazas. Los hidrocarburos derivados del petróleo provienen de actividades en puertos y zonas de carga, así como por el transporte de petróleo crudo en la zona costera. Los plaguicidas se encuentran también en este grupo y han demostrado tener efectos secundarios (ambientales) que nada tienen que ver con el objeto propio de su síntesis.

Aunque se encuentran naturalmente en el ambiente, los metales pesados derivan principalmente de actividades que se desarrollan en la costa. Su concentración fuera de los valores naturales, origina toxicidades letales o subletales.

En cuanto a las actividades humanas que utilizan los recursos del mar como fuente de materia prima con fines económicos, podemos citar la pesca, las extracciones de algas, guano y áridos y aquellas actividades relacionadas con los usos no consuntivos como el turismo. Estas acciones generan pasivos ambientales que deben ser analizados y resueltos. Entre estos pueden citarse, el descarte pesquero tanto de especies no blanco, es decir aquellas que se descartan por carecer de valor económico, como de los residuos sólidos y líquidos generados. También los procesos de eutroficación cultural (el aporte de nutrientes en exceso en las zonas costeras) que se encuentran amplificados aún más por el incremento del turismo, los residuos sólidos los cuales terminan en el mar interfiriendo actividades marítimas de todo tipo (transporte, pesca, acuicultura y uso balneario de la costa entre otros) y el polvo en suspensión generado en las ciudades o los efluentes gaseosos originados desde la industria.

Otras actividades emplean el mar o sus costas para drenaje de agua dulce tratada al transporte de productos manufacturados o no. Sus impactos principales se relacionan con problemas potenciales de su propia carga o por el transporte involuntario de sustancias y/u organismos que pueden afectar al ambiente mediante invasión de especies exóticas. Estos organismos pueden instalarse en los tanques de lastre o bien

sobre los cascos de los buques, esperando un momento y calidad de agua propicia para su desarrollo.

La mayoría de estas actividades requieren la construcción de puertos y muelles en donde se concentra la flota específica. De acuerdo al volumen de carga transportada, éstos serán de diferente magnitud e importancia. El impacto de los puertos en las zonas costeras es otro de los aspectos a tener en cuenta.

Los procesos de contaminación costera fueron aumentando sensiblemente de magnitud y cambiando su grado de importancia en las últimas décadas, constituyendo actualmente un problema ambiental global.

1.5.1 Efectos de la basura marina hacia la fauna salvaje

Principales tipos de daño directo hacia la fauna causado por desechos marinos:

Enredos

Los animales rodeados o atrapados por desechos, nadan o se arrastran hacia el interior de un objeto (lata, botella) pero no pueden salir de allí. Esto puede ocurrir accidentalmente o porque el animal es atraído por el objeto como parte de su comportamiento normal o por curiosidad.

Los desechos de gran tamaño atrapan a los animales y los de menor incrementan otros factores. Los objetos pequeños se enganchan en el manto marino y atrapan a los animales. A veces el desecho se entrelaza, quitándole la posibilidad del crecimiento. También los tejidos de un animal pueden seguir creciendo alrededor de un objeto clavado en su carne.

Los animales pueden usar un trozo de basura marina como refugio, como material para anidar o como un objeto de juego. Usualmente, peces y crustáceos entran a trampas perdidas, buscando refugio o comida, nunca pudiendo salir.

Las redes de pesca descartadas van a continuar atrapando peces aún cuando no se supone que lo deben hacer. Las redes e hilos de pesca desechados o perdidos que siguen "pescando" son sólo un ejemplo de amenaza invisible y son un grave problema en los mares de todo el mundo.

Cuando un animal enredado trata de liberarse el mismo puede sufrir grandes heridas por una red, soga, embalaje de latas o cualquier cosa que lo haya atrapado. Si sobrevive, la herida puede derivar a infecciones o pérdida de miembros. También al enredarse el animal puede perder su habilidad de nadar, causándole posteriormente dificultades para moverse, para encontrar comida y escapar de predadores. Sin embargo en la mayoría de los casos el animal muere por estrangulación o sofocación.

Ingestión

Esta ocurre cuando un animal traga desechos. A veces pasa accidentalmente, pero generalmente los animales se alimentan de estos objetos porque son físicamente similares a su comida original.

Esto puede derivar a inanición o desnutrición, si el material ingerido bloquea el conducto intestinal y no permite la digestión.

El desecho ingerido también puede acumularse en el tracto digestivo y hacer sentir al animal lleno. Esto provocará que no busque más comida.

La ingestión de objetos filosos puede causar daños en el tracto digestivo o en el revestimiento del estómago causando una infección y/o dolor.

Los desechos pueden parecerse al tipo de comida que es normal en la dieta de un animal. Ejemplos típicos, cuando las tortugas comen bolsas de plástico confundiéndolas con medusas y cuando las aves se alimentan de bolitas de plástico confundiéndolas con huevos de peces, pequeños cangrejos o plancton.

Otras amenazas para la fauna:

Cobertura del manto marino

La basura en un ecosistema marino también puede destruir hábitats costeros (el "vivero marino") y, en algunas situaciones, interferir con la producción biológica en esas zonas (afectar la viabilidad de suelos productivos).

Las bolsas de plástico pueden impedir el intercambio de oxígeno entre el agua y los sedimentos a grandes profundidades, así se dificulta la vida de los animales del fondo del mar.

Si el cubrimiento ocurre en zonas de poca profundidad puede impedir que la luz solar penetre hasta el fondo productivo. La basura enterrada en los sedimentos puede dañar organismos que habitan allí.

Acumulación de sustancias tóxicas

Los elementos desechados, como bolitas de plástico, pueden ser una fuente de contaminación, incluyendo sustancias tóxicas.

Las sustancias tóxicas pueden desprenderse de los desechos hacia los sedimentos y hacia el agua. Estas sustancias pueden ser absorbidas por el plancton, causando bioacumulación en peces y en otros animales que se alimentan de ellos.

Transferencia de especies exóticas invasivas

Se descubrió que los desechos pueden llevar consigo organismos a áreas donde normalmente estos no llegarían. La basura flotante usualmente transporta organismos, como pequeños crustáceos y animales, algas, bacterias y hongos. Trozos de plásticos con organismos adjuntos a ellos han sido hallados desde el Ecuador hasta la Antártida.

Conclusiones parciales

Como resultado del análisis realizado en este capítulo se arribó a las conclusiones siguientes:

1. La generación creciente de desechos sólidos es uno de los grandes problemas ambientales que enfrenta la humanidad, para lo que es necesario buscarle solución tanto en los países desarrollados como los subdesarrollados, constándose la existen de diferentes sistemas de gestión para los residuos sólidos.
2. Cada localidad debe tener un procedimiento para el manejo de los RSU que esté

dirigido a mitigar el impacto económico, social y ambiental del mal manejo de los mismos a través de la eliminación de focos contaminantes, mejora en la salud humana y la calidad de vida en general, así como un mejor aprovechamiento de los recursos, ahorro de combustible y tiempo.

3. La mejor alternativa para la gestión de RSU es la aplicación de un sistema integral que incluya diferentes alternativas como reducir desde la fuente, recoger y transportar adecuadamente, reciclar, reutilizar, transformar y/o destruir térmica o biológicamente y disponer finalmente en rellenos sanitarios.
4. Ningún sistema de gestión de residuos puede prescindir de la existencia de rellenos sanitarios, por lo que es importante la selección del tipo de relleno más adecuado, así como tener en cuenta para su diseño y construcción una amplia gama de variables tales como: microlocalización, condiciones de los suelos, distancia a lugares poblados, variables meteorológicas, etc., que de no ser consideradas podrían influir en una no adecuada operación del mismo y en perjuicios al medio ambiente.

CAPÍTULO 2: DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN LA LOCALIDAD DE ISABELA DE SAGUA

En este capítulo se realiza un diagnóstico de la situación actual del manejo de los RSU generados en Isabela de Sagua incluyendo aspectos de generación, manipulación, recolección, transporte, tratamiento y disposición final, destacándose las principales deficiencias.

2.1. Caracterización Económico-Geográfica de Sagua La Grande.

El municipio Sagua la Grande cuenta con una superficie total de 94'464.73 Ha (944.6473 km²), 27'969.22 Ha (279.6922 km²) en cayos y 66'495.51 (664.9551 km²) en tierra firme, siendo el cuarto municipio en extensión territorial de la provincia Villa Clara.

Se encuentra ubicado en la costa norte de la provincia, limitado al norte por el Canal Viejo de Bahamas, al sur por los municipios de Cifuentes y Santo Domingo, al este por el municipio de Encrucijada, y al oeste por el municipio Quemado de Güines.

La ciudad, como cabecera municipal, cuenta con otros asentamientos poblacionales como: Sitiecito, La Rosita, Viana e Isabela de Sagua, lugar este último donde se encuentra enclavado el puerto del mismo nombre. En la Tabla 4 se aprecia la distribución que presenta la población de este municipio en cada uno de los Consejos populares así como la extensión superficial de cada Consejo.

La extensión territoriales de 664.95 km². La zona urbana abarca una extensión de 142.1 km², y contiene al 36% de la población, la zona rural tiene una extensión de 409.5 km² y contiene al 16% de la población, el resto es zona urbano rural.

Con un total de 54 438 habitantes, el municipio se encuentra dividido en nueve consejos populares, de ellos cuatro urbanos, dos rurales y tres urbano – rurales.

Tabla 4. Distribución de la población del municipio Sagua La Grande por Consejos Populares.

	Hombres	Mujeres	Total	Ext. Territorial Km ²
Total	27 076	27 362	54 438	664,95
Urbano	24 187	24 697	48 884	
Rural	2889	2665	5554	
Consejos populares				
Villa Alegre			5879	1.31
Sitiecito			4137	90.26
Centro Victoria			12140	21.67
Jumagua Caguagua			3593	157.72
Coco Solo- Pueblo Nuevo			11214	35.54
San Juan- Finalet			6859	173.75
Isabela			3049	107.95
Viana- La Rosita			2776	75.81
Reparto 26 de Julio			4791	0.94

En el caso de Isabela de Sagua, la actividad económica fundamental de este territorio es la pesca. Posee una extensión territorial de 107.95 km².

La figura 3 muestra una representación geográfica de esta localidad.



Figura 3. Representación geográfica de Isabela de Sagua

2.2. Caracterización de la entidad responsable del objeto de estudio

La Dirección Municipal de Servicios Comunes de Sagua La Grande se encuentra ubicada en la calle Máximo Gómez e/ Luis Mesa y Enrique J. Varona. Cuenta en estos momentos

con una plantilla de 49 obreros de los cuales 14 corresponden a la plantilla del Departamento de Higiene de Isabela de Sagua. (Tabla 5).

Tabla 5 Plantilla del Dpto. de Higiene Isabela 2010.

CONCEPTO	Plantilla	
	Plan	Real
Barrenderos	2	2
Recogedores de desechos	4	4
Auxiliares de vertederos	1	1
Jefes de Zonas	1	1
Jefes de Turno	1	1
Obreros para atención a parques	2	2
Auxiliares de áreas verdes	3	3
Total	14	14

Fuente: Estadística de la Dirección Municipal de Servicios Comunes Sagua.

La dirección de Servicios Comunes de Sagua está subordinada al Consejo de Administración del Poder Popular Municipal y tienen la siguiente misión:

- Atender los programas de higienización.
- Velar por el cumplimiento de los Servicios Necrológicos y cementeriales.
- Lograr el adecuado fomento y mantenimiento de las áreas verdes.
- Mantener la atención al mobiliario urbano y el desarrollo de la floricultura.
- Velar por el mantenimiento y control de los parques, parques infantiles y micro parques, así como el mantenimiento y preservación de tarjas y monumentos.
- Fiscalizar y controlar las inversiones.
- Atender correctamente a la población para contribuir al bienestar y salud de los ciudadanos cumpliendo la política del Estado y el Gobierno sin dejar de proteger y potenciar los recursos humanos, materiales y financieros.
- Preparar correctamente a los cuadros y reserva con vistas a lograr mayor eficacia en el resultado de su gestión.
- Cumplir y hacer que se cumpla con las tareas colaterales para que el organismo mantenga buena situación ante la sociedad.

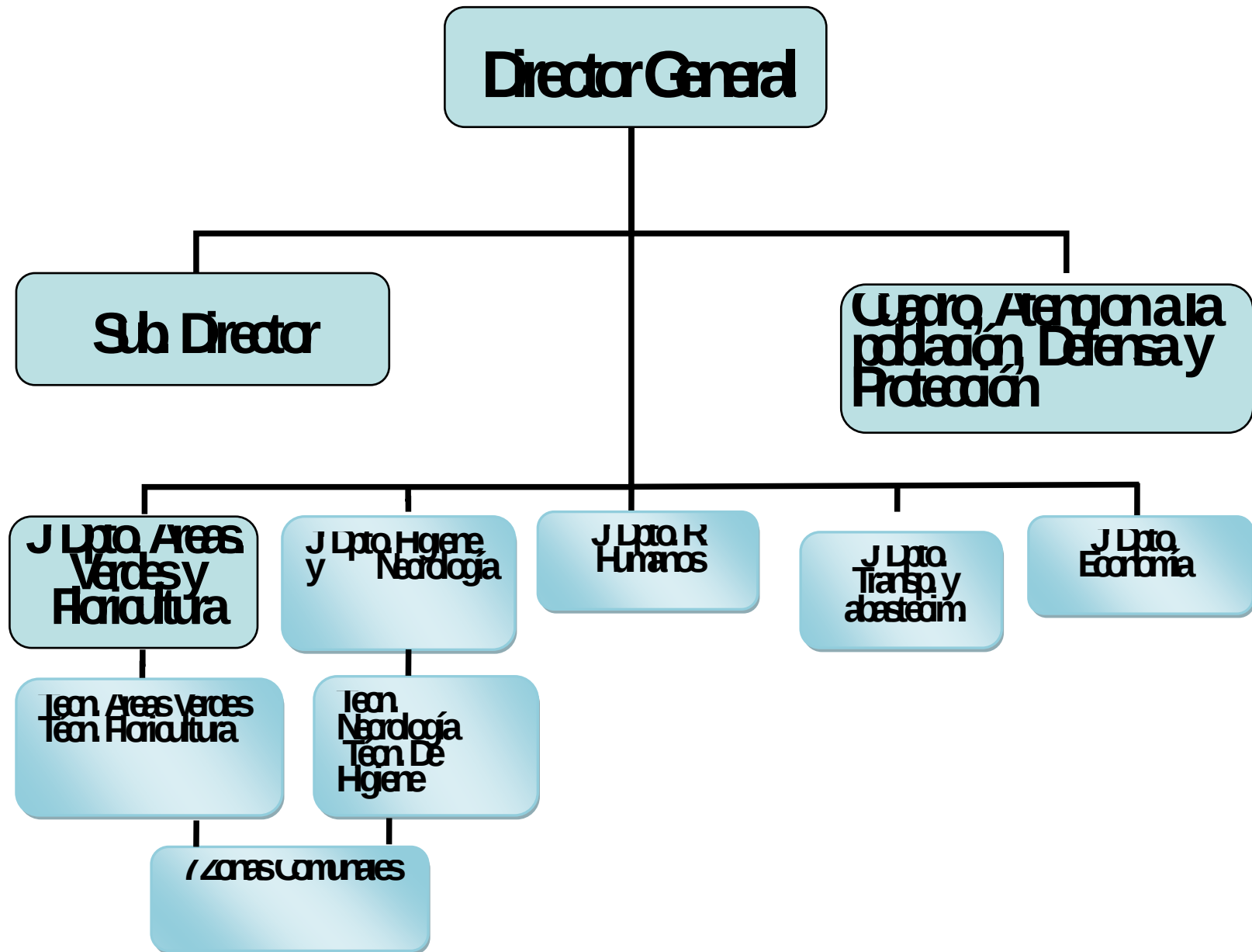
De todos estos aspectos la presente investigación se centra dentro de los programas de higienización, donde se incluyen la gestión de los RSU en el poblado de Isabela.

En su estructura organizativa la entidad tiene cinco departamentos: Higiene y Necrología, Áreas verdes y floricultura, Recursos humanos, Economía y Transporte y Abastecimiento. La estructura de dirección de la Unidad Municipal de Servicios Comunes Sagua La Grande se muestra en la figura 2, de la que forma parte Isabela de Sagua como una de las 7 zonas comunales.

Entre las funciones que tiene la sección de Higiene se destacan las siguientes:

1. Barrido de calles.
2. Atención a los depósitos intermedios y vertederos.
3. Recogida, transportación y disposición final de los desechos sólidos.

Figura 4 Estructura de Dirección de la Unidad Municipal de Servicios Comunes Sagua La Grande.



2.3 Caracterización de la Gestión de los R.S.U en Isabela de Sagua.

Situación Actual.

El diagnóstico sobre la gestión de los residuos sólidos en la localidad de Isabela se realizó tomando en consideración principalmente los criterios dados por Funcionarios de Servicios Comunales, entidad encargada del manejo de los RSU en este territorio, por criterios emitidos por miembros de la comunidad, la observación del investigador y los ensayos realizados.

Los residuos sólidos urbanos (R.S.U) en esta localidad tienen su origen en los sectores: domiciliario (el 90%), unidades estatales (5,2%), la industria (4,7%) y hospitalario (0,1%). Están constituidos por materiales orgánicos como: el papel, el cartón, el plástico, la madera, la tela, la poda y restos de comida e inorgánicos como el vidrio, escombros, metales, entre otros. Los datos estadísticos de la dirección municipal arrojan que se le presta servicio de recogida de Residuos Sólidos Urbanos a 3049 habitantes, con una generación per cápita de 0,275 kg/hab/día lo cual se corresponde con lo dicho en la literatura para ciudades con una población menor de 20 000 habitantes. Además, esta fuente muestra que en el poblado se recogen diariamente como promedio $6,0 \text{ m}^3$. En los meses de verano, con la población flotante se duplica el número de habitantes en esta localidad, elevándose correspondientemente la generación de residuos. En todos los casos, estos tienen muy poca segregación inicial por lo que se mezclan tanto en el almacenamiento inicial como en la transportación.

2.3.1. Características Físicas de los Residuales Sólidos Urbanos.

La caracterización de los RSU en Isabela de Sagua consistió en determinar la cantidad y tipos de residuos sólidos, así como la influencia de diferentes factores en la generación de residuos, además fue calculado el índice de generación per cápita.

Para realizar la caracterización se recolectaron los residuos generados en 30 viviendas distribuidas a lo largo del territorio. A cada vivienda se le entregaron bolsas plásticas para realizar el depósito de la totalidad de los residuos originados durante el día. Este trabajo se realizó durante 3 días consecutivos.

Los residuos obtenidos fueron pesados, separando cada uno de los componentes con mayor predominancia.

Para la clasificación de la muestra, se separaron los materiales componentes en: Caucho (goma), madera, materia orgánica, metales, papel, cartón, plástico duro, plástico blando, textiles, vidrios y otros materiales

Posteriormente se calcularon los porcentajes individuales. Para hacer los ensayos se utilizaron los siguientes medios:

- Un camión de una capacidad de 5 m³.
- Una balanza de brazo.
- Un cubo de 20 litros.
- Guantes.
- Palas.
- Vagones.
- Recipientes metálicos y bolsas plásticas.

En los residuos analizados predominó el papel y cartón (42,38 %), seguido de la materia orgánica (26.08 %) y del plástico blando (16.92 %).

Determinación de los focos de contaminación existentes:

Para determinar los focos de contaminación de residuos sólidos se realizaron recorridos por toda la localidad. En total se detectaron 15 micro vertederos distribuidos en la localidad.

Las fuentes productoras de residuos sólidos urbanos en Isabela son las siguientes:

- Domiciliarios: (casa de viviendas).
- Residuos comerciales y de servicio: (Comedores, Unidades gastronómicas).
- Residuos de empresas estatales.
- Residuos sanitarios: (Policlínico: Áreas de consultas, Laboratorios de análisis clínico, Servicios estomatológicos y Farmacia).
- Residuos procedentes de la limpieza de áreas urbanas, zonas verdes y recreativas.
- Residuos de construcción y demolición.
- Residuos marinos.

2.3.2 Caracterización del servicio de barrido

2.3.2.1. Limpieza de calles

El barrido de calles se realiza diariamente en el horario comprendido entre las 6.00 am y las 11.00 am, incrementándose a 2 veces diarias en el período de verano. Esta actividad se realiza de forma manual y se aplica en todas las calles que estén aptas para ello. Las brigadas de barrido para realizar su labor disponen de 2 carros pikers. Los residuos

acumulados son vertidos en tanques ubicados en diversos puntos dentro del recorrido del operario. Estos medios aún son insuficientes y ocasionan falta de productividad entre los barrenderos, debido a las distancias que deben recorrer.

Como implementos para la realización del barrido poseen escobas de fibra de palma o escobillones de fibra sintética, pala corta, guataca. Los carros pikers para la recogida del barrido están muy deteriorados, existiendo déficit de los mismos a la hora de realizar la labor los barrenderos, por su parte la entrega de escobillones o escobas está en dependencia de las necesidades de los mismos.

En la operación de barrido se aprecian deficiencias debido al mal estado de las vías y la mala calidad de los instrumentos necesarios (carros piker, escobillones y guantes). Existe una plantilla estable de 2 trabajadores que dan cobertura suficiente a la actividad actual, y son hombres jubilados.

La recolección es realizada con una frecuencia de 1 viaje cada lunes, miércoles y viernes, con un gasto de combustible cada día de 20 litros de diesel.

Por su parte la atención a micro vertederos está montada sobre el mismo sistema de la recogida normal.

Finalmente, todo el residual recolectado es tratado en un vertedero a cielo abierto que tiene una extensión de 60m² y está ubicado a la salida del poblado encontrándose aproximadamente a 20 metros del río Sagua. Este vertedero tiene aproximadamente 20 años de explotación.

2.3.2.2. Forma y procedimiento del barrido.

Existe un procedimiento establecido para medir y pagar la calidad del trabajo del barrendero, el mismo se realiza de la siguiente manera:

- Barrer un metro hacia la calle y la acera.
- No debe haber hierba junto al contén, encima de las aceras ni junto a los postes
- No debe haber tierra junto al contén.
- No barrer hacia los drenajes pluviales.
- No debe existir fango y agua en las regueras.
- Que las aceras estén pintadas.

Para el cumplimiento de la norma, se establece un límite de m² a barrer que por lo general está en los 2 500 m² por barrendero.

Principales deficiencias detectadas en la actividad de barrido:

1. Malas condiciones de medios de trabajo.(palas, guataca, escobas o escobillones, etc)
2. Insuficiente cantidad de carros pikers. Los que existen:
 - Malas condiciones estructurales.
 - Malas condiciones higiénicas.
3. Malas condiciones de medios de protección.
4. Ausencia del control de la calidad del trabajo realizado.
5. Persiste la hierba junto al contén y postes eléctricos.
6. Existe mal barrido de los contenes.

2.3.3. Caracterización del Servicio de Recogida.

La recogida se realiza en un carro abierto de 5 m³ de capacidad con volteo, a partir de los tanques que contienen los residuos del barrido, los recipientes de las viviendas y los microvertederos distribuidos en la localidad y que responden a la mala conducta social de numerosos pobladores. En Isabela de Sagua son recolectados como promedio 35 m³ de residuos semanales.

2.3.4 Almacenamiento

En general, el almacenamiento de los residuos sólidos se realiza en condiciones inadecuadas. Se ejecuta por la población, comercios, unidades gastronómicas instituciones educativas y el policlínico, en sus propios depósitos. El acopio o almacenamiento se realiza sin segregación alguna, mezclando todos los residuales que se generan y sin el cumplimiento del horario prefijado para la recogida.

En varias áreas se depositan los escombros derivados de las construcciones y podas particulares creándose micro vertederos ilegales.

En Isabela existe un policlínico de Nuevo Tipo. La forma del manejo de sus residuales sólidos consiste en su disposición en bolsas de nylon que son entregadas al carro de recolección.

Los residuos sólidos peligrosos (tratados o no) son llevados al vertedero de la localidad, mezclándose con los no peligrosos. Normalmente los materiales de curaciones del cuerpo de

guardia, la enfermería y otros van mezclados con los desechos comunes sin tratamiento previo.

Por tanto el policlínico no clasifica sus residuos adecuadamente y no poseen los recipientes adecuados para depositar sus residuales sólidos, como está establecido en la NC 135 del 2002, a pesar de constituir un riesgo biológico para la población y un foco de contaminación ambiental al ser realizada su recogida y traslado por los trabajadores de Servicios Comunes, en condiciones no óptimas para ello. Incide en ello la falta de depósitos adecuados, deficiente cultura urbano-ambiental en el conocimiento sobre los riesgos sanitarios que implica la incorrecta manipulación y almacenamiento de los mismos, así como la insuficiente cantidad de inspectores facultados para monitorear y aplicar la legislación vigente.

2.3.5 Recolección.

Los métodos de recolección empleados en la localidad son:

1. Método de Esquina o de Parada Fija.
2. Método de Acera.
3. Micro vertederos ilegales o clandestinos.

En el primer caso se utiliza en lugares donde el carro no puede entrar por las dimensiones del mismo o por obstrucción de la calle, se saca la basura hasta un lugar predeterminado por la comunidad (esquinas) y la recoge el sistema, tiene la dificultad que cuando el mismo falla esta se acumula hasta el otro día afectando el ornato y la higiene del lugar.

En el segundo, es el personal del servicio de aseo el que retira los recipientes de las viviendas y los devuelve después de descargarlos. Este método tiene la desventaja de que cuando falla el sistema, la basura está regada en mayor proporción con respecto al anterior método. Además, en algunas ocasiones, el proceso de recogida carece de organización y eficiencia, dejando cantidades significativas de residuos en las calles producto del incorrecto y apresurado vaciado de los recipientes contenedores de basura en los carros transportadores.

En el tercer caso, no existe sistematicidad en el control sobre los mismos pues son producto de las indisciplinas sociales y de fallas del sistema de recogida de servicios comunes. La recolección de los microvertederos ilegales es deficiente pues, en muchas ocasiones, estos

residuales permanecen durante un tiempo prolongado en los lugares; constituyendo posibles focos de contaminación ambiental y facilitando además la aparición de brotes de enfermedades ligadas a la transmisión por vectores.

Hay que señalar que gran parte de la población realiza el vertido de sus residuos directamente al mar. Esto ocurre especialmente con la población cuyas viviendas están situadas en sus márgenes. Esta situación se agrava los fines de semana cuando los envases de bebidas alcohólicas y refrescantes son vertidos directamente a las aguas cercanas a los centros recreativos.

Se pudo constatar que en ocasiones, el personal del aseo realiza la quema de residuos en diferentes lugares de la localidad, con el objetivo de reducir los volúmenes de desechos a transportar hacia el vertedero.

En la Tabla 6 se resume las formas de recolección de basura en Isabela de Sagua.

Tabla 6. Formas de recolección de la basura.

<u>Tipo de Basura</u>	<u>Forma de recolección</u>
Doméstica	El cliente es quien deposita la basura en bolsas u otros recipientes en la calle.
De pequeños establecimientos comerciales e industriales	Estos salen en el sistema de recogida de la basura doméstica, aunque hay establecimientos que depositan su basura por sus propios medios en el vertedero.
Animales muertos	Son recogidos por los barrenderos y trasladados en los carritos pikers sin ninguna prevención sanitaria hasta el lugar de acopio del barrido.
Residuos hospitalarios	Es recogida sin ninguna condición de seguridad biológica, al no existir la segregación inicial, que se exigen para estos casos.
Residuos Voluminosos	No existe sistema para la recogida del mismo, cuando se saca se recoge junto con la domiciliaria.
Escombros	Por legislación cuando el cliente hace el contrato de reparación o construcción de vivienda, queda incluido en el mismo darle disposición a los residuales generados con sus propios medios. No obstante en estos momentos lo dejan en cualquier parte y comunales tiene que recogerlo.
Residuos peligrosos domésticos	El cliente es quien lo deposita en la calle, junto al resto de los desechos.

Principales deficiencias en la actividad de Recogida:

1. No existe uniformidad en los envases que se realiza la recogida domiciliaria.
2. Mal almacenamiento primario de la basura mezclándose la misma.
3. Ausencia de estrategias para la recogida del residual que generan los barrenderos.
4. Falta de cultura al recoger los puntos de almacenamientos y tanques.
5. Los recorridos se realizan sin un procedimiento logístico del mismo.

2.3.6 Caracterización del Servicio de Transportación.

El transporte de los residuos se realiza mediante un Carro abierto de volteo no propio de la actividad, aunque su estado técnico es adecuado, posee una capacidad de carga de 5 m³. Este carro no posee aditamentos para que el tirador descansa cuando no tenga basura que recoger, el traslado lo tienen que hacer agarrados de la puerta del chofer, con peligro para la vida.



Principales deficiencias en el Servicio de Transportación.

1. Deficiente aprovechamiento de la capacidad de recogida del carro.
2. Mala estrategia de decisión con las zonas afectadas.

2.3.7 Disposición final

La disposición final de los residuos en Isabela se realiza en un vertedero a cielo abierto que se encuentra a la entrada del poblado.

Este vertedero carece de los requisitos establecidos en las normas vigentes para este tipo de lugar.

Las ilustraciones siguientes evidencian las deficiencias encontradas durante la realización del diagnóstico en esta área.

Condiciones Sanitarias del lugar de disposición final



Como se puede apreciar los residuos llegan sin segregación alguna, predominando los componentes de cartón y papel, plásticos y residuos orgánicos.

La falta de cobertura periódica en la recolección y transporte, además de la exposición al aire libre de la basura, da lugar a la proliferación de vectores, ocasionando el malestar correspondiente. Además, se sienten malos olores cuando por combustión espontánea de la basura se quema el plástico, telas,

También se realiza la quema intencional de los desechos generándose gases que se emiten a la atmósfera.



El vertedero no posee cerca perimetral, trocha contra incendios, carteles de prohibición, árboles biorreguladores, baño ni caseta de control.



El vertedero se encuentra muy próximo a los márgenes del río Sagua, llegando a apreciarse desechos dentro de sus aguas.



2.3.7.1 Análisis de la generación de gases en el vertedero de Isabela de Sagua.

Se realiza el estudio de los gases de enterramientos existentes en el vertedero de la localidad con el objetivo de verificar la generación de gases en el mismo, fundamentalmente metano, dióxido de carbono y hexano.

Para los cálculos se consideró los años de explotación del vertedero, desde su “inauguración” en 1990, el volumen teórico de los residuos dispuestos y el posible cierre del vertedero en el 2016.

Para el estudio se utilizó el software de LanGem V 3.2 creado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos EPA, como herramienta utiliza una ecuación de

descomposición cinética de primer orden que permite cuantificar las emisiones derivadas de la descomposición de los residuos biodegradables. El modelo permite estimar las tasas de emisión total de gases de relleno sanitario como el metano, dióxido de carbono, compuestos orgánicos volátiles y otros contaminantes atmosféricos asociados.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación.

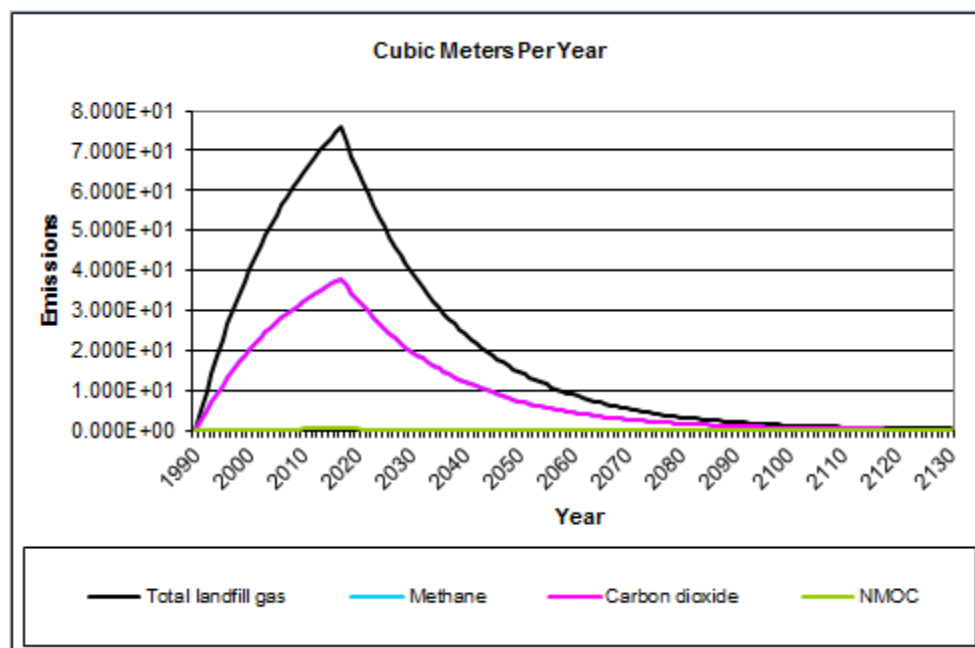


Figura 4. Gases generados en el vertedero por años.

La figura ilustra la curva típica de producción teórica de biogás, metano, dióxido de carbono y otros gases existentes en el vertedero. Como se puede apreciar esta producción alcanza su máximo nivel entre el 2010 y el 2020, equivalente a $7 \text{ m}^3/\text{año}$; 35 de CO_2 , y 3,49 de metano. A partir de ese momento comienza a decrecer.

En la tabla 1 de los anexos se muestran los resultados por años de la emisión de gases en el vertedero.

2.3.7.2 Disposición de los Residuos Sólidos Peligrosos

Los residuos sólidos peligrosos generados por las entidades de salud son trasladados al vertedero junto al resto de los residuos del poblado y enterrados en un área no diferenciada dentro del mismo.

Principales deficiencias en la actividad de disposición final:

1. Ausencia de equipos propios para realizar la actividad.
2. Presencia de personal ajeno al mismo.

3. El vertedero no posee cerca perimetral, trocha contra incendios, carteles de prohibición, árboles biorreguladores, baño, ni caseta de control.
4. El vertedero se encuentra muy próximo a los márgenes del río Sagua, por lo que en ocasiones llegan residuos hasta sus aguas causando su contaminación.
5. En el vertedero se realiza la quema intencional de los desechos generándose gases que se emiten a la atmósfera.

2.4 Análisis de Ciclo de vida al actual sistema de gestión del poblado costero de Isabela de Sagua.

2.4.1 Definición de objetivos y alcance

2.4.1.1 Objetivos y Alcance.

El objetivo de este análisis de ciclo de vida es evaluar los impactos ambientales asociados a la Gestión de Residuos Sólidos en Isabela de Sagua, lo cual responde a las necesidades de disponer de una herramienta en la toma de decisiones para proponer mejoras con vistas a minimizar los efectos negativos al medio ambiente y a la salud humana.

2.4.1.2 Alcance.

Límite espacial: Este trabajo se limita a Isabela de Sagua con una extensión superficial es de $107,95 \text{ km}^2$, y una población de 3049 hab., de la cual se mantiene con servicio de recogida al 90%. Presenta una tasa de generación de residuos sólidos de 0.275 kg/hab/día . (Datos estadísticos Servicios Comunes 2010).

Límite temporal:

Se considera como escenario base la gestión actual de los residuos en la localidad de Isabela de Sagua, se sustenta en el Informe Anual de Gestión de Residuos 2008, de la Dirección Municipal de Servicios Comunes que constituye la serie de datos más recientes.

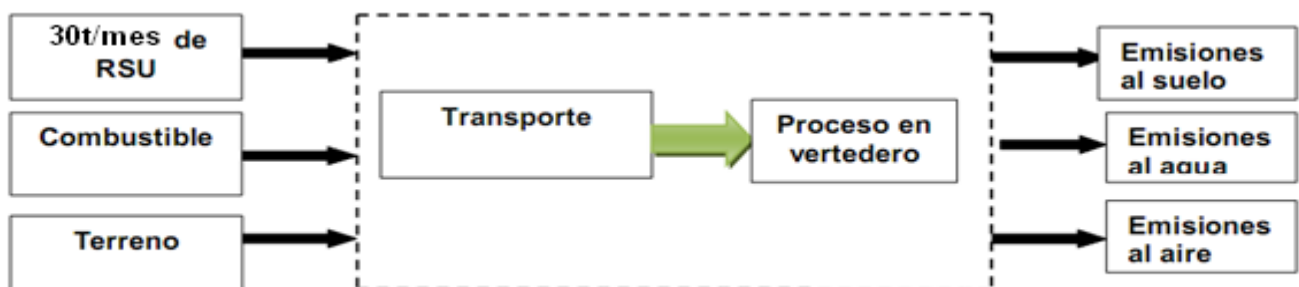


Figura 5. Límites del sistema.

Límite por tipo de Residuos:

En este estudio se consideran los residuos sólidos urbanos de forma general ya que en este sistema de gestión no se realiza recogida selectiva. Las fuentes principales de estos son: domiciliaria, industrial, institucional (escuelas, hospitales, centros gubernamentales) y consisten fundamentalmente en papel, cartón, plásticos, madera, textiles, residuos de comida, vidrio, metales, residuos peligrosos y otros como residuos de podas, hojas de árboles, etc.

Marco de tiempo considerado:

Cuando se habla de gestión de residuos, el marco de tiempo es un punto que adquiere especial relevancia ya que los vertederos son un sistema que genera impactos durante muchos años y no ha habido acuerdo en cuanto a los límites temporales más adecuados para vertederos en estudios de ACV. En este trabajo se considera el tiempo en explotación del vertedero que es de 23 años.

2.4.2 Unidad Funcional:

La unidad funcional es la cantidad de RSU generados en Isabela de Sagua en el año 2012 la cual equivale a 30 toneladas por mes.

Área del vertedero 0,2 ha.

Población total del pueblo de Isabela de Sagua 3049 hab.

Población con servicio recogida RS 90% hab.

Residual que trata el vertedero 180 m^3 /mensual

Años de explotación del vertedero 23 años

Índice de generación de RSU 0.275 kg/hab/día .

Cantidad de Residuos depositados hasta la fecha (según datos estadísticos de la fuente)

49000 m^3

2.4.3 Tipo de impacto a evaluar, metodología e interpretación.

Para desarrollar la metodología del ACV se utilizará el programa Simapro 7.1 empleando el método del Eco-indicador 99 que tiene en cuenta 11 categorías de impacto y tres categorías de daños; para de esta forma demostrar cuales son las etapas de mayor impacto ambiental durante todo el ciclo de vida y proponer mejoras.

2.4.4 Análisis de inventario.

En el análisis de inventario del ciclo de vida (ICV), se cuantifican los consumos de materias primas y energía junto con los residuos sólidos, emisiones a la atmósfera y vertidos al agua

derivados de todos los procesos que están dentro de los límites del sistema, en relación con la unidad funcional seleccionada. El nivel de detalle que se alcanza en el inventario depende de la disponibilidad de los datos y el nivel de complejidad con que se obtengan, pudiéndose aplicar una aproximación o simplificación de los mismos en los casos que sea necesario.

En el sistema de gestión actual se recogen 6,0 m³ diarios de residuos de forma no selectiva y se disponen de forma mezclada en el sitio de disposición final, es decir, en el vertedero municipal, donde termina este proceso. La composición y cantidad se observan en la tabla 7

Tabla 7. Composición y cantidad de desechos generados mensualmente en Isabela de Sagua.

No.	COMPONENTES	Ciudad con Servicio recogida (3049 hab.)	Residuos recolectados Isabela Por tipo.
		t / mes	%
1	Papel y Cartón	12.9	43
3	Vidrio	0.087	0.29
4	Madera	0.09	0.3
5	Metales	1.53	5.1
6	Plástico duro	1.53	5.1
7	Plástico blando	5.4	18
8	Textil	0.153	0.51
9	Mat.Org.(rápida desc.)	7.2	24
10	Residuo de Poda	12.9	43
TOTAL		30	100

La forma más directa de estimar el consumo de combustible consiste en multiplicar la distancia recorrida por la capacidad de residuos transportados, expresando los resultados en t/km. La distancia recorrida para la recolección está en el orden de los 2 km diarios. Considerando que mensualmente se transportan como promedio 180 m³, la cantidad mensual de combustible diesel consumido es de 126 L, teniendo en cuenta que el consumo de diesel por m³ de residuo transportado es 0,7 litros.

En la Tabla 8 se aprecia el tipo de Medios de Transporte empleados en el servicio de recolección diaria.

Tabla 8. Tipos de Transportes utilizados en el servicio de Recolección diaria.

Tipo de transporte	Cantidad	Viajes	Cap.m ³	m ³	t / km
Camion Zil -130	1	2	5	10	3.2
Total	1	2	5	10	3.2

Vertedero

Para generar el inventario del proceso de vertedero se tomaron en cuenta todos los residuos vertidos, así como la composición que presenta el biogás fugado en estos sitios. En la tabla 9 aparece la composición del biogás producido en vertederos, según software Langem V 3.2 de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos EPA.

Tabla 9. Composición del biogás producido en vertederos.

Gas / Pollutant	Emission Rate	
	(Mg/year)	(m ³ /year)
Total landfill gas	0,08726	6.988E+01
Methane	0,02331	3.494E+01
Carbon dioxide	0,06396	3.494E+01

2.4.5 Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV)

2.4.5.1 Análisis de la red del proceso.

Se utiliza el software Simapro 7.1 empleando el método del Eco-indicador 99 para realizar la evaluación del impacto ambiental del Sistema de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos (SGRSU) en el pueblo de la zona costera de Isabela de Sagua, se tiene en cuenta todo el ciclo de vida del proceso y los límites anteriormente expuestos en el epígrafe 2.1.

Como se observa en la figura que aparece a continuación, el actual sistema de gestión de los residuos sólidos en el poblado costero de Isabela de Sagua impacta en 9 de las 11 Categorías de impacto, siendo las más representativas la categoría del uso de los combustible fósiles y la de respiración de inorgánicos por el uso de los combustible y las emisiones a la atmósfera de Material Particulado (PM), Óxidos de Nitrógeno (NOx) y de Azufre (SOx) que se desprenden durante la transportación de los residuos al vertedero.

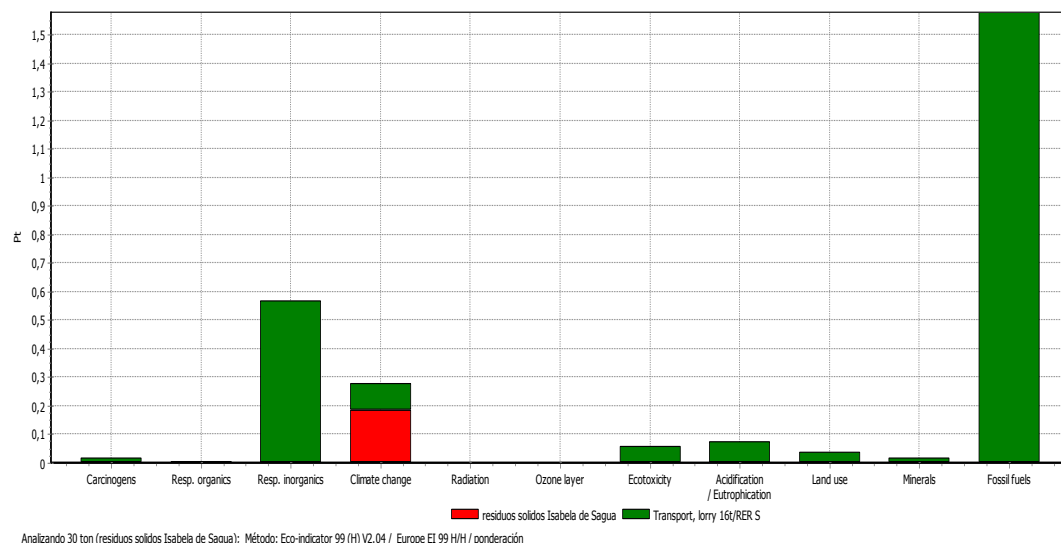


Figura 7. Análisis de ponderación del vertido diario de RSU en el vertedero de Isabela De Sagua por categorías de impacto.

La eutrofización incluye los impactos potenciales de niveles excesivamente altos de macronutrientes, de los cuales los más importantes son el nitrógeno y los fosfatos, sin embargo en este impacto también participan óxidos de nitrógeno, amoníaco y DBO. El enriquecimiento de nutrientes puede generar un cambio indeseable en la composición de especies y por lo tanto en la producción de biomasa, tanto a nivel acuático como terrestre. También puede provocar la contaminación de las aguas para consumo y el incremento de la producción de biomasa en ambientes acuáticos, lo cual conduce a un incremento de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO).

En la categoría Cambio climático se incluyen los impactos potenciales producto de la presencia de gases efecto invernadero como el metano (CH_4) y el dióxido de carbono (CO_2) producidos por la descomposición biológica de los residuos dispuestos en el vertedero.

En la Categoría de daños se observa que existe afectación en las tres categorías. En el caso del ecosistema, por las emisiones al suelo, aire y al agua, a la salud humana por la emisión de gases producto de la combustión en la transportación de los residuos, el vertido de sustancias contaminantes en el vertedero así como por la presencia de plagas portadoras de enfermedades y, se afectan los recursos por la explotación de combustibles fósiles.

Conclusiones Parciales

Del estudio realizado a través del diagnóstico actual del sistema de gestión integral de los residuos sólidos urbanos en la localidad de Isabela de Sagua se concluye que:

1. La dirección Municipal de Servicios Comunes de Sagua La Grande no dispone de ningún procedimiento legal ni metodológico para el manejo de los RSU en la localidad de Isabela, que le permita mitigar el impacto económico, social y ambiental del mal manejo de los mismos.
2. El sistema actual de manejo de Residuos Sólidos Urbanos en Isabela solo incluye las etapas de generación, recogida, transporte y disposición final de los mismos en un vertedero a cielo abierto, etapas todas con deficiencias que provocan situaciones antihigiénicas en la comunidad, contaminación del medio ambiente generando afectaciones al sistema de gestión de Residuos Sólidos en general y emisión de gases de efecto invernadero como metano y dióxido de carbono.
3. La gestión de los residuales que generan las entidades de salud, no cumple con las normas que establecen el manejo de los mismos, con peligro para el personal que los manipula y la población en general.
4. Las rutas de barrido y recolección de los residuos sólidos urbanos en Isabela de Sagua carecen de coordinación e integración que faciliten su desempeño.
5. La Evaluación del Impacto de Ciclo de Vida desarrollada con la metodología del ecoindicador 99 demostró que la categoría de impacto más afectada es el uso de los combustible fósiles y la de respiración de inorgánicos por el uso de los combustible y las emisiones a la atmósfera de Material particulado (PM), Óxidos de Nitrógeno (NOx) y de Azufre (SOx) que se desprenden durante la transportación de los residuos al vertedero, también se muestra un impacto negativo en las 3 categorías de daños.

CAPÍTULO 3. PROPUESTA DE SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUALES SÓLIDOS URBANOS EN ISABELA DE SAGUA.

El objetivo de este capítulo es proponer un Sistema de Gestión Integral para los residuos sólidos urbanos de Isabela de Sagua que permita lograr un manejo más eficiente de estos desechos. Se toma como base las deficiencias encontradas en el diagnóstico realizado, así como las características del residual generado en esta localidad. Se incluye la descripción de la propuesta y la forma de implementación.

El sistema de gestión integral comprende las 5 etapas siguientes:

1. Generación
2. Recolección, manipulación y segregación en el origen
3. Almacenamiento y transporte
4. Transformación y procesamiento
5. Disposición final

Para la elaboración del sistema de gestión se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

3.1.1. Aspectos de salud

El tratamiento de los residuos sólidos no es un lujo que se pueden dar algunos países, sino una necesidad vital dirigida a preservar la salud de la población que se encuentra expuesta a algunos riesgos directos e indirectos con los RSU sin las debidas precauciones, entre los que se encuentran los trabajadores directamente vinculados a la gestión en general y toda la población que se encuentre en contacto con la misma.

Múltiples son las enfermedades que provoca un mal manejo de los residuales entre las que se encuentran el parasitismo intestinal, lesiones en manos y pies, enfermedades respiratorias, de la piel, etc.

Por lo tanto hay que considerar las medidas de protección a utilizar por el personal de servicio, los métodos de recolección a emplear, los horarios establecidos para proceder a realizar las actividades implícitas en la gestión, el manejo de los residuos peligrosos, etc.

3.1.2. Aspectos de costo

Cada etapa en el manejo de los residuos sólidos tiene un costo, pero a menudo se da importancia solo a algunos de éstos, descuidándose otros tal vez más significativos, creándose problemas económicos que impiden prestar un servicio de limpieza pública eficiente, de ahí la gran importancia de establecer los costos de cada etapa del proceso.

El presupuesto económico de la Recogida de Residuos Sólidos es mucho mayor que el de un vertedero, entre un 80% y un 90% del total, y al relleno sanitario solo entre un 25% y un 10%, por lo que cualquier mejoramiento en la eficiencia de la recolección puede dejar fondos disponibles para efectuar trabajos que benefician el sistema de gestión como tal.

Al establecer los costos, se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

- a) Salarios del personal
- b) Gastos de operación de vehículos y equipos mecánicos
- c) Gastos de capital
- d) Otros

3.1.3. Datos Básicos

Para aplicar el sistema de gestión de RSU, se tendrán en cuenta los datos básicos siguientes:

1. Cantidad de basura producida y tratada en el vertedero.
2. Población que debe ser servida
3. Longitud de vías en que se debe efectuar la recolección y el barrido, distancia al parqueo y distancia al lugar de disposición final
4. Tiempos empleados en cada etapa.
 - a. Desde el parqueo hasta el comienzo del recorrido de recolección.
 - b. Duración de la recolección y/o barrido.
 - c. Ir al lugar de disposición.
 - d. En el lugar de disposición.
 - e. En regresar del lugar de disposición.
 - f. Desde el lugar de disposición al parqueo.
 - g. Tiempo empleado en detenciones oficiales (para almorzar, por ejemplo).

3.1.4. Información complementaria

Aparte de los datos básicos se requiere conocer con qué medios se cuentan, por lo que también es necesario reunir la siguiente información:

- a. Cantidad y características de los equipos existentes, así como el estado mecánico de los mismos.
- b. Cantidad de personal, indicando las funciones que está capacitado para cumplir (choferes, cargadores, supervisores, barrenderos, etc.).
- c. Tipo de receptáculos que usa el público para depositar su basura.

- d. Ubicación del parqueo y de los lugares de disposición de los residuos.
- e. Tener mapificado el sistema de recogida y barrido de la zona comunal, en el cual indique el sentido de las calles, así como su recorrido más óptimo. La escala debe ser 1: 5, 000.
- f. Características de la zona comunal para detectar dificultades especiales

3.1.5. Problemas especiales

En la Gestión Integral de los residuos sólidos, pueden presentarse problemas especiales dados por dificultades que el sistema pudiera tener o que puedan ofrecer peligro para el personal que labora en el mismo o dificulten las labores higiénico ambientales de la ciudad. En este caso se tuvieron en cuenta los relacionados con la existencia de:

- a. Residuos Hospitalarios
- b. Animales muertos
- c. Residuos voluminosos, restos de podas y arreglos de jardines.
- d. Áreas de alto índice de personas circulando.

3.1.6. Control

En el diagnóstico realizado al sistema de gestión actual se detectaron una serie de deficiencias que en gran parte, se deben a la falta de control de las actividades realizadas. Para mantener la calidad del servicio es indispensable establecer diversos controles que, al aplicarse de manera sistemática, aseguren que se está trabajando según lo programado. Si no se procede así, la eficiencia del sistema comenzará a disminuir. Entre los controles que se hacen necesarios están:

- 1. Control de cobertura diaria
- 2. Control de entrada al vertedero.
- 3. Parámetros de control del camión
 - a. Salida del parqueo, con firma del supervisor o jefe de zona.
 - b. Comienzo de la recolección.
 - c. Término de 1^{er} viaje de recolección.
 - d. Llegada al vertedero, con firma del controlador del mismo.
 - e. Salida del vertedero, con firma del controlador del mismo.
 - f. Inicio del segundo viaje de recolección.
 - g. Término del segundo viaje de recolección.
 - h. Segunda llegada al lugar al vertedero, con firma del controlador del mismo.

- i. Segunda salida del vertedero, con firma del controlador del mismo.
- j. Los mismos datos de "f" a "i" si hay un tercer o un cuarto viaje de recolección.
- k. Regresar al área de parqueo, con firma del supervisor o jefe de zona.

4. Control ocasional del servicio

5. Control contable.

3.1.7. Legalidad

Toda la problemática de los residuos sólidos urbanos en Cuba están legislados por las NC 133, 134 y 135 del 2002, normas estas que rigen el trabajo de la higiene comunal.

El cumplimiento de estas leyes está condicionado por el nivel de conciencia y educación de los distintos actores particularmente de aquellos que se arrogan el uso y la administración de los recursos naturales. Se hace necesario hacer cumplir todo lo dispuesto en las normas vigentes y para ello existen los organismos facultados que deberán exigir y controlar el cumplimiento de cada una de ellas y penalizar a los que violen lo establecido en las mismas.

3.1.8. Sistema de planeación

Después de haber organizado el trabajo, se debe diagnosticar la situación en que se encuentra el territorio en relación a la gestión integral de los RSU, para entonces poder hacer una valoración de los requerimientos correspondientes.

Se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Determinar la generación y composición de los RSU
- Revisión de cada uno de los elementos que componen el sistema de gestión de RSU.
- Predicción de los requerimientos del sistema futuro.
- Otras informaciones básicas relacionadas con la gestión de los RSU.

3.1.9. Actores

Aunque la responsabilidad de la gestión de los RSU es de la localidad, hay muchos actores involucrados:

- Los responsables políticos (Gobierno)
- Servicios Comunales.
- Sector educativo.
- Organizaciones de masas (CDR, FMC, etc.) y la comunidad.

Para obtener un buen conocimiento del papel que cada uno de los actores tiene en la gestión de residuos, debe analizarse la función y alcance de estos para aprovechar sus experiencias, conocimientos y grado de autoridad en la búsqueda de un mejor ambiente.

3.2. Componentes de la Propuesta.

3.2.1. Generación

Reducir la generación de residuos sólidos implica el desarrollo de medidas que le impidan producirse completa o parcialmente desde la fuente.

Minimización es la acción de reducir al mínimo posible el volumen y peligrosidad de los residuos sólidos, a través de cualquier estrategia preventiva, procedimiento, método o técnica utilizada en la actividad generadora.

Es necesario enfocarse en medidas que minimicen la generación de los residuos sólidos ya que esto reduce mucho más la contaminación ambiental, debido al ahorro de materia prima y energía, que las medidas de reaprovechamiento de los residuos sólidos.

En el caso de las instituciones estatales, particularmente las industrias, las acciones estarán direccionadas a reducir la compra de materiales no reciclables, a la reutilización de residuos y al empleo de opciones de Producciones más limpias. Esto conlleva todo un proceso de capacitación que les permita a los funcionarios de estas entidades identificar las potencialidades que poseen para reducir las generaciones de residuos.

Los residuos generados por las instituciones de salud están conformados por restos de curaciones y cirugías, instrumentos corto punzantes, medicinas caducadas y de laboratorios. El manejo y disposición final de este tipo de residuos se realizarán de conformidad con lo dispuesto en el Código de la Salud y el reglamento de manejo de desechos hospitalarios expedido por el Ministerio de Salud. La propia industria de la salud tiene la responsabilidad de gestionar los residuos de manera que protejan a la población y al medio ambiente.

La mayor parte de las medidas para disminuir la generación de residuos requieren un cambio de las costumbres de los ciudadanos y/o la introducción de otros productos por parte de la industria. Por ello es vital la realización de campañas divulgativas a lo largo de toda la localidad. Por otro lado, se hace necesaria la implementación de un conjunto de medidas reguladoras y la aplicación de sanciones a las entidades y ciudadanos que incumplan la política de protección ambiental. En este caso se propone como prohibiciones las siguientes: Todos los residuos deben ser almacenados para su recolección. En consecuencia, se prohíbe:

a) Arrojar basura, lubricantes usados y descargas líquidas en zonas públicas y privadas, o al mar.

- b) Entregar los residuos sólidos en recipientes no autorizados por las normas municipales y que no hayan sido separados previamente.
- c) Sacar los residuos fuera de los horarios establecidos.
- d) Quemar las basuras o restos de podas de jardines
- e) Arrojar o depositar escombros y materiales de construcción en sitios no autorizados.
- f) Realizar la recolección, transporte, reciclaje y disposición final de residuos sólidos, sin la autorización de Servicios Comunes.

3.2.2. Recolección, Manipulación y separación de los RSU en el origen.

3.2.2.1. Barrido de calles y espacios públicos

Este subsistema es parte del sistema de la recolección en una localidad. Esta actividad tiene como objetivos:

1. Mantener limpia la ciudad;
2. Minimizar riesgos a la salud pública;
3. Prevenir inundaciones y desbordamientos de ríos y cursos de aguas.

El barrido se efectuará de forma manual. Para ello se emplea la mano de obra de barrenderos, utilizando herramientas sencillas (escobas, escobillones, recogedores o pala corta, contenedores, machetín.) y se coordina con las rutas de recolección, de manera tal que el barrido comience después de la recolección.

Deberá intensificarse después de eventos especiales como ferias, festividades, asambleas, desfiles, reuniones públicas, etc.

Para la realización correcta del barrido manual se tiene en cuenta:

- Rutas de barrido de las áreas;
- Frecuencia de barrido
- Tipo de pavimentación y Topografía
- Extensión de las vías;
- Circulación de peatones;
- Localización de los cestos de basura.
- Rutas de recolección de los residuos barridos manualmente
- Equipo y personal necesario para el servicio

3.2.2.2. Recolección mixta

Se efectuará la recolección de residuos sólidos a las viviendas, establecimientos de producción, servicios, escuelas, oficinas, centros de recreación, unidades de salud pública y

demás instalaciones. La recogida será diaria, preferiblemente en horas tempranas de la mañana (NC 133/2002).

Los residuos sólidos urbanos se trasladarán en el vehículo disponible por Servicios Comunes de Sagua La Grande, desde el lugar en que son generados hasta su destino final con o sin tratamiento, los mismos pueden ser de categorías muy variadas, debiendo cada una ser recolectada en una forma diferente.

En este caso, se desprende que hay que decidir:

- a. Tipos de residuos que serán recogidos por los servicios comunes.
- b. Población a la que se le presta el servicio.
- c. Total de entidades estatales que se le recoge la basura

3.2.2.3. Agencias de recolección

Todos los desechos generados serán recolectados por los vehículos definidos por Servicios Comunes. Se realizará una capacitación al personal del servicio a cargo de la recogida de residuos sólidos para perfeccionar los métodos de recogida, evitando el desorden durante esta actividad.

3.2.2.4. Métodos de recolección

Los métodos de recolección están bien caracterizados en el capítulo 2, donde se describieron las deficiencias apreciadas en esta actividad. Las dificultades en la recepción de los residuos sólidos hacen que este tratamiento presente múltiples dificultades.

Con el objetivo de perfeccionar esta actividad se realizará una mejor distribución de los puntos de recolección a partir de una nueva estrategia de los mismos, estos deben quedar de la siguiente manera:

1. Método de Esquina o de Parada Fija: Se utiliza en lugares donde el carro no puede entrar por las dimensiones del mismo o por obstrucción de la calle, se saca la basura hasta un lugar predeterminado por la comunidad (esquinas) y la recoge el sistema.
2. Método de Acera: Es el personal del servicio de aseo el que retira los receptáculos de las viviendas y los devuelve después descargados.
3. Método de recolección selectiva en contenedores diferenciados para cada tipo de residuos. La recolección selectiva de residuos sólidos implica que las fracciones sean separadas en la fuente y posteriormente recolectadas también en forma separada. Esta separación reduce bastante la mezcla y contaminación de materiales, lo que en

consecuencia aumenta su calidad y valor, permitiendo ampliar el mercado para la venta de los materiales reciclables y de la composta. Los vecinos realizan el vertido de sus desechos en cada recipiente, de acuerdo a la clase de residuo de que se trate. Los recipientes se diferenciarán por colores según la clase de residuos que almacenen. Esta actividad requiere de gran disciplina y cooperación de los habitantes pues si ello no se consigue, ocasionará desorden y no se obtendría una eficiente segregación de los residuos según el tipo a que corresponda.

3.2.2.5 Frecuencia de la recolección

La frecuencia en la recolección será diaria, preferiblemente en horas tempranas de la mañana (NC 133/2002).

3.2.2.6 Horario de Recolección

a. **Horario a primeras horas de la mañana:** La basura se debe sacar entre las 6.00 p.m y las 6.00 a.m, la recogida comenzaría a partir de las 6.00 a.m.

Los residuos generados en las entidades de salud serán los primeros en recogerse. Esta recolección se hará en horas de la madrugada evitando la exposición de la población a estos residuos.

3.2.2.6.1 Tipo, tamaño y material de los contenedores

Existen muchos tipos de contenedores para depositar los residuos sólidos. Los mejores contenedores son las bolsas de plástico (generalmente polietileno de baja densidad), que se fabrican con capacidades de 3 a 100 litros, y los plásticos de $0,36 \text{ m}^3$. Las condiciones sanitarias son óptimas y la facilidad de carga es excelente.

3.2.3. Almacenamiento y transporte

Los residuos sólidos urbanos de Isabela de Sagua se transportarán en los vehículos disponibles por Servicios Comunales de Sagua La Grande. En este caso, actualmente se dispone solamente de carros abiertos con volteo por lo que los residuos sólidos serán cubiertos por una lona o encerado para evitar su derrame durante el traslado al sitio de disposición final.

Este servicio se caracteriza por la participación directa de los ciudadanos, quienes deben acondicionar los residuos sólidos adecuadamente y sacarlos a los lugares establecidos para su recolección en los días, sitios y horarios preestablecidos.

3.2.3.1 Diseño de rutas

Con el objetivo de lograr una mejor planificación y organización en las labores de recogida, se recomienda seguir las reglas básicas para el diseño de rutas (SEDESOL, 1997)

1. Cuando sea posible, las rutas deben ser planeadas para comenzar y terminar cerca de calles arteriales, usando barreras topográficas y físicas como fronteras de las rutas.
2. El diseño de rutas trata de aumentar la distancia productiva en relación a la distancia total.
3. Los recorridos no deben fragmentarse ni trasladarse. Cada uno debe consistir en tramos continuos que queden dentro de la misma área de la localidad.
4. El comienzo de una ruta debe estar cerca del parqueo del carro colector y el término cerca del lugar de disposición de residuos sólidos.
5. En lo posible, hay que tratar de recoger simultáneamente ambos costados de la calle, sin embargo debe respetarse el sentido de circulación y la prohibición de ciertos virajes.
6. Conviene evitar los giros a la izquierda y las vueltas en "U" porque hacen perder tiempo, son peligrosos y obstaculizan el tránsito.
7. Es preciso conocer muy bien las características propias de la ciudad para que las rutas de los camiones recolectores no creen problemas de ningún tipo.
8. Cuando hay estacionamiento de vehículos, hay que procurar efectuar la recolección en los momentos en que la vía está más despejada.
9. En el caso de calles muy cortas o sin salida, es preferible que los camiones recolectores no entren en ellas, sino que esperen en la esquina y que el personal vaya a buscar los receptáculos con basura. Esto economiza mucho tiempo.
10. Cuando se usa el trazo "Peine" (recolección de ambos lados de las vías, recorriéndose una vez por cada vía), generalmente es preferible desarrollar las rutas con recorridos largos y rectos antes que dar vueltas a la derecha
11. Cuando se usa el trazo "Doble peine" (recolección de un lado de las vías, necesitándose recorrer por lo menos dos veces por cada vía), generalmente es preferible desarrollar las rutas con muchas vueltas en el sentido de las agujas del reloj, alrededor de las manzanas.

3.3 Evaluación de las alternativas de Tratamiento y/o disposición de los residuos sólidos.

Para evaluar las alternativas de tratamiento y/o disposición de los residuos para las condiciones de Isabela de Sagua (Tabla 10) se tuvo en cuenta aspectos como el impacto ambiental, el riesgo higiénico epidemiológico, la complejidad tecnológica, el área disponible y los costos de operación e inversión.

Tabla 10. Comparación de las alternativas de tratamiento y/o disposición de los residuos.

Parámetros/tratamiento		Relleno sanitario	Compost	Reciclaje	Incineración	Segregación en el origen
Costo de Inversión	Proyectos construcciones, equipamiento, etc.	Bajo (5)	Medio (2)	Alta (1)	Alta (1)	Medio (2)
Costo de operación y Mto.	Combustible, salario, piezas y accesorios de repuesto, otros.	Bajo (5)	Medio (2)	Alta (1)	Alta (1)	Medio (2)
Demanda de Área.	Área ocupada	Alta (1)	Medio (2)	Alta (1)	Bajo (5)	Bajo (5)
	Área afectada	Bajo (5)	Bajo (5)	Bajo (5)	Bajo (5)	Bajo (5)
Complejidad tecnológica	Mecanización, automatización, disciplina tecnológica, fuerza de trabajo capacitada	Bajo (5)	Medio (2)	Alta (1)	Alta (1)	Alta (1)
	Consumo de energía	Bajo (5)	Bajo (5)	Alta (1)	Alta (1)	Bajo (5)
	Consumo de agua	Bajo (5)	Medio (2)	Bajo (5)	Bajo (5)	Bajo (5)
Impacto ambiental	Para el agua	Bajo (5)	Medio (2)	Bajo (5)	Bajo (5)	Bajo (5)
	Para la atmósfera	Bajo (5)	Bajo (5)	Bajo (5)	Alta (1)	Bajo (5)
	Para la flora local	Medio (2)	Bajo (5)	Bajo (5)	Bajo (5)	Bajo (5)
	Para la fauna local	Medio (2)	Bajo (5)	Bajo (5)	Bajo (5)	Bajo (5)
	Para la población	Bajo (5)	Bajo (5)	Bajo (5)	Bajo (5)	Bajo (5)
Riesgo higiénico – epidemiológico	Proliferación de vectores, afectaciones a la salud, otros	Bajo (5)	Medio (2)	Bajo (5)	Bajo (5)	Bajo (5)
Balances		55	43	45	45	55

Considerando los resultados de la tabla anterior, las características de los residuos sólidos generados en esta localidad y las particularidades observadas en la gestión que se realiza actualmente a estos residuos se obtiene que las alternativas más idóneas y factibles son la segregación en el origen y el relleno sanitario .

La segregación en el origen presenta bajas demandas de área, bajos impactos ambientales en todos los factores, bajo riesgo epidemiológico y como aspectos adversos los requerimientos de disciplina tecnológica, capacitación del personal, así como costos de inversión y mantenimiento con niveles medios. En el caso de la disciplina y las necesidades de lograr una formación adecuada en el personal son elementos que no poseen gran complejidad, bastando solo llevar a cabo un proceso formativo que permita realizar la actividad con la calidad requerida.

La segregación de los residuos sólidos es una estrategia técnica reconocida internacionalmente como parte de la filosofía de minimización de residuos.

Para que esta estrategia realmente sea efectiva, eficiente y sostenible su aplicación debe realizarse en el punto o fuente de generación.

La segregación contribuye a que se generen menos residuos y sobre todo su peligrosidad. Este aspecto es clave en el manejo de los residuos sólidos, es decir, que al minimizar su peligrosidad en el punto de generación se está contribuyendo con reducir los riesgos sanitarios en las etapas posteriores: recolección, transporte, tratamiento y disposición final. Además, permite asegurar la recuperación de los residuos sólidos en forma eficiente, haciendo participar a la población directamente, y sobre todo generando una cultura ambiental.

Para desarrollar el plan de recolección segregada se recomienda lo siguiente:

- Considerar los resultados del estudio de caracterización de los residuos que permite conocer la clasificación de estos, conocer qué porcentaje de los residuos son recuperables como materia orgánica, papel, cartón, plástico, latas, vidrio, metales entre otros.
- Comenzar a aplicar la propuesta en una zona piloto para posteriormente, extender el trabajo al resto de la localidad.
- Evaluar las cantidades y los tipos de recipientes a utilizar en la segregación en la fuente. En este caso se propone ubicar una batería de recipientes en cada manzana de viviendas. Cada grupo estará constituido por 5 tanques de diferentes colores.

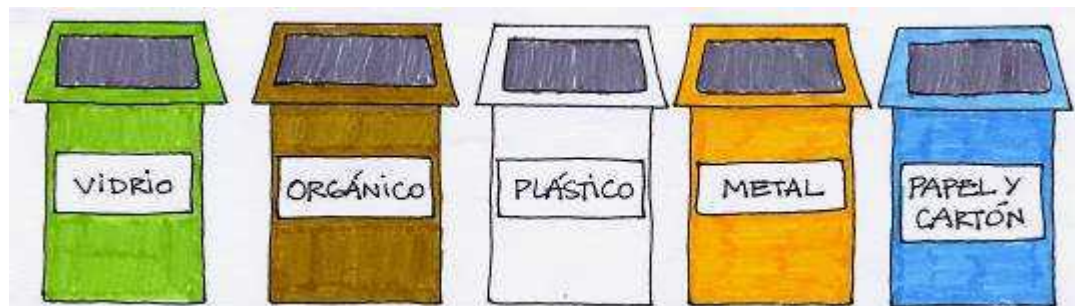
- Hacer una ponderación de la cantidad de residuos a recuperar en base al estudio de caracterización realizado, así como un levantamiento de información de lugares de comercialización de residuos segregados, precios existentes, formas de pago, etc., que permita elaborar un flujo de ingresos de los residuos que serán comercializados directamente (papel, cartón, plástico, vidrio, metales, etc.).
- Definir el tipo de unidades, frecuencia y horario de recolección segregada dependiendo de los volúmenes y tipos de residuos proyectados a ser recuperados y dependiendo del lugar donde se hará un almacenamiento temporal o el tratamiento (caso de residuos orgánicos). Proyectar un espacio donde se hará la segregación más fina de los residuos recuperados que se consideran reaprovechables como es el caso del cartón, papel, plástico, vidrio y metales. Aquí se separarán los residuos en clases más específicas como por ejemplo el papel: en papel blanco, mixto, papel periódico; el cartón: en cartón de primera y segunda (si el mercado así lo exige) y de igual manera con los demás residuos. Además en esta etapa se rechazan todos los materiales que fueron segregados y que no tienen mercado (posibilidad de venta), y que muchas veces las personas que segregan piensan que tienen un valor en el mercado.
- Considerar como parte del Plan, acciones dirigidas a la sensibilización, educación, capacitación y difusión en la comunidad, para garantizar una amplia participación de toda la población, los centros educativos, instituciones públicas.
- Tener en cuenta el desarrollo de ciertas acciones que lleven a una motivación para las familias e instituciones que participen activamente de la implementación del plan, realizando un reconocimiento a los más destacados.
- Realizar un proceso de evaluación y monitoreo de la implementación del Plan, de tal forma que permita recoger aportes que ayuden a una mejora continua de dicho Plan, así como difundir los logros alcanzados.
- Considerar la Inversión a realizar, definiendo el personal operativo a utilizar, los materiales y herramientas, equipos, responsables de la ejecución del Plan, etc., que permita elaborar un presupuesto que garantice la puesta en marcha.

Concretamente, se separarán los residuos, de acuerdo a sus características uniformes. Así por ejemplo se separarán en:

- Metales,
- Vidrios,

- Papeles,
- Plásticos,
- Cartones,
- Materia Orgánica, etc.

Existen normas que establecen los colores a ser utilizados en los dispositivos de almacenamiento de residuos, con el fin de asegurar la identificación y segregación de los mismos. Se propone para residuos re aprovechables no peligrosos los siguientes:



Amarillo: para metales (latas de conservas, café, leche, gaseosa, cerveza, tapas de metal, envases de alimentos y bebidas, etc.)

Verde: para vidrio (botellas de bebidas, gaseosas, licor, cerveza, vasos, envases de alimentos, perfumes, etc.)

Azul: para papel y cartón (periódicos, revistas, folletos, catálogos, impresiones, fotocopias, papel, sobres, cajas de cartón, guías telefónicas, etc.)

Blanco: para plástico (envases de yogurt, leche, alimentos, etc., vasos, platos y cubiertos descartables, botellas de bebidas gaseosas, aceites comestibles, detergente, shampoo, empaques o bolsas de fruta, verdura y huevos, entre otros.

Marrón: para orgánicos (restos de preparación de alimentos, de comida, de jardinería o similares).

Los residuos que no sean factibles de ser reciclados serán llevados al relleno sanitario para su disposición final.

En total deberán adquirirse 18 recipientes de cada color para ser situadas las baterías de tanques en las 18 manzanas existentes en Isabela de Sagua. El costo estimado de cada contenedor es de 502 pesos. Se realizará un proceso de capacitación intensivo para lograr el entrenamiento necesario en la población para hacer una correcta segregación de los residuos.

Luego de la segregación de los materiales, estos serán suministrados a las entidades consumidoras nacionales e internacionales con las características y la calidad requerida creadas para este fin de recuperar, reciclar y aprovechar al máximo los recursos. Los principales consumidores de estos materiales se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11. Entidades Consumidoras Nacional e Internacional.

N ^o	Tipo de desecho	Consumidor Principal
1	Envases y Desechos Plásticos	Plantas de herrajes. (SIME) Empresa Recuperadora Materias Primas Cienfuegos, Granma y Santa Clara. Fábrica Cajimalla.
2	Papel y Cartón	MINBAS MINAZ
3	Desechos y Envases Vidrio	Fábrica de vidrio en la Lisa. Fábrica de fósforos (MINAL) Empresa Recuperadora Materias Primas Holguín, y Santa Clara.
4	Textil	SIME, MINAZ, MININT, MINIL, MINED, Industrias locales del Poder Popular.
5	Chatarra Electrónica	Empresas Exportadoras: DESEQUIP, CUREF
6	Chatarra Ferrosa	Grupo Industrial ACINOX: Planta Antillano de Acero, ACINOX en las tunas, Fabrica de Hierro Fundido.
7	Chatarra no Ferrosa	Internacional: CUREF, MATALCOMF, Industrias locales del poder popular, ALCUBA

Fuente: (ISDE. and MSc. Reneiro M. Pérez Rodríguez 2008).

En el caso del relleno sanitario, este posee un bajo costo de inversión, de operación y de mantenimiento, una baja afectación del área, una baja complejidad tecnológica y un bajo impacto ambiental sobre los distintos factores, en la mayoría de los factores. Este es un sistema de tratamiento y un sistema de disposición final. Su único inconveniente es la gran demanda de área a ocupar, frente a la incineración, el compostado y el reciclaje.

Se propone el del tipo Relleno con compactación de media densidad con recubrimiento en la zona de depósito.

Este sistema presenta las siguientes características:

- Recubrimiento preciso diario, con una capa de material de recubrimiento de 15 a 20 cm.
- Provoca la fermentación anaerobia, si bien la retrasa al aumentar la densidad.
- Atenúa el problema de olores, y con una buena explotación prácticamente desaparecen.
- Permite el paso de vehículos por el basurero pero con dificultades.

- Tiene un consumo de combustible 30 % inferior al sistema de compactación de alta densidad, pero incrementa los costos por recubrimiento.
- La maquinaria puede trabajar bien a razón de 20 a 35 tn/h.
- Los problemas de filtración de agua de lluvia son intermedios entre los sistemas de baja y alta densidad.

3.3.1 Estudio de Micro localización para ubicar el relleno sanitario

3.3.1.1 Localización general del sitio.

La localización general del sitio para el relleno sanitario debe ser, preferiblemente, en un plano. Debe situarse en un área que no afecte a la población vecina, debiendo encontrarse a no menos de 300 metros de la zona residencial y a más de 100 metros de las aguas superficiales.

3.3.1.2 Condiciones del sitio para relleno sanitario.

El relleno sanitario debe cumplir dos condiciones fundamentales, con el menor costo posible.

- Preservar la salud y el bienestar de la comunidad.
- Preservar los recursos naturales: el agua, el aire, los suelos y el paisaje.

En resumen, la mejor ubicación para un relleno sanitario es el área que tenga una profundidad mayor de nueve metros desde la superficie hasta alcanzar el suelo con la roca dura; que sea un suelo con una pendiente del paisaje edáfico entre 3 y 12%; que sea bien drenado y con la tabla de agua a más de 3 metros durante todo el año; que la permeabilidad sea baja; que tenga un pH ≥ 6.0 ; que no se inunde y que no tienda a sufrir deslizamientos ni asentamientos. Si la naturaleza no nos da un sitio con todas estas consideraciones, debemos recomendar el mejor.

Entre los criterios de selección se consideraron los siguientes:

- Distancia al centro de producción de la basura.
- Accesibilidad al sitio.
- Área del sitio.
- Ocupación actual del sitio.
- Pendiente del sitio.
- Profundidad de la roca dura.
- Posibilidad de material de cobertura.
- Profundidad de la tabla de agua.
- Efecto ambiental, que se puede medir por los siguientes indicadores:

- Biológicos, como posible daño a la fauna y flora.
- Físicos, como posible daño al agua, aire y suelo.
- Socioeconómicos.
- Recuperación de zonas degradadas.
- Áreas ambientalmente sensitivas.
- Densidad poblacional en el sitio.
- Permeabilidad.
- Efecto de la congestión de tráfico vehicular sobre las vías de acceso al sitio.
- Impacto de tránsito automotor sobre la comunidad.
- Rechazo de la comunidad.

3.3.1.3 Ubicación:

Para la ubicación del relleno sanitario en Isabela de Sagua se dispone de un sitio que está ubicado en el área aledaña a la Salina 9 de Abril, a una distancia de 3 km del poblado de Isabela de Sagua. Este es un terreno firme que cumple con las especificaciones señaladas anteriormente.

3.4 Análisis de los costos.

Para realizar el análisis de los costos se consideró el costo de iniciación, el costo de su operación y el costo de la ejecución de nuevas inversiones para preverlas y hacer los aportes en el momento justo.

El análisis de costos del proyecto se desglosa en costos de inversión y costos de operación y mantenimiento.

- Costos de inversión.

Las obras consideradas dentro de los costos de inversión son las siguientes:

1. Encerramiento.
2. Vallas de identificación.
3. Vías internas de operación.
4. Impermeabilización inicial.
5. Canales de agua de escorrentía.
6. Costos inherentes al diseño del proyecto.

3.4.1 Cálculo de los costos de inversión.

3.4.1.1 Encerramiento.

Considerando que el área total del relleno sanitario será de 0.66 ha, se necesitaría un encerramiento lineal de 202 metros.

De acuerdo a Cuadro 7.3. Encerramiento por metro lineal, de *Collazos Peñaloza, H., 2005* se puede obtener el costo de inversión por encerramiento. Tabla 12

Tabla 12. Cálculo del costo de encerramiento.

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor parcial
1	Postes para cerca	Unidad	129	\$5,77	\$744,33
2	Alambre de Púas Cal. 12	m	974	\$0,1	\$97,4
3	Grapas	Unidad	389	\$0,12	\$46,68
Costo Total		---	---	---	\$888,41

3.4.1.2 Vallas de identificación.

De acuerdo a Cuadro 7.4. Valla de identificación, de *Collazos Peñaloza, H., 2005* se puede obtener el costo de inversión por Valla de identificación Tabla 13

Tabla 13 Cálculo del costo de la Valla de identificación.

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor parcial
1	Valla Publicitaria 2x3 m, lámina galvanizada ca. 26. Incluye instalación.	Unidad	1	\$200	\$200
Total		---	---	---	\$200

3.4.1.3 Vías internas de operación.

De acuerdo a Cuadro 7.5. Vía interior por metro lineal, de *Collazos Peñaloza, H., 2005* se puede obtener el costo de inversión de las vías interiores para la operación del relleno sanitario.

Para el relleno sanitario de Isabela de Sagua se considerará una vía interior de 80 m lineales.

Tabla 14

Tabla 14. Cálculo del costo de las vías internas

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor parcial
1	Recebo común, incluye instalación. Características (ancho 7 m y altura 0,3 m)	m ³	0,08	\$ 14,00	\$ 89,6
Total	---	---	---	---	\$ 89,6

3.4.1.4 Im permeabilización inicial.

De acuerdo a Cuadro 7.6. Im permeabilización inicial por metro cuadrado, de *Collazos Peñaloza, H., 2005* se puede obtener el costo de inversión de la im permeabilización para la operación del relleno sanitario. Tabla 15

Tabla 15. Cálculo del costo de im permeabilización inicial..

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor parcial
1	Geomembrana HPDE	m ²	1	\$ 8,77	\$ 925,10
2	Geotextil no tejido punzonado	m ²	1	\$ 2,64	\$ 278,48
Total					\$ 1203,58

3.4.1.5 Canales de agua de escorrentía.

De acuerdo a Cuadro 7.8. Canales de agua de escorrentía por metro lineal, de *Collazos Peñaloza, H., 2005* se puede obtener el costo de inversión de los Canales de agua de escorrentía para la operación del relleno sanitario. Tabla 16

Tabla 16. Cálculo del costo de canales de agua de escorrentía.

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor parcial
1	Geomembrana permafex S-500 incluye instalación	m ²	3,12	2,46	\$ 520,13
2	Piedra de río	m ³	0,18	12,86	\$ 156,87
3	Excavación manual	m ³	0,33	4,55	\$ 101,75
4	Retiro del material para regar el sitio	m ³	0,33	1,72	\$ 38,46
5	Conformación de la zanja de anclaje (relleno con piedra)	m ³	0,18	3,68	\$ 44,89
Total	---	---	---	---	\$ 862,10

3.4.1.6 Costos inherentes al diseño del proyecto.

Los Costos inherentes al diseño del proyecto varían entre 3 y 10% del valor total de la inversión, estos costos incluyen los costos de la evaluación ambiental y los costos de supervisión.

$CI = \text{Encerramiento} + \text{Vallas de identificación} + \text{Vías internas de operación} + \text{Impermeabilización inicial} + \text{Canales de agua de escorrentía} + 0,03 * \text{Costos inherentes al diseño del proyecto}$

CI = \$ 3243,72

3.4.2 Costos de operación y mantenimiento.

Los costos de operación y mantenimiento deben incluir lo referente a personal, equipo, y la construcción de las chimeneas para liberar los gases. Debe incluir además, arreglo de vías, mantenimiento de drenajes, imprevistos, manejo de lixiviados, vigilancia y mantenimiento general.

3.4.2.1 Chimenea precio por metro lineal.

Se irán construyendo a medida que el relleno sanitario avance. De acuerdo a Cuadro 7.14. Chimenea precio por metro lineal, de *Collazos Peñaloza, H., 2005* se puede obtener el costo de operación de las Chimeneas para la operación del relleno sanitario. Tabla 17

Tabla 17. Cálculo del costo de operación de las Chimenea.

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario
1	Malla	Unidad	0,22	\$4,18
2	Piedra de río	m ³	0,80	\$12,86
3	Alambre	Kilogramo	1,0	\$0,64
Total	---	---	---	\$17.68

El costo de chimenea por metro lineal es de **\$17.68**, asumiendo que se colocará una chimenea de 1,5 m por cada trinchera y considerando que se contará con 4 zanjas por año, lo que implica 1 chimenea cada aproximadamente 20 metros, de acuerdo a *Cuadro 24, Röben, E. 2002*, por lo que el costo total de chimeneas para un año será:

Costo de Chimeneas: $\$17.68/\text{m} * 6 \text{ m} = \mathbf{\$106,08}$

3.4.2.2 Costos de operación y mantenimiento.

- Costo de Personal. De acuerdo a *Röben, E. 2002*, Cuadro 32: Necesidad de personal en un relleno sanitario, que regula de forma aproximada el número estimado del

personal necesario para el manejo de un relleno sanitario, se necesitaría para el relleno
propuesto un total de 3 personas, desglosadas de la siguiente forma:

1 Jefe del relleno (ingeniero civil, ingeniero mecánico o tecnólogo ambiental)

2 O b r e r o s d e r e l l e n o c o n l a s t a r e a s s i g u i e n t e s:

- construcción del encerramiento.
- construcción de chimeneas.
- limpieza de canales de drenaje y cunetas
- mantenimiento del relleno.

De acuerdo a esto el costo de personal será:

1 Jefe del relleno con salario de \$375/mes, equivale a \$4500/año

1 Obrero de relleno con salario de \$225/mes, equivale a \$2700/año.

De aquí **Costo de Personal = \$7200/año**

- Costo de maquinaria.

De acuerdo al Cuadro 7.2 costos de equipo de *Collazos Peñañoza, H., 2005* y considerando el uso de un Buldózer D4 o similar para abrir las zanjas o trincheras, con 4 días de operación y 60 días de vida útil por zanja, obtendríamos el siguiente resultado:

Bulldózer D4 o similar \$2/h (Cuadro 7.2)

Se necesitarían 4 zanj as por año o sea 16 días de operación para el Buldózer.

$$\text{Costo de maquinaria} = \$2/\text{h} * 16 \text{ días} * 24 \text{ h/día} = \$768$$

Este costo incluye costo del motorista, combustible y mantenimiento del equipo.

De acuerdo a Cuadro 7.15. Costos de operación y mantenimiento, de *Collazos Peñaloza, H.*, 2005 se puede obtener el costo de operación y mantenimiento del relleno: Tabla 18

Tabla 18. Costos de operación y mantenimiento

Ítem	Descripción	Unidad	Valor parcial
1	Costo de personal	Global	\$ 7 200
2	Costo de maquinaria	Global	\$ 768
3	Chimeneas	m	\$106,08
Total	---	---	\$ 8 074,08

Concluyendo, los costos totales (considerando los costos de inversión y de operación y mantenimiento) fueron de: **\$11317,8**

3.17 Cálculo del costo unitario de recuperación del capital (Cu) para un período de 15 años y un interés del 20% anual.

$$C_u = C I \frac{i}{1 - \frac{1}{(1 + i)^n}}$$

$$C_u = 3243,72 \times \frac{0.20}{1 - 1/(1.2)^{15}}$$

$$C_u = 3243,72 \times 0,2138 = 693,51 \text{ \$/año}$$

$$\text{El rendimiento anual será: } R = 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} \times 0,838 \frac{\text{ton}}{\text{día}} = 305.87 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Luego:

$$(C_u) = \frac{\text{monto anual de recuperación de capital}}{\text{toneladas dispuestas por año}} = \frac{693.51 \text{ \$/año}}{305.87 \text{ ton/año}}$$

$$= 2,27 \text{ \$/año}$$

3.17.1 Cálculo del costo unitario de operación y mantenimiento (Cuo)

$$C_{uo} = \frac{\text{Total gastos de operación y mantenimiento}}{\text{Toneladas dispuestas / año}}$$

$$= \frac{8074,08 \text{ \$/año}}{305.87 \text{ ton/año}} = 26,3 \text{ \$/ton.}$$

$$\text{El costo unitario total será: } C_{ut} = 2,27 + 26,3 = \$28.5 \text{ por ton.}$$

El costo unitario total por tonelada de basura procesada es de **\$28.5**. Esta cantidad es alta si la comparamos con otros costos para el procesamiento de residuos sólidos que aparecen en la página 182 de *Collazos Peñaloza, H., 2005* y que fluctúan entre 5 y 13 dólares la tonelada por disposición final. .

En esto influyen varios factores. El primero está relacionado con los elevados costos de los materiales impermeabilizantes y los bajos volúmenes de producción y procesamiento de residuos sólidos de Isabela de Sagua por habitante y por día. El segundo factor que puede estar influyendo está relacionado con los valores unitarios de los diferentes ítems de la valoración del costo. Además, a pesar de que este costo sea un poco elevado hay que tener

en cuenta el daño evitado a la salud humana, al ecosistema y al uso de los recursos naturales

Como se puede observar en el análisis de costos se tomó como referencia fundamental el texto de *Collazos Peñaloza, H., 2005*, en el cual aparecen los valores unitarios de costo referidos a la situación particular de Colombia (con valores del año 2004), por no contarse en la bibliografía consultada valores de costos aplicados a rellenos sanitarios en las condiciones específicas de Cuba.

Por otro lado, como ya se ha comentado anteriormente, en el diagnóstico realizado al actual sistema de gestión de residuos sólidos en Isabela se detectaron un conjunto de deficiencias, lo que conlleva a proponer que se lleve a cabo el siguiente plan de acción:

- Implementar un sistema de control de la calidad para el trabajo realizado por todo el personal involucrado en la gestión de los desechos sólidos en Isabela de Sagua.
- Reorganizar el recorrido de los medios que transportan los desechos sólidos siguiendo una estrategia logística adecuada y optimizando el uso de estos medios a partir del aprovechamiento de las capacidades de carga.
- Fomentar una cultura de trabajo del personal del aseo urbano que se base en la calidad y la eficiencia.
- Servicios Comunales debe realizar el completamiento de los medios de trabajo necesarios para el personal de higiene.
- Cambiar la ubicación del vertedero a cielo abierto hacia un sitio más alejado de los márgenes del río Sagua para evitar su contaminación.
- Establecer un sistema de inspección al vertedero para evitar la realización de prácticas inadecuadas como la quema de los residuos.
- Desarrollar un movimiento de Educación Ambiental en esta localidad con la ayuda del personal técnico disponible así como la masa estudiantil ya que esta es planteada como una solución básica para enfrentar la contaminación por residuos sólidos y es conocida como una medida paralela esencial a nivel internacional de acuerdo a IO CUNESCO (1994). McQuaid-Cook, Jennifer (1996) plantea la necesidad de asegurarse de involucrar a la comunidad en el proceso de toma de decisiones sobre esta problemática. En este caso se recomienda se realicen campañas masivas junto a los residentes y turistas durante los meses de la temporada de verano que es la de mayor incidencia en la contaminación por residuos sólidos, con el objetivo de evitar los problemas de disposición

de desechos en lugares inapropiados así como el vertido de estos residuos directamente al mar. Además, se sugiere el empleo de folletos, murales y adhesivos relacionados con la contaminación ambiental en las diferentes instalaciones de mayor acceso por la población y el personal de tránsito, así como en los contenedores de basura.

- Reducir la oferta de productos con embalajes no retornables (latas y botellas de vidrio) que pueden producir contaminación por residuos sólidos.
- Tomar acciones desde el punto de vista legal por las entidades de inspección facultadas, para penalizar a las personas o entidades que contribuyan al ensuciamiento de la ciudad.

Conclusiones parciales:

- 1- El sistema que se propone permitirá lograr una mejor gestión de los RSU en Isabela de Sagua.
- 2- Al evaluar las diferentes alternativas para el tratamiento/ disposición de los residuos sólidos de Isabela de Sagua se encontró con mayor factibilidad el relleno sanitario y la segregación en el origen.
- 3- El diseño de un relleno sanitario puede ser la solución a la disposición final de los residuos sólidos de Isabela de Sagua. No deben descartarse otros métodos como el compostaje y el reciclaje, para lograr el máximo aprovechamiento de estos residuos y enviar hacia el relleno la menor cantidad de desechos para disminuir costos y aumentar la vida útil del relleno.
- 4- El análisis económico realizado permitió constatar que hay indicadores de costo tanto de inversión como de operación y mantenimiento que deben ser actualizados y adaptados a las condiciones específicas de Cuba en aras de la disminución del costo total de la disposición final por tonelada de residuo sólido generado.
- 5- Se propuso un conjunto de medidas para dar solución a las deficiencias detectadas durante el diagnóstico realizado al actual sistema de gestión, destacando la educación ambiental como una acción imprescindible para evitar la contaminación con residuos sólidos.

CONCLUSIONES

1. El actual sistema de gestión de Residuos Sólidos Urbanos en Isabela de Sagua no responde a las necesidades ambientales, sanitarias y legales de la población al que se le presta el servicio, solo incluye la generación, recogida, transporte y disposición final de los residuos en un vertedero a cielo abierto que carece de los requisitos requeridos para este tipo de instalación.
2. Los residuos sólidos generados en Isabela de Sagua no son gestionados eficientemente resultando en impactos ambientales considerables particularmente contra el suelo y el aire, aunque es significativo el efecto del vertimiento indiscriminado de los desechos hacia el mar.
3. El análisis del Ciclo de Vida desarrollada con la metodología del ecoindicador 99 demostró que la categoría de impacto más afectada es el uso de los combustible fósiles y la de respiración de inorgánicos por el uso de los combustible y las emisiones a la atmósfera de Material particulado (PM), Óxidos de Nitrógeno (NO_x) y de Azufre (SO_x) que se desprenden durante la transportación de los residuos al vertedero, también se muestra un impacto negativo en las 3 categorías de daños.
4. Se propone como alternativas más factibles para la gestión de los residuos sólidos la segregación de residuos en el origen y la construcción de un relleno sanitario.
5. El sistema de gestión que se propone permitirá dar solución a las deficiencias detectadas durante el diagnóstico realizado al actual sistema, logrando una mejor gestión de los RSU en Isabela de Sagua.

RECOMENDACIONES

- 1) Que la Dirección de Servicios Comunes de Isabel de Sagua aplique el Sistema de Gestión Integral que se propone.
- 2) Estudiar otras alternativas de tratamiento de los Residuos Sólidos Urbanos.

Bibliografía.

1. Abu Qdais, H. A.; Hamoda, M. F.; y Newham, J., (1997). ANALYSIS OF RESIDENTIAL SOLID WASTE AT GENERATION SITES. Waste Management & Research. Vol. 15, No. 4, pp. 395-405. ISWA. Copenhagen, Denmark
2. Álvarez, S. y cols. Disposición de desechos sólidos en la ciudad de Las Tunas. Revista Cubana de Higiene y Epidemiología. Vol. 13. La Habana, sep-diciembre. 1975.
3. Anónimo (1997): Estrategia Ambiental Nacional
4. Anuario de Cuba, (2007)
5. Arena, U. Mastellone, M. L. Perugini, F. (2003) The environmental performance of alternative solid waste management options: a life cycle assessment study.
6. Beigl P., S.S., Comparison of ecological effects and cost communal waste management systems. Resources, Conservation and Recycling; 2004. 41: p. 83-102.
7. Bocalandro, N; Frid, D; Socolovsky, L. (2001). Biología II Polimodal. Editorial Estrada. En <http://www.scruz.gov.ar/recursos/educacion/opiaus01/gestiony.htm>
8. Bovea M.D., P.J.C., *Alternative scenarios to meet the demands of sustainable waste management. . Journal of Environmental Management* 2006. 79: p. 115-132
9. Carra, J y Cossu, R., 1990 INTERNATIONAL PERSPECTIVES ON MUNICIPAL SOLID WASTES AND SANITARY LANDFILLING. ISWA. ACADEMIC P. INC USA
10. Castillo Edwards Ing. Manejo integral de desechos sólidos urbanos en la República Bolivariana de Venezuela. (2007) <http://www.ablp.org.br/senalimp2009/30-01-2009.php> Acceso 30/01/09
11. Collazos Héctor P., Ramón Duque Muñoz (2001) "Residuos Sólidos" Facultad de Ingeniería – Publicaciones, Universidad Nacional de Colombia
12. Collazos Peñaloza, H., (2005). Diseño de rellenos sanitarios. Facultad de Ingeniería – Publicaciones, Universidad Nacional de Colombia
13. Contreras, H (2005) Gestión y Tratamiento de los Residuos Urbanos <http://www.uned.es/biblioteca/rsu/pagina1.htm#Cabecera>
14. Den Boer (Szpadt) E., d.B.J., Jager J., Rodrigo J., Meneses M., Castells F. Schanne L. , The use of life cycle assessment tool for the development of

- integrated waste management strategies for cities and regions with rapid growing economies. LCAIW M. . Environmental Sustainability Criteria and Indicators for Waste Management Technische Universitaet Darmstadt (TUD). Darmstadt., 2005.
15. Disposición de residuos sólidos. Acceso 30/01/09
<http://media.payson.tulane.edu:8083/html/env/envsp/Vol139.htm#1>
 16. Domínguez Núñez Jorge A. Ing. MEP. Estrategia Ambiental para el Manejo de los Residuos Sólidos Urbanos en Villa Clara 2007 – 2010. Dirección Provincial de Servicios Comunes Villa Clara. 2007
 17. Domínguez Núñez, Jorge Antonio (2009) Guía metodológica para la gestión integral de los residuos sólidos en la ciudad de Santa Clara. Tesis de Maestría.
 18. Enciclopedia. (2005) Enciclopedia Universal Micronet Versión 2006. En
<http://www.enciclopedia.net/#> Acceso 30/01/09
 19. Environmental management. Life Cycle Assessment. Principles and framework. National Office of Normalization. Havana City. Cuba. NC ISO 14040 (1999): , 1999.
 20. Environmental management. Life Cycle Assessment. Assessment of Life Cycle Impact. National Office of Normalization. Havana City. Cuba. NC ISO 14042 (1999), 1999.
 21. Environmental management. Life Cycle Assessment. Life Cycle Interpretation. National Office of Normalization. Havana City Cuba. NC ISO 14043 (1999) 1999.
 22. Eriksson O., C.R., Frostell B., Björklund A., Assefa G., Sundqvist J-O., Granath J., Baký A., Thyselius L. , Municipal solid waste management from a systems perspective. . Journal of Cleaner Production 13: 241-252., 2005.
 23. Estadística de la Dirección Municipal de Servicios Comunes Sagua. 2010.
 24. Estadística del Dpto. Independiente Servicios Comunes Nacional. 2008.
 25. Ficha Técnica N0 7.3.3 (2008) Guía para selección de tecnologías de Manejo Integral de Residuos Sólidos.
 26. Finnveden G., H.P., Bare J., Basson L., Ciroth A., Mettler T., Seppälä J., Johansson J., Norris G and Volkwein S., Normalisation, grouping and weighting in life cycle impact assessment. In: Life-cycle impact assessment: striving towards best practice. . SETAC. Florida. USA, 2004.

27. Finnveden G., E.T., Life cycle assessment as a decision support tool -the case of recycling vs. incineration of paper. . Resources, Conservation and Recycling; 1998. 24: p. 235 - 256.
28. Gallardo Izquierdo, A. (2005). "La Recogida y Transporte de Residuos Sólidos Urbanos. Curso de Gestión de Residuos Sólidos". Madrid, 27, 28 y 29 de Junio de 2005. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
29. <http://www.ecouncil.ac.cr> , (2004)
30. <http://www.bvsde.ops-oms.org>, (2005)
31. <http://www.codelco.com> (2003)
32. <http://www.habitat.aq.upm.es/cs/p3/a014.html>, (1997)
33. <http://www.tecnun.es/asignaturas/ecologia/Hipertexto/13residuo/112Vertc.htm>
34. Informe de la Evaluación Regional de los Servicios de Manejo de Residuos Sólidos. OPS.2005.
35. Informe anual de los Servicios de Manejo de Residuos Sólidos. Servicios Comunes, 2008.
36. ISDE. and MSc. Reneiro M. Pérez Rodríguez 2008. Tesis de maestría.
37. Kikiewicz, Z y Mrozinski, A., (1999) THE PRESENT STATE AND LOOK TO THE FUTURE IN DEVELOPMENT OF PAPER FIBRE RECYCLING. R'99 Recovery, Recycling and re-integration Congress Proceedings. Volume III. Geneva, Switzerland.
38. Larraz Pedro. (1995) CUADERNO TECNICO DEL MEDIO AMBIENTE. Editorial Valero. España. <http://habitat.aq.upm.es>
39. López Garrido, J. Pereira Martínez.; (1982) Basura Urbana Recogida, eliminación y Reciclaje
40. Lund, Herbert F. (1996). MANUAL MCGRAW HILL DE RECICLJE. McGraw-Hill MADRID España
41. Lundie S., P.G.M., Life cycle assessment of food waste management options. . Journal of Cleaner Production, 2005. 13: p. 275-286.
42. Mendes M.R., A.T., Hanaki K., Assessment of the environmental impact of management measures for biodegradable fraction of municipal solid waste un Sao Paulo City. . Waste Management; 2003. 23: p. 403-409.

43. Mendes M.R., A.T., Hanaki K. , Comparison of environmental impact of incineration and landfilling in Sao Paulo City as determined by LCA. . Resources, Conservation and Recycling;, 2004. 41: p. 47-63.
44. Merizalde Hoyos Juan C., Monsalve García Alejandro, Mujica Muñoz Julián Reynaldo, (2003). Manual para el Manejo Integral de Residuos Sólidos (MIRS) en Instituciones Educativas Escuela de Ingeniería de Antioquia Ingeniería Ambiental.
45. Miller Tyler G.;1994, Ecología y Medio Ambiente
46. NC 133: (2002) Residuos Sólidos Urbanos – Almacenamiento, Recolección y Transportación – Requisitos Higiénicos Sanitarios y Ambientales. Primera Edición. Oficina Nacional de Normalización. Ciudad de la Habana.
<http://biblioteca.idict.villaclara.cu/biblioteca/compendios-informativos/cesam2006/Cuba-leyes/articulo23>
47. NC 134 (2002). Residuos sólidos urbanos. Tratamiento -Requisitos higiénico-sanitario y ambientales. Primera Edición. Oficina Nacional de Normalización. Ciudad de la Habana.<http://biblioteca.idict.villaclara.cu/biblioteca/compendios-informativos/cesam2006/Cuba-leyes/articulo24>
48. NC: 135 (2002). Residuos sólidos urbanos, disposición final. Requisitos higiénicos sanitarios y ambientales. <http://biblioteca.idict.villaclara.cu/biblioteca/compendios-informativos/cesam2006/Cuba-leyes/articulo25>
49. OMS/OPS. (2004) Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe. Washington, D.C. En <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsars/fulltext/informe/cap1.pdf>
50. OMS/OPS. (2002) Evaluación regional de los servicios de manejo de residuos sólidos. CPHE – SERVICOM. Villa Clara. Cuba
51. Orozco Alvaro.; 1999, Desechos Sólidos una aproximación racional para su recolección, transporte y disposición, Universidad de Antioquia.
52. OPS. (2005) Informe de la Evaluación Regional de los Servicios de Manejo de Residuos Sólidos Municipales en América Latina y el Caribe. Washington, D.C. En <http://www.bvsde.ops-oms.org>
53. Ramírez García Carlos A. Ing., Pedraza Garciga Julio Dr.(2007) Gestión de los Residuales Sólidos Urbanos: Estado del arte de los Rellenos Sanitarios: Caso de Estudio Colombia.

54. Residuos Sólidos. Autor desconocido. Acceso 30/01/09
<http://www.fortunecity.es/expertos/profesor/171/residuos.html>
55. Rodríguez Andara Alejandro Ing. Residuos Sólidos Urbanos. Tecnologías Aplicadas en la Unión Europea.
56. Schleenstein Gerhard (2003). Gestión de Residuos Sólidos Urbanos en Cuba con un Enfoque al Municipio Minero de Moa.
57. SEDESOL (1997). Manual para el diseño de rutas de recolección de residuos sólidos municipales. México, D.F. En http://www.bajacalifornia.gob.mx/ecología/servicios/residuos_sólidos/manual_rutasres_solmunicipales.pdf
58. Skinner H. John. (2004) Waste Management Serie 4. Solid Waste Management policies for the 21 st Century.
59. Tchobanoglous, G., Theisen, H., Vigil, S., (1994) Gestión Integral de Residuos Sólidos, McGraw-Hill, Inc. EEUU GIRSU - Tratamiento y Disposición Final.
60. Tiquia Sonia M. and Tam Nora F.Y. Febrero de 1998. COMPOSTING PIG MANURE IN HONG KONG. Biocycle Vol. 39, Num. 2 Editorial Board. EE.UU.
61. U. Arena, M.L.M., F. Perugini, The environmental performance of alternative solid waste management options: a life cycle assessment study. Chemical Engineering Journal 2003: p. 207–222.
62. Unda Opazo Francisco. (1998) "Ingeniería Sanitaria aplicada a saneamiento y salud Publica" Impreso en México
63. Whiting, K.J. y Schwager, F.J., (1997). EUROPEAN TRENDS IN THE THERMAL TREATMENT OF SOLID WASTES. The ISWA Yearbook 1997/8. ISWA. Copenhagen

A n e x o s

A n e x o 1 .