

UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas



FIMI
Facultad de
Ingeniería Mecánica
e Industrial

Departamento de Ingeniería Industrial

TRABAJO DE DIPLOMA

Título: "Base teórica-conceptual de la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos"

Autora: Anabel Aguila Fleites

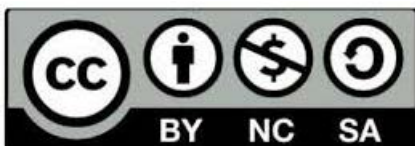
Tutora: Ing. Yaima González González

Santa Clara
Junio de 2018

Este documento es Propiedad Patrimonial de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, y se encuentra depositado en los fondos de la Biblioteca Universitaria “Chiqui Gómez Lubian” subordinada a la Dirección de Información Científico Técnica de la mencionada casa de altos estudios.

Se autoriza su utilización bajo la licencia siguiente:

Atribución- No Comercial- Compartir Igual



Para cualquier información contacte con:

Dirección de Información Científico Técnica. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Carretera a Camajuaní. Km 5½. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP. 54 830
Teléfonos.: +53 01 42281503-1419

Dedicatoria

- ❖ A papá que está en el cielo.
- ❖ A mi momi linda que siempre ha estado para mí en las buenas, las malas y las peores y que es mi mayor orgullo e inspiración.
- ❖ A mi hermano del alma, el mejor de todos.

Agradecimientos

- ❖ A mi familia, en especial a mi mamá y a mi hermano por su apoyo incondicional desde el inicio de esta larga carrera, por siempre estar ahí acompañándome y guiándome por el camino del bien.
- ❖ A mi esposo que a pesar de la distancia me acompaña y apoya de corazón, además fueron muchas las noches de desvelo que pasamos para llegar hasta donde estamos hoy.
- ❖ A mi tutora por su paciencia y dedicación para que este trabajo saliera lo mejor posible.
- ❖ A mi amiga María que más que amiga es como hermana para mí.
- ❖ A mi Pepe Grillo Baby por sus consejos y regaños.
- ❖ A mis compañeras de aula, la gente de Santa Clara: Cleidy, Jeisy, Lorena y Anniery por las miles de horas que pasamos juntas durante la universidad.
- ❖ A los profesores de la facultad.
- ❖ A todos los que de una forma u otra colaboraron para que este sueño se hiciera realidad. ¡MUCHAS GRACIAS!

Resumen

El presente trabajo de diploma tiene como título "Base teórica-conceptual de la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos", mediante el cual se pretende elaborar un marco teórico que contenga conceptos, definiciones relacionadas con el tema, así como las características de la gestión integral de los residuos sólidos urbanos y las etapas involucradas en ella, las investigaciones realizadas y las legislaciones vigentes que ofrezca una base sólida para proyectos relacionados con la temática. Para ello se parte de una revisión bibliográfica de conceptos, características y clasificaciones de los residuos, hasta llegar a lo que es residuos sólidos urbanos y su gestión integral; donde se analizan las etapas involucradas y se destaca la caracterización de los residuos como punto de partida de todas las actividades sucesoras. También se realiza una búsqueda de algunos estudios, nacionales e internacionales, relacionados con el tema y del marco jurídico vigente. Finalmente, se concluyen y recomiendan los elementos más relevantes y adecuados para la aplicación en el país de un sistema de gestión integral de residuos sólidos urbanos.

Abstract

Does the present diploma work have as title "Base theoretical-conceptual of the Integral Administration of Urban Solid Residuals", by means of which is sought to elaborate a mark theoretical that serves from support to future investigative projects in Cuba. It leaves of a bibliographical revision of concepts, characteristic and classifications of the residuals, until arriving to what is urban solid residuals and their integral administration; where the involved stages are analyzed and it stands out the characterization of the residuals like starting point of all the activities successors. It is also carried out a search of some studies, national and international, related with the topic and of the effective juridical mark. Finally, you conclude and they recommend the most outstanding and appropriate elements for the application in the country of a system of integral administration of urban solid residuals.

Índice

Introducción	1
Capítulo 1. Conceptos básicos, características, clasificaciones y etapas de la gestión integral de residuos sólidos urbanos.....	4
1.1. Evolución histórica de la gestión de residuos	4
1.2. Residuos Sólidos Urbanos (RSU). Definiciones.....	7
1.2.1. Residuo	8
1.2.2. Residuos Sólidos (RS).....	9
1.2.3. Residuos Sólidos Urbanos (RSU).....	16
1.3. Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU).....	21
1.3.1. Etapas de la GIRSU.....	21
1.4. Conclusiones Parciales	24
Capítulo 2. Etapas de la GIRSU, sus métodos, investigaciones y normativas	26
2.1. Características de las etapas de GIRSU	26
2.1.1. Etapa 1. Generación de residuos	26
2.1.2. Etapa 2. Almacenamiento	33
2.1.3. Etapa 3. Recolección	36
2.1.4. Etapa 4. Transporte	41
2.1.5. Etapa 5. Tratamiento	48
2.1.6. Etapa 6. Disposición final.....	52
2.2. Antecedentes de estudios relacionados con la GIRSU.....	56
2.3. Normas internacionales más usadas en la GIRSU.....	63
2.4. Marco Legislativo vigente en Cuba relacionado con RSU.....	64
2.5. Conclusiones parciales.....	64
Conclusiones generales	66
Recomendaciones.....	67
Bibliografía.....	68
Anexo 1. Evolución histórica de la gestión de residuos	72
Anexo 2. Evolución histórica de la gestión de residuos en Cuba.....	73
Anexo 3. Diagrama de las etapas propuestas para la GIRSU.....	74
Anexo 4. Aplicaciones del método del cuarteo.....	75
Anexo 5. Tipos de muestreos estadístico más utilizados para la caracterización de residuos.....	76
Anexo 6. Ventajas y desventajas de los métodos de recolección.....	77

Anexo 7. Ventajas y desventajas de las estaciones de transferencia	78
Anexo 8. Ejemplo de modelo de gestión aplicado en México	80
Anexo 9. Diagrama heurístico para la estrategia de Gestión de los residuos sólidos en Cabinda.....	81
Anexo 10. Resumen de las legislaciones internacionales relacionadas con los RSU y su gestión.....	82
Anexo 11. Resumen de legislaciones cubanas vigentes relacionadas con los RSU y su gestión.....	87

Introducción

La generación de residuos sólidos urbanos emerge con la existencia de la vida en el planeta. El hombre actúa en la naturaleza como productor y consumidor, pero no como descomponedor. El hábito de tirar lo que ya no es funcional es inevitable en las especies y es por ello que si se quiere conservar la existencia del globo terráqueo es necesario establecer estrechas relaciones sostenibles entre todos los que forman parte y habitan en él.

El crecimiento demográfico, es una de las circunstancias que agravan la situación actual de los residuos. La población mundial ha experimentado un crecimiento acelerado en las últimas décadas; en los años 1900 la cantidad de habitantes a nivel mundial rondaba los 2 500 millones y un siglo después la población se ha triplicado, dado que actualmente existen más de 7 500 millones de habitantes (CountryMeters, 2018), con su correspondiente aumento en la generación de residuos, lo que se estima que sea de alrededor de 7 000 y 10 000 millones de toneladas cada año. Así lo recoge informes en el que han trabajado expertos del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la International Solid Waste Association (ISWA).

Esta situación se ha visto agravada con las tendencias de migraciones masivas del campo a la ciudad, concentrándose gran cantidad de población en áreas urbanas, lo que provoca el aumento indiscriminado de los residuos. Los habitantes de las ciudades reciben productos de distintos lugares de origen que, una vez que han sido utilizados y se convierten en residuos, no vuelven a su origen sino que se acumulan en las ciudades como microvertederos.

Se ha producido, igualmente, un gran incremento en la utilización de productos de un solo uso, así como en el envasado y empaquetado de los mismos. Esto provoca un aumento en el volumen de los residuos y a la vez un despilfarro de materias primas y recursos no renovables. El consumo compulsivo como nueva tendencia, crea necesidades que son saciadas con objetos de vida útil limitada y caducidad programada, lo que hace adquirir nuevas cosas y desechar otras.

Por lo que urbanización creciente de los países, los constantes cambios en hábitos de consumo, el crecimiento del nivel de vida y proliferación, cada vez más, de productos en los mercados ha provocado el aumento significativo en la cantidad y diversidad residuos sólidos en el entorno. La aparición, también, de materiales más resistentes a los procesos de degradación natural que permanecen más tiempo en el medio, y el aumento de su peligrosidad, son factores que desmejoran el entorno relacionado con los residuos.

De ahí, la importancia que tiene concientizar y educar a todos sobre cómo dar un adecuado destino a lo que ya no es útil. De no ser así, las consecuencias pueden ser

caóticas a corto plazo, no solo para el ser humano sino para el medio ambiente en general. Por eso, el conocimiento del origen, composición, generación, tratamientos y disposición final de los residuos sólidos urbanos se convierte en un tema vital para la calidad de vida de quienes habitan este planeta.

Cuba no está ajena de todos estos acontecimientos. Es por ello que, a la par con el mundo, gira todos sus esfuerzos para garantizar una adecuada gestión de los residuos sólidos urbanos. El Partido y el Gobierno, como máximas autoridades, han reflejado su disposición y apertura a nuevas investigaciones y proyectos que se puedan presentar y que minimicen los inconvenientes que el tema en cuestión trae consigo. Esto se evidencia en los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución dados a conocer el 18 de abril de 2011 en el VI Congreso del PCC, cuando relacionado con política de ciencia, tecnología, innovación y medio ambiente, expresa en el lineamiento 133: "Sostener y desarrollar investigaciones integrales para proteger, conservar y rehabilitar el medio ambiente y adecuar la política ambiental a las nuevas proyecciones del entorno económico y social. Priorizar estudios encaminados al enfrentamiento al cambio climático y, en general, a la sostenibilidad del desarrollo del país. Enfatizar la conservación y uso racional de recursos naturales como los suelos, el agua, las playas, la atmósfera, los bosques y la biodiversidad, así como el fomento de la educación ambiental." El lineamiento 137, lo ratifica, al enunciar el interés de "continuar fomentando el desarrollo de investigaciones sociales y humanísticas sobre los asuntos prioritarios de la vida de la sociedad, así como perfeccionando los métodos de introducción de sus resultados en la toma de decisiones a los diferentes niveles". (PCC, 2011)

Los residuos sólidos urbanos actualmente constituyen uno de los más serios problemas ambientales derivados de las actividades productivas y de consumo, debido principalmente a las cantidades que se generan año tras año. Solamente, en Villa Clara del año 2015 al 2017, ha existido un incremento de generación de 0.82 kg/hab/día a 0.95 kg/hab/día, estos datos fueron facilitados por la sala de análisis de la Empresa Provincial de Servicios Comunes de Villa Clara y se estima que continúen aumentando con el paso del tiempo y el incremento poblacional. Sin embargo, a pesar de todos los intentos por proteger el medio ambiente y preservar la higiene y educación ambiental, la población, protagonista por excelencia y principal responsable, no está realmente concientizada de la importancia de la tarea. Unido a lo anterior, actualmente existen agentes interesados en la inversión de plantas de tratamiento de residuos para el territorio central sin embargo aún hay incertidumbre de cómo hacerlo, con qué, para qué y dónde, dada la inexistencia de instrumentos que regulen y

organicen este tipo de actividades. Por esas razones, todo lo anterior expuesto constituye la **situación problemática** de la presente investigación.

Atendiendo a lo antes mencionado, el **problema de investigación** radica en ¿cómo gestionar los residuos sólidos urbanos integralmente, teniendo en cuenta las buenas prácticas más utilizadas en el mundo?

Para dar solución a dicho problema se traza como **objetivo general** realizar un análisis sobre los principales elementos a tener en cuenta en la gestión integral de los residuos sólidos urbanos y las etapas involucradas en ella, las investigaciones realizadas y las legislaciones vigentes que ofrezca una base sólida para proyectos relacionados con la temática. De ahí se derivan los objetivos específicos siguientes:

1. Definir conceptos básicos y etapas de la gestión integral de residuos sólidos urbanos.
2. Identificar las características de las etapas de gestión, los métodos, herramientas y técnicas que se emplean en ellas.
3. Analizar estudios nacionales e internacionales realizados sobre el tema y la base normativa vigente.

El documento se estructura en dos capítulos. El capítulo 1: "Conceptos básicos, características, clasificaciones y etapas de la gestión integral de residuos sólidos urbanos"; abarca los principales elementos teóricos derivados de la revisión bibliográfica de la literatura nacional e internacional más actualizada y especializada en el tema. Por otra parte, el capítulo 2: "Etapas de la GIRSU, sus métodos, investigaciones y normativas", describe cada una de las etapas presentes en la gestión y los métodos más comunes en cada una de ellas, además, muestra estudios relacionados con el tema y el marco legislativo vigente.

Capítulo 1. Conceptos básicos, características, clasificaciones y etapas de la gestión integral de residuos sólidos urbanos

Los residuos son tan antiguos como el hombre. Cada día aumenta el número en que son generados, por lo que su adecuado manejo es imprescindible para minimizar los impactos negativos que causan al ambiente y a la sociedad. En este capítulo se pretende realizar una detallada búsqueda bibliográfica en la que se definan los principales conceptos, características, propiedades y clasificaciones de los residuos, su evolución en el tiempo y los elementos que permiten una adecuada gestión para que quede establecida la primera parte de la base conceptual de la investigación. La revisión de las diferentes fuentes bibliográficas facilita el análisis del estado del arte y de la práctica del temático objeto de estudio, reflejada a través del hilo conductor que se muestra en la figura 1.1.

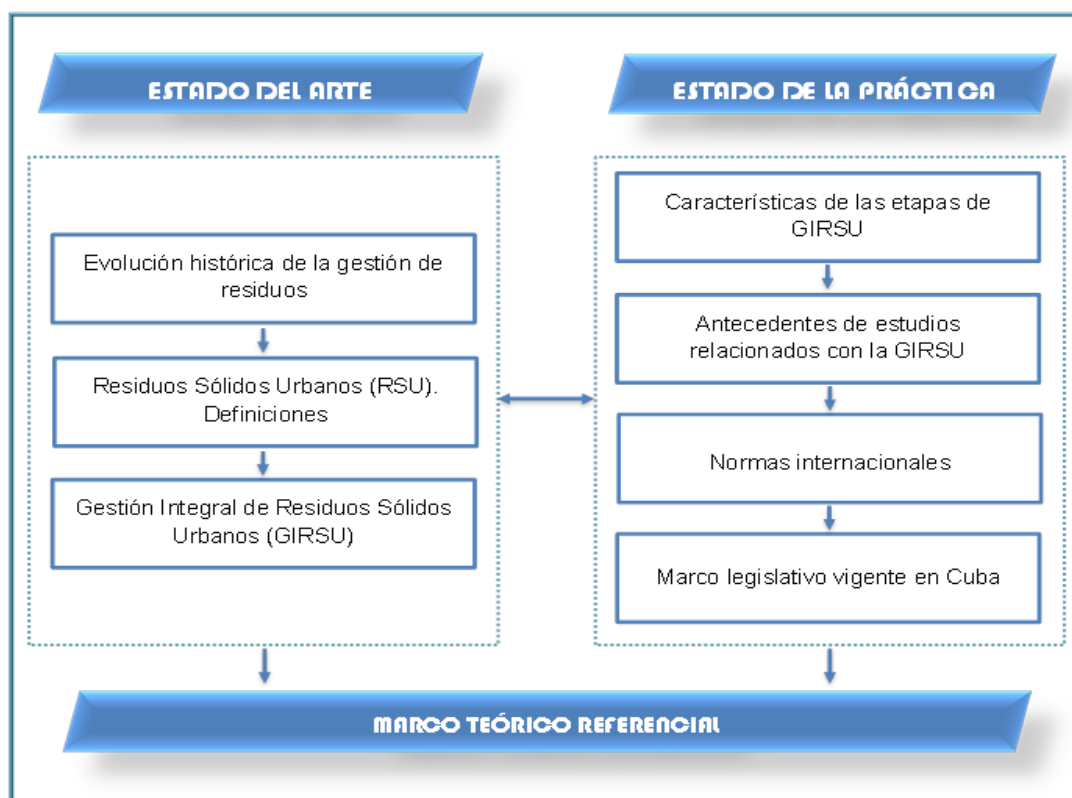


Figura 1.1. Hilo conductor del marco teórico referencial. (Fuente: Elaboración propia)

1.1. Evolución histórica de la gestión de residuos

Desde el Paleolítico, el hombre ha producido residuos, la especie humana ha explotado los diversos recursos que la naturaleza ha puesto a su alcance.

El origen de la agricultura y de la ganadería en el llamado neolítico, permitió al ser humano independizarse de los recursos naturales "espontáneos" para su subsistencia evitándole además el desplazamiento constante en busca de los mismos e inaugurando la era del transporte y almacenamiento lejos de su lugar de origen.

La huella que sus actividades dejaron en la naturaleza, fue muy superficial, ya que los residuos generados se empezaron a depositar en el entorno aunque por su carácter orgánico biodegradable y por su escasa cantidad, no presentaban problemas y se integraban perfectamente en el ciclo de la naturaleza.

Durante siglos, la especie humana propició la formación de poblados, cada vez con mayor número de individuos consumiendo básicamente alimentos de fácil asimilación y descomposición y produciendo bienes duraderos basados en materias naturales como la madera, el cuero, y las fibras textiles naturales, algodón y lana, escasamente hierro, cerámica, yeso, cal, el residuo así generado era escaso y fácilmente reciclable. Sin embargo, las concentraciones humanas en grupos cada vez más numerosas originaron que la generación de residuos y su inexistente gestión comenzara a ser preocupante. Por lo que se estima que la proliferación de la basura es un fenómeno que nació con las grandes acumulaciones humanas y su forma de vida.

Se han encontrado depósitos incontrolados de los antiguos residuos sólidos de la época de los romanos, lo que dio lugar a un enorme montículo o el caso de un antiguo vertedero bajo los cuales se ha descubierto una cloaca de saneamiento de las aguas residuales de la ciudad de Caesar Augusta (Zaragoza) del siglo I a.C. Como también residuos encontrados en gran cantidad en un antiguo vertedero de los siglos I al V d.C. oculto por terreno agrícola en Iruña de Oca (Álava). Esto demuestra que el depósito de residuos en vertederos más o menos controlados ha sido una práctica común desde que el hombre primitivo se hizo sedentario.

La Edad Media, época marcada por las epidemias que diezmaron a la población de Europa, se caracteriza por el hecho del arrojado incontrolado de comida y otros residuos sólidos (incluidos detritus) a las calles, caminos y terrenos vacíos. La falta de una idea clara sobre la gestión de los residuos llevó a que la mitad de los europeos del siglo XIV falleciesen a causa de las epidemias.

Con la Revolución Industrial de finales siglo XVIII, y con el desarrollo de la ciencia y la técnica, surgen nuevas actividades industriales; se desarrolla extraordinariamente el comercio, las ciudades se agrandaron aumentando también el volumen de residuos producidos y, además, se comenzó a utilizar profusamente el carbón y el petróleo como fuente de energía; también, por primera vez, se produce contaminación ambiental, debido a la combustión de estos dos materiales; así, se produjeron graves problemas sanitarios, que dieron lugar a la aparición de numerosas enfermedades como el cólera o el tifus.

Posteriormente, en el siglo XIX, continuó el desarrollo de una sociedad tecnológica a raíz de la Revolución Industrial iniciada en Europa, surge lo que puede calificarse como el gran incremento de los problemas derivados de los residuos.

Es a partir del siglo XX, especialmente en su segundo tercio, donde aparece fuertemente la expansión de la economía basada en el consumo, la cultura del usar y tirar. En este período, debido a los avances técnicos y a la realización de materiales sintéticos no degradables, como pueden ser los plásticos, surgen los primeros graves problemas de contaminación de suelos.

En la era de la industrialización masiva de las sociedades desarrolladas el problema empieza a tomar proporciones críticas y a generar un gravísimo impacto en el medio ambiente. (Alcaide, 2012)

Respecto a la historia del tratamiento de residuos en América, el primer paso para su manejo organizado se produjo en Estados Unidos a principios del siglo XX. Hasta ese momento, eran vertidos en el suelo (enterrados o a cielo abierto), se descargaban en cuerpos de agua o se incineraban.

A comienzos de la década de 1940, Nueva York y California comenzaron con el vertido controlado y se implementaron programas para el control de vectores y la prevención de enfermedades.

Entre las décadas de 1940 y 1970 surgió una nueva forma de administración de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU), denominada gestión iluminada, que se focalizó en el control de la generación, recolección, transporte, tratamiento y disposición final, con especial énfasis en los efectos ambientales y en la salud de la población.

A principios de la década de 1970, la preocupación creciente motivó un cambio en el foco de la gestión de los residuos, direccionado hacia el análisis de los materiales existentes en los RSU a fin de establecer aquellos elementos que resultaban susceptibles de ser reutilizados y/o reciclados. Este proceso derivó en el concepto de Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU), instalado definitivamente en la década de 1990. En el anexo 1 muestra el resumen de la evolución histórica de la gestión de residuos.

Específicamente, la Agenda XXI en su capítulo “Manejo Ecológicamente Racional de los Residuos Sólidos” donde se enuncia los postulados que luego fueron retomados y enfatizados en la Cumbre de Johannesburgo 2002. Estos postulados fueron:

- Reducción en origen.
- Maximización de la reutilización y el reciclado.
- Tecnologías de tratamiento y disposición final ambientalmente adecuadas y que incluyan recuperación de energía.
- Ampliación del alcance de los servicios relacionados con los residuos.
- Tecnologías de producción limpia y consumo sustentable.
- Investigación y desarrollo.

- Educación ambiental.
- Participación de la comunidad en la gestión de los residuos. (Timm, 2013)

En Cuba, se evidencia que desde las Ordenanzas Sanitarias promulgadas en 1841 por el gobierno de la colonia, incluían ya en sus capítulos XV y XVI aspectos relacionados con los residuos sólidos. El 1ro de junio de 1926 entró en vigor el primer reglamento para la limpieza de la Ciudad de la Habana. Solo hasta ese momento fue que se establecieron principios de higiene pública encaminados a salvaguardar la salud de la colectividad, lo que se evidencia en documentos periodísticos de la época (Del Puerto, 1992). Los mismos estaban dirigidos al cuidado de la salud, teniendo en cuenta la limpieza de la ciudad. Para entonces, no se consideraba la disposición final como un elemento que incidía en la salud ni se prevenían los daños que los mismos causaban al medio ambiente. Hasta 1960, el servicio de limpieza de calles y recogida de residuos se brindaba a la población a través del Ministerio de Salud Pública. Posteriormente, pasó a manos de las JUCEI municipales, luego a los Poderes Locales que más tarde se constituirían en los Poderes Populares, actuales órganos de gobierno. Hoy por hoy, el organismo competente para los servicios comunales es el Ministerio de Economía y Planificación (MEP), dentro del cual, es el Departamento de Planificación Territorial y Servicios Comunales (DPTSC) el encargado de los mismos. A escala local, es la Unidad Presupuestada Municipal de Servicios Comunales la responsable de brindar los servicios de barrido de calles, recolección, transporte, tratamiento y disposición de residuos sólidos, lo cual realiza a través de una estructura conformada en “zonas comunales” que abarca la totalidad del municipio. Esta unidad se subordina al Consejo de la Administración de la Asamblea Municipal del Poder Popular y se relaciona funcionalmente con su respectivo Sectorial Provincial de Comunales.

En la gestión de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) en particular, los aspectos técnicos son asistidos por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), siendo la Unidad de Medio Ambiente de cada Delegación Provincial del CITMA, la entidad responsabilizada del control integral del proceso en lo relativo a la gestión ambiental. Por su parte, desde el punto de vista higiénico-sanitario, el control de esta actividad es llevado a cabo por Salud Pública a través del Centro Municipal de Higiene, Epidemiología y Microbiología (CMEM). En anexo 2 se resume la evolución de los residuos a nivel nacional y sus principales actores. (Rodríguez et al., 2013)

1.2. Residuos Sólidos Urbanos (RSU). Definiciones

Definir RSU es el punto de partida del marco teórico referencial que se desea realizar en este trabajo de diploma. Los diferentes enfoques de los autores permiten concretar conceptos, características y propiedades que van desde lo más simple, con el término residuo, hasta los elementos más relevantes y significativos de los RSU.

1.2.1. Residuo

El Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española (RAE, 2014), define residuo como:

Del lat. residuum.

1. m. Parte o porción que queda de un todo
2. m. Aquello que resulta de la descomposición o destrucción de algo
3. m. Material que queda como inservible después de haber realizado un trabajo u operación. U. m. en pl.

Residuo también ha sido definido como todo material inútil o no deseado, originado por actividad humana, en cualquier estado físico que puede ser liberado en cualquier medio receptor como la atmósfera, agua, suelo. (Cabildo et al., 2008)

La OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) plantea que residuo son aquellas materias generadas en las actividades de producción y consumo que no han alcanzado un valor económico en el contexto en el que son producidas. (Colomar, 2007)

La Unión Europea (UE), en su Directiva 75/442/CEE (UE, 2006) del Consejo, especifica que se considerará como residuo cualquier producto en estado sólido, líquido o gaseoso procedente de un proceso de extracción, transformación o utilización, que carente de valor para su propietario, este decide abandonar, dentro del ámbito urbano.

Según Alfonso del Val, “el residuo es ante todo una realidad social, diferente según las sociedades y épocas, y representa un valor cultural y social para los individuos que forman o han formado dichas sociedades”. Otro enunciado dado por el autor al respecto es: “por residuos debemos considerar tanto los materiales, sólidos, líquidos y gaseosos (con su contenido energético intrínseco), como los exclusivamente energéticos: vibraciones, radiactivos, electromagnéticos, que abandonamos en el entorno”. (Del Val, 1996)

Considerando el criterio de los especialistas se puede resumir que el término residuo es todo aquel material resultante de un proceso que una vez utilizado y carente de vida útil o valor económico es desechado o abandonado en el entorno. Además se puede afirmar que existen distintas clases de residuos atendiendo a su clasificación por el estado físico en que se encuentren, pueden existir los residuos sólidos, líquidos o gaseosos. Se agregan los residuos pastosos, que comúnmente aparecen como producto de las actividades humanas. A continuación se detallan las características y clasificaciones de los residuos sólidos, por ser la esencia del presente trabajo de diploma.

1.2.2. Residuos Sólidos (RS)

Los RS se definen como aquellos desperdicios que no son transportados por agua y que han sido rechazados porque ya no se van a utilizar. (Glynn, 1999).

También podrían considerarse como los materiales de un proceso, normalmente industrial o domiciliario, que después de haber sido sometidos al uso por necesidades mercantiles o de supervivencia, han quedado como sobrantes del ciclo particular pero que son susceptibles a la reintroducción, por aprovechamiento o disposición final inocua, al ciclo general de producción o al ciclo ecosistémico. (Avendaño, 2015)

Es considerado, además, como todo objeto sólido, sustancia o elemento producto de las diferentes actividades cotidianas de origen orgánico e inorgánico que se abandona, bota o rechaza o puede ser recuperado de diferentes formas. (Lozano, 2017)

1.2.2.1. Características de los RS

Los RS son muy variados pero todos comparten el hecho de ser materiales que han sido alterados por el aprovechamiento directo mediante la aplicación de un proceso o por el deterioro normal causado debido a factores ambientales. Sin embargo, esta particularidad grupal termina por ofrecerles una singularidad que permite evidenciar una serie de características, claramente identificables, que varían según la estructura composicional de la materia prima y las actividades inherentes a los procesos que generan los RS. Para una mejor comprensión de las características relevantes de los RS se ofrece a continuación una relación de las mismas, en la tabla 1.1.

Tabla 1.1. Características fisicoquímicas y microbiológicas de los RS.

Características	Tipo	Unidad de medida	Definición
Químicas	Poder Calorífico	kcal/kg	Capacidad potencial de calor que puede desprender un material cuando es quemado
	pH	Unidades pH	Indicador del grado de acidez o alcalinidad de los residuos
	Sustancias químicas compositivas	%	Porcentajes de cenizas, materia orgánica, C, N, K, Ca, P, relación C/N, humedad, entre otros
	Materia orgánica	%	Indica la capacidad de biodegradación de los RS
Físicas	Humedad	%	Característica de gran importancia al momento de la compresión de residuos, producción de lixiviados, transporte, procesos de transformación, incineración y recuperación energética

	Peso específico	kg/m ³	Relación del peso de los RS en función del volumen
	Compresibilidad	%	Grado de compactación o reducción de volumen de una masa de RS bajo presión determinada
Microbiológicas	Producción per cápita	kg/hab/día	Relación de la cantidad de residuos generados diariamente por un habitante de un lugar o región determinada
	Agentes patógenos o microorganismos degradadores (virus, bacterias, hongos)	UFC	Microorganismos presentes en los RS que pueden ayudar en la degradación de los mismos o convertirlos en focos patógenos

Fuente: Elaboración propia a partir de (Campos, 2003), (Contreras, 2006) y (Jiménez, 2001)

1.2.2.2. Clasificación de los RS

Los RS han sido catalogados 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 un juicio u otro.

La clasificación de los RS puede variar y puede estar determinado por el tipo de estudio, investigación o proyecto que se pretenda hacer relacionado con el tema. A continuación, en la tabla 1.2, se muestra una síntesis de los criterios, clasificaciones y características de los RS emitidas por varios especialistas del tema.

Tabla 1.2. Clasificación de los RS

Criterios	Clasificación	Características	Fuente
Según su origen	1. Industriales: <ul style="list-style-type: none"> Residuos industriales inertes Residuos industriales asimilables a urbanos Residuos industriales especiales 	Son aquellos residuos que de forma directa o indirecta se generan en las actividades industriales	(Albacete, 2011)
	2. Agrícolas y Ganaderos: <ul style="list-style-type: none"> Residuos agrícolas Residuos forestales Residuos ganaderos 	Proviene de las actividades agrarias en sentido amplio	
	3. Sanitarios: <ul style="list-style-type: none"> Residuos asimilables a urbanos Biosanitarios sin peligrosidad o 	Son los residuos generados en cualquier actividad sanitaria, incluidos los desechos de actividades veterinarias, que pueden	

	<ul style="list-style-type: none"> asimilables a urbanos • Biosanitarios especiales (patológicos, contagiosos y/o infecciosos) • Residuos químicos • Especiales radiactivos • Especiales restos anatómicos de entidad 	<p>contener agentes patógenos y causar enfermedades en personas expuestas</p>
	<p>4. Residuos Urbanos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Residuos domiciliarios. • Residuos comerciales y de servicios • Residuos producidos en la limpieza de las calles, zonas verdes, playas, áreas recreativas y animales muertos • Residuos y escombros procedentes de obras menores de construcción y reparación domiciliaria 	<p>Son los residuos generados en los domicilios, en los núcleos urbanos o en sus zonas de influencia</p>
	<p>5. Residuos de Construcción y Demolición</p>	<p>Son los residuos procedentes de las actividades ligadas a la construcción y demolición de edificaciones e infraestructuras</p>
Según características físico-químicas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Residuos sólidos 2. Residuos líquidos 3. Emisiones gaseosas 4. Lodos/fangos 5. Residuos pastosos 6. Residuos radioactivos 	
Según su peligrosidad	<ol style="list-style-type: none"> 1. Biocontaminados 2. Peligrosos 3. Inertes 4. No peligrosos 	
Atendiendo a su origen	<ol style="list-style-type: none"> 1. Residuos generados por el sector primario: <ul style="list-style-type: none"> • Agrícolas • Ganaderos • Forestales 2. Residuos generados por el sector secundario: <ul style="list-style-type: none"> • Industriales • Radiactivos: 3. Residuos generados por el sector terciario: <ul style="list-style-type: none"> • Residuos sólidos urbanos 	<p>Son aquellos residuos provenientes de rastrojo, paja, estiércol, purines, animales muertos, productos de podas, serrín, madera quemada</p> <p>Residuos tales como chatarra, escombros, plásticos, restos de minerales de uranio y otros isótopos</p>
		(CITMA, 2012)

	<ul style="list-style-type: none"> Residuos sanitarios 		
Según su estructura química, origen y destino final	1. Residuos orgánicos	Son los materiales residuales que en algún momento tuvieron vida, formaron parte de un ser vivo o derivan de los procesos de transformación de combustibles fósiles	
	1.1. Putrescibles	Son los residuos que provienen de la producción o utilización de materiales naturales sin transformación estructural significativa. Por ello y por su grado de humedad mantienen un índice alto de biodegradabilidad	
	1.2. No Putrescibles	Residuos cuyas características biológicas han sido modificadas al grado que en determinadas condiciones pierden su biodegradabilidad (combustibles)	
	<ul style="list-style-type: none"> Naturales: papel, cartón, textiles de fibras naturales, madera, entre otros Sintéticos: plásticos, fibras sintéticas, entre otros 		
	2. Residuos sólidos inertes	Residuos no biodegradables ni combustibles que provienen generalmente de la extracción, procesamiento o utilización de los recursos minerales: vidrio, metales, residuos de construcción y demolición de edificios, tierras, escombros, entre otros	(Barradas, 2009)
De acuerdo a la fuente generadora	<ol style="list-style-type: none"> Residuos Sólidos Urbanos Residuos de Construcción (residuos sólidos inertes) Residuos Industriales Residuos Hospitalarios (Clínicos o Sanitarios) Residuos Agropecuarios Residuos Sólidos de Depuradoras de Agua (lodos) Residuos de Incineración 		
Según necesidades del estudio, origen,	1. Residuos no peligrosos	Son aquellos producidos en cualquier lugar y en desarrollo de una actividad que no presentan ningún	(CORMA GDALEN A, 2014)

destinación y/o estado de los mismos	riesgo para la salud humana y/o el medio ambiente; se consideran en este grupo los residuos biodegradables, reciclables, inertes y ordinarios o comunes
2. Residuos peligrosos	Son aquellos residuos producidos con algunas de las siguientes características: infecciosas, combustibles, inflamables, explosivas, reactivas, radioactivas, volátiles, corrosivas y/o tóxicas, que pueden causar daño a la salud humana y/o al medio ambiente. Así mismo se consideran peligrosos los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos
3. Residuos orgánicos	Son todos aquellos que pueden descomponerse naturalmente y que tienen en su estructura básicamente carbono, nitrógeno, oxígeno, hidrógeno estos pueden ser: papel, cáscaras de verduras, residuos de alimentos, frutos, bebidas, residuos de cosechas, algas, hojas de árboles, etc.
4. Residuos inorgánicos	Son los que por sus características químicas sufren una descomposición natural muy lenta. Muchos de ellos son de origen natural pero no son biodegradables, por ejemplo los envases de plástico. Generalmente se reciclan a través de métodos artificiales y mecánicos, como las latas, vidrios, pilas entre otros

Fuente: Elaboración propia a partir de las fuentes mencionadas en la tabla.

Otros autores para clasificar los RS tienen en cuenta elementos más amplios y funcionales tal como se muestra en la tabla 1.3, en la cual se resume de acuerdo a la

fuente, naturaleza, grado de peligrosidad, poder calorífico, características biológicas, composición química y peligrosidad, todos los criterios comunes emitidos por ellos.

Tabla1.3. Otras clasificaciones de los RS

De acuerdo a la fuente	
Domésticos	Industriales
Comerciales	Institucionales
Agrícolas	De construcción
Municipales o Urbanos	Hospitalarios
De acuerdo a su naturaleza	
Aprovechables	No aprovechables
De acuerdo a su grado de peligrosidad	
Ordinarios	Peligrosos
De acuerdo a su poder calorífico	
Bajo poder calorífico	Alto poder calorífico
De acuerdo a sus características biológicas	
Inertes	Patógenos
De acuerdo a su composición química	
Inorgánicos	Orgánicos
De acuerdo a su peligrosidad	
Inflamables	No inflamables
Volátiles	No Volátiles
Tóxicos	No Tóxicos
Corrosivos	No Corrosivos
Reactivos	No Reactivos
Radiactivos	No Radiactivos
Explosivos	No Explosivos

Fuente: Elaboración propia a partir de (Contreras, 2006), (Hoorweg, 2012)

Analizadas las tablas anteriores, se puede confirmar que existen diversas clasificaciones de los residuos y que estas varían según los criterios de los autores. A pesar de esto, la mayoría concuerdan en que los RS según su origen se clasifican en: residuos sólidos municipales o residuos sólidos urbanos, residuos de la construcción, residuos industriales, residuos hospitalarios, residuos agropecuarios o agrarios. Para el presente trabajo de diploma este criterio es de gran peso debido a que contiene a los residuos sólidos urbanos, objeto de estudio de la presente investigación.

A partir de las consideraciones de Dulanto Tello A., en su tesis "Asignación de competencias en materia de residuos sólidos de ámbito municipal y sus impactos en el ambiente" (2013), se analizan las características de cada uno de los residuos ya clasificados, tal y como se muestra a continuación.

- Residuos Sólidos Municipales (RSM) o Residuos Sólidos Urbanos (RSU)

Los RSM o RSU son los provenientes de las actividades domésticas, es decir las actividades realizadas en los hogares de los ciudadanos, y entidades comerciales, las

generadas por las actividades empresariales de diversa índole, sin dejar de mencionar los residuos provenientes de la limpieza pública.

Los residuos sólidos domésticos comprenden los residuos biodegradables (orgánicos sólidos) e inertes, materiales como papel, cartones, vidrios, plásticos, metales, textiles, pilas, entre otros. Los residuos sólidos comerciales tienen su origen en bienes y servicios, como mercados, restaurantes, supermercados, tiendas, bares, bancos, hoteles, oficinas, entre otras actividades comerciales y laborales análogas; estos, por lo general, comprenden papel, plásticos, restos de embalajes, restos de aseo personal, latas, entre otros.

- Residuos sólidos de la construcción

Por otra parte los residuos sólidos de la construcción son residuos fundamentalmente inertes que son derivados en las actividades constructivas y de demolición de obras, tales como edificios, puentes, carreteras, represas, canales y otras afines a estas.

- Residuos industriales

Los que provienen de las ramas industriales, como, por ejemplo, manufacturas, química, pesquería y otras similares se les llama residuos industriales. Los residuos industriales comúnmente se encontrarán como: lodos, cenizas, desechos metálicos, vidrios, plásticos, papel, cartón, madera, fibras, los que, a su vez, están mezclados con sustancias alcalinas o ácidas, aceites pesados, comprenden, normalmente, los residuos considerados peligrosos. El volumen de la producción de este tipo de residuos está relacionado con la tecnología usada en el proceso de producción, tipo y calidad de las materias primas o productos intermedios, propiedades físicas y químicas de los materiales usados, el tipo de combustible que se requiere usar, los envases y embalajes de todo el desarrollo de producción.

- Residuos hospitalarios

Los residuos hospitalarios son los que se originan en centros de salud en general como clínicas, hospitales, postas, policlínicos o incluso casas particulares que brindan algún servicio de salud. A estos residuos se les considera peligrosos por ser fuentes infecciosas o citostáticas, por su composición orgánica con cargas patógenas elevadas y de alto riesgo para la salud de la población. En ese sentido, la peligrosidad de esta clase de residuos viene por el posible contacto, exposición o manipulación, lo cual puede traer como consecuencia el contagio de toda clase de enfermedades. Los residuos hospitalarios pueden comprender desde residuos tipo residencial o doméstico hasta residuos de tipo médico que contienen elementos o una composición peligrosa.

La importancia de una gestión adecuada de los residuos hospitalarios radica principalmente en su impacto en la salud de la población, lo cual representa una tarea altamente compleja comparativamente con la gestión de otra clase de residuos. Esto

se debe a que su tratamiento, por separado de otra clase de residuos, no puede concretarse en todos los casos.

- Residuos agropecuarios o agrarios

Por último, los residuos agropecuarios o agrarios son los residuos originados por la realización de actividades agrícolas y pecuarias; forestales, ganaderas, avícolas y de centros de faenamiento de animales. La importancia del tratamiento de esta clase de residuos radica en que pueden contener fertilizantes, plaguicidas, insecticidas, agroquímicos variados, que tratados de una forma inadecuada o arrojados al ambiente, pueden terminar causando daños a la salud de las personas y, valga la redundancia, al propio ambiente. Por ello, se han establecido obligaciones y responsabilidades específicas para el generador como la clasificación de residuos, conducir un registro centralizado sobre el tipo de residuos que manejan, y contar con áreas para el acopio, tratamiento y disposición final de los mismos, entre otros.

Luego de analizar características y clasificaciones de los RS es necesario enfocarse en uno de ellos de tal forma que se adecue a las condiciones del estudio que se va a realizar posteriormente. Es por ello que a continuación se precisan definiciones, clasificaciones, propiedades y lo relacionado con la y gestión integral de los residuos sólidos urbanos. (Dulanto, 2013)

1.2.3. Residuos Sólidos Urbanos (RSU)

Según la Norma Cubana 133 del 2002, RSU es el conjunto de materiales sólidos de origen orgánico e inorgánico que no tiene utilidad práctica para la actividad que se produce, 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. (NC:133, 2002).

Se pueden definir los RSU como "los residuos producidos en los domicilios particulares, comercios, oficinas y edificios públicos". (Andrés, 2008)

Los Residuos Sólidos Urbanos (RSU), conocidos como "basura"; según la Ley general para la prevención y gestión integral de residuos en México, artículo 5, son "los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados como residuos de otra índole." (LGPGIR, 2012)

Los residuos municipales, como también se les conoce, corresponden a aquellos residuos generados a nivel domiciliario y asimilables, más los residuos de parques y

jardines, comercio, obras menores de construcción y demolición, ferias libres, pequeñas industrias, oficinas, colegios, hospitales y barrido de calles, escombros, voluminosos, artículos electrónicos y no electrónicos, restos de ramas y podas y basureros, entre otros. (Chile, 2013)

En particular, los RSU pueden definirse como desechos generados por los núcleos urbanos y rurales provenientes de los procesos de consumo y desarrollo de las actividades humanas. Además de los producidos por los usos residenciales, comerciales, institucionales, el aseo del espacio público, los RSU incluyen los residuos originados en las industrias y establecimientos de salud, siempre y cuando no tengan características tóxicas ni peligrosas. (Timm, 2013)

Analizando elementos comunes presentes en los conceptos, definiciones y valoraciones de los autores se concluye que los RSU son los que se producen en los núcleos de población. Incluyen todos los que se generan en la actividad doméstica, comercial y de servicios, así como los procedentes de la limpieza de calles, parques y jardines y los derivados de procesos constructivos. Son comúnmente denominados “basura”.

1.2.3.1. Características de los RSU

Es importante conocer la composición y propiedades de los RSU porque de ellas depende el análisis de la gestión integral. A partir de las características de los RSU, se toman las decisiones pertinentes relacionadas con el sistema de tratamiento más adecuado para cada caso. A continuación se enuncian algunas de ellas:

- Producción per cápita (ppc). Es la generación unitaria de RS, es decir se refiere a generación de residuos por persona en un-día se expresa en kg/hab/día. (Glynn, 1999)

- Cantidad total de RS. Es la cantidad total de RS generados por una población en un tiempo determinado (hora, día, mes), se expresan en ton, kg, gr. (Glynn, 1999)

Propiedades físicas. Las características físicas más importantes que se deben tener presentes para los sistemas de recolección, transporte y tratamiento de los residuos sólidos municipales son:

- Humedad

Este parámetro es muy variable, normalmente se expresa de dos formas. En el método de medición peso-húmedo, la humedad de una muestra se expresa como un porcentaje del peso del material (residuo) húmedo; en el método de peso-seco, se expresa como un porcentaje del peso seco del material. Esta depende de varios factores como la composición de los residuos, la estación del año, las condiciones ambientales de humedad y las condiciones meteorológicas, donde el mayor aporte es de residuos orgánicos y en pequeña proporción de residuos sintéticos. La importancia

de conocer el grado de humedad en la gestión de los residuos se fundamenta en la generación de lixiviados e igualmente es determinante para la aplicación de tratamientos como la incineración, recuperación energética y procesos de reciclaje. (Virtual., 2017)

- **Peso específico**

Se define como el peso de un material por unidad de volumen (por lo general kg/m^3), denominado también como densidad. La densidad de los RS depositados depende del grado de compactación, es decir, ya sea en la bolsa de residuos, contenedor, carro recolector, en el relleno sanitario. Es importante conocer el sitio donde se extrae la muestra (Tchobanoglous et al., 1994). Este parámetro es importante para poder aplicar opciones o alternativas para su gestión.

- **Tamaño de los componentes**

Es esencial para determinar las dimensiones de los sistemas de recolección y de procesos mecánicos de separación (recuperación), incineración y transformación biológica, donde las fracciones más voluminosas son cartón, papel, plástico y madera. (Mcgraw–Hill, 1999)

Propiedades químicas. La información de la composición química de los RS es importante en la evaluación de opciones de aprovechamiento y recuperación de los mismos. Estas son:

- **Análisis elemental de los componentes de los RS**

Los elementos químicos más importantes para analizar en los RS generados son carbono (C), hidrogeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), azufre (S) y cenizas. Con estos análisis se determina la composición química de la materia orgánica de los residuos sólidos municipales, importante para procesos de combustión y transformación biológica. (Tchobanoglous et al., 1994)

- **El pH**

Indica el grado de acidez y alcalinidad de los RS, es un parámetro clave para llevar un control en la generación de lixiviados, que resulta de la degradación de estos. (Lagerkvist, 2011)

- **Materia inorgánica**

El contenido inorgánico representa una amplia variedad de sustancias; se destacan los nutrientes (fósforo, potasio y sulfuros), sales (sulfato, bromuro, sodio, calcio y magnesio) y metales pesados (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn). (Lagerkvist, 2011)

- **Poder calorífico**

Es la capacidad potencial de Calor que puede desprender un material o residuo cuando es llevado a un proceso de combustión, sus unidades son kcal/kg . Este

parámetro permite determinar qué tipo de residuos se pueden integrar a procesos biológicos, tratamiento térmico conversión de energía. (Lagerkvist, 2011)

1.2.3.2. Clasificación de los RSU

Los RSU tienen diversas clasificaciones. Según la procedencia y la naturaleza de estos residuos, (Barradas, 2009), se pueden clasificar en:

- Los residuos domiciliarios son RS procedentes de la actividad doméstica, como residuos de la cocina, restos de comida, papeles, vidrios, material de embalaje y demás bienes de consumo, adecuados por su tamaño para ser recogidos por los servicios municipales normales. Se incluyen los residuos de domicilios colectivos.
- Los residuos voluminosos son residuos de origen doméstico, tales como grandes embalajes, muebles, y que debido a sus dimensiones no son adecuados para su recolección por los servicios municipales normales, pero que pueden ser eliminados junto con los residuos domiciliarios.
- Los residuos comerciales y de servicios son los residuos generados en las distintas actividades comerciales (tiendas, mercados, almacenes, centros comerciales) y del sector de servicios (bancos, oficinas, centros de enseñanza). Por sus características específicas, no están incluidos aquí los residuos procedentes de la actividad sanitaria, ni los generados en los mataderos.
- Los residuos de limpieza de vías y áreas públicas son los procedentes de las actividades de limpieza de calles y paseos y de arreglo de parques y jardines (hierba cortada, hojarasca, troncos y ramas de hasta un metro de longitud)

A continuación se presentan otras clasificaciones de los RSU emitidas por diferentes autores y se analizan las características de cada una de ellas en la tabla 1.4.

Tabla 1.4. Clasificación de los RSU.

Nomenclatura	Clasificación	Características	Fuente
Residuos Sólidos Urbanos (RSU)	1.Residuos sólidos residenciales	Son los residuos generados de las actividades humanas en la vivienda. Tienen un alto contenido de materia orgánica y humedad	(Pineda, 1998)
	2.Residuos sólidos comerciales	Residuos generados en establecimientos comerciales, y mercantiles, tales como almacenes, depósitos, hoteles, restaurantes, cafeterías y plazas de mercado	
	3.Residuos sólidos institucionales	Generados por establecimientos educativos, militares, carcelarios, religiosos, terminales de transporte aéreo, terrestre o fluvial y edificaciones donde funcionan entidades de carácter gubernamentales	
Residuos	1.Residuos	Son los convencionales, es decir,	(Albacete,

Urbanos (RU)	urbanos ordinarios	los generados en los domicilios particulares, comercios, oficinas y servicios	2011)
	2.Residuos urbanos especiales (RUE)	<p>Son los que han de ser separados de los residuos ordinarios por requerir sistemas de tratamiento distintos a estos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Residuos de construcción y demolición (RCD) • Residuos peligrosos domésticos, especialmente pilas y acumuladores (PYA) • Vehículos fuera de uso (VFU) • Residuos especiales domésticos (RED) • Neumáticos fuera de uso (NFU) • Animales domésticos muertos (ADM) • Medicamentos caducados (MEC) 	
Residuos Sólidos Municipales (RSM)	1.Residuos sólidos comunes (RSC)	Aquellos provenientes de la generación residencial, comercial, institucional, industrial (pequeña industria y artesanía) y los resultantes del barrido de calles y de las podas de áreas verdes	(Rodríguez et al., 2013)
	2.Residuos sólidos especiales (RSE)	Algunos que por su cantidad o manejo pueden presentar un riesgo a la salud, tales como los RS provenientes de establecimientos de salud; los productos químicos y fármacos; los residuos de determinados establecimientos y actividades, tales como chatarras, baterías, lodos, escombros y los residuos voluminosos	
	3.Residuos peligrosos (RP)	Aquellos sólidos o semisólidos que por sus características tóxicas, reactivas, corrosivas, radiactivas, inflamables o infecciosas plantean un riesgo sustancial real o potencial a la salud humana o al medio ambiente	

Fuente: Elaboración propia a partir de las fuentes mencionadas en la tabla.

Analizadas varias clasificaciones dadas por especialistas, se concluye que los RSU se clasifican en dependencia del lugar donde provienen o son generados. Estas clasificaciones varían en nomenclaturas pero abarcan toda la definición del término analizado. Según lo que desea investigar se adapta cada clasificación.

Una vez conceptualizado RSU y analizadas las diferentes clasificaciones, características y propiedades que pueden tener, se hace necesario conocer cómo se realiza la gestión de los mismos.

1.3. Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU)

La GIRSU puede ser definida como la disciplina asociada al control de la generación, almacenamiento, recogida, transferencia y transporte, procesamiento y evacuación de los RS de una forma que armoniza con los mejores principios de la salud pública, de la economía, de la ingeniería, de la conservación de la estética, y de otras consideraciones ambientales y que también responde a las expectativas públicas. (Tchobanoglous et al., 1994)

El proceso de GIRSU abarca estrategias para reducir los volúmenes de RS, como: la reutilización, el reciclaje de materiales y la separación en la fuente. (Jibril, 2012). Estos residuos pueden ser generados en los hogares, establecimientos comerciales, instituciones y empresas e incluyen papel usado, latas y botellas vacías, restos de comida, restos de poda, residuos peligrosos y otros artículos. (Haigh, 2010)

Todos los estudios referidos a la GIRSU están dirigidos a disminuir los residuos generados, como medio idóneo para reducir sus impactos asociados y los costos de su manejo, a fin de minimizar los potenciales daños que causan al hombre y al ambiente.

Gestionar los residuos de una manera integral significa manipularlos correctamente desde la generación hasta la disposición final, utilizando las tecnologías más compatibles con la realidad, dándoles un destino ambientalmente seguro, tanto en el presente como en el futuro.

1.3.1. Etapas de la GIRSU

El proceso de gestión por el que pasan todos los residuos es definido por etapas, que van desde la generación hasta la disposición final, como parte de un proyecto de infraestructura. La tabla siguiente refiere las etapas, subsistemas o fases que abarca la GIRSU, a partir de los criterios de varios autores.

Tabla 1.5. Etapas de la GIRSU definidas por varios autores

Etapas	Fuente
1. Prevención y disminución de la generación de residuos sólidos 2. Barrido de calles y espacios públicos 3. Almacenamiento temporal de los residuos para la recolección 4. Recolección 5. Transferencia y transporte 6. Tratamiento 7. Disposición final	(Wehenpohl and Hernández, 2006)
1. Actividades en origen	(Andrés, 2008)

<ol style="list-style-type: none"> 2. Recolección 3. Transferencia 4. Plantas de separación y reciclaje 5. Tratamiento y disposición final 	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Generación de residuos 2. Almacenamiento 3. Recolección, barridos y transporte 4. Transferencia 5. Tratamiento 6. Producción 7. Disposición final 	(Ríos, 2009)
<ol style="list-style-type: none"> 1. Separación en la fuente 2. Recolección y transporte 3. Estaciones de transferencia 4. Recuperación de materiales 5. Disposición final 	(Memon, 2010)
<ol style="list-style-type: none"> 1. Separación y recogida selectiva 2. Transporte 3. Tratamiento 4. Eliminación 	(Albacete, 2011)
<ol style="list-style-type: none"> 1. Disminución de los residuos 2. Transformación de residuos 3. Eliminación de residuos 	(CITMA, 2012)
<ol style="list-style-type: none"> 1. Generación 2. Almacenamiento 3. Recolección 4. Reciclaje 5. Barrido 6. Tratamiento 7. Disposición final 	(Rodríguez et al., 2013)
<ol style="list-style-type: none"> 1. Generación 2. Almacenamiento 3. Barrido 4. Recolección 5. Recolección diferenciada 6. Transporte 7. Transferencia 8. Reciclaje 9. Tratamiento + disposición final 	(Emacruz, 2014)
<ol style="list-style-type: none"> 1. Segregación o clasificación 2. Cuantificación de los residuos 3. Registro y control 4. Verificación y cumplimiento 5. Tratamientos y disposición final: Recuperación, desactivación, eliminación 	(Vera, 2015)
<ol style="list-style-type: none"> 1. Generación 2. Separación en la fuente o segregación 3. Almacenamiento temporal 4. Recolección y transporte 5. Acopio y/o transferencia 6. Aprovechamiento y transformación (reciclaje) 7. Disposición final 	(PNGIDS, 2015)

Fuente: Elaboración propia a partir de las fuentes mencionadas en la tabla.

Los nombres de las etapas de la GIRSU varían de un autor a otro; incluso, la cantidad de etapas también es diferente en muchos casos. Sin embargo, se puede afirmar que en todos los casos abarcan el ciclo de los RSU desde que se producen hasta que llegan a su destino final.

Luego de evaluadas las diferentes alternativas que implican un buen manejo de los residuos, la autora considera que las etapas del sistema de GIRSU son las siguientes:

Etapa 1: Generación de residuos

Etapa 2: Almacenamiento

Etapa 3: Recolección

Etapa 4: Transporte

Etapa 5: Tratamiento

Etapa 6: Disposición final

A partir de dichas etapas se confecciona un diagrama (ver anexo 3) que refleja gráficamente la relación ordenada que existe entre ellas. Además, muestra el ciclo de vida de los RSU desde que son generados hasta su destino final y es adaptable a entornos de cualquier índole.

A continuación se presenta una descripción breve de cada una de las etapas de GIRSU seleccionadas, según el criterio de López Morfin G. (2014).

1. Generación: Es la acción de producir residuos a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo. La generación de residuos existe en todos los ámbitos de desarrollo (el hogar, la industria, el comercio), empieza con el uso de productos y termina cuando el producto que se adquiere se considera sin valor y se tira.
2. Almacenamiento (in situ y temporal): El almacenamiento in situ corresponde a la acumulación de residuos en un contenedor en el lugar donde se generan, se realiza para evitar que los residuos estén dispersos. Por otra parte, el almacenamiento temporal se refiere al contenedor, de mayor capacidad volumétrica, donde se recolectan los residuos del almacenamiento in situ, en espera de la recolección por parte del servicio de limpieza.
3. Recolección: Es la acción de recibir los residuos generados.
4. Transporte: Traslado a las estaciones de transferencia, sitio de tratamiento o disposición final de los residuos generados y previamente recolectados.
5. Tratamiento: Se enfoca en el aprovechamiento de los RS antes de que sean contaminados y pierdan su valor, los tratamientos se realizan para obtener beneficios económicos o energéticos mediante métodos físicos, químicos o biológicos de transformación. La aplicación de un tratamiento en particular dependerá de la zona, la

cantidad y el tipo de residuos que se genere. Se puede aplicar un tratamiento o la combinación de varios de ellos para el mejor aprovechamiento.

6. Disposición final. Es un lugar destinado para depositar los residuos que no tuvieron ningún valor, evitando daños a los ecosistemas y propiciando su integración al ambiente. (López, 2014)

Es importante destacar que la GIRSU incluye dos tipos básicos de componentes: un componente funcional, que involucra actividades gerenciales, administrativas, organizacionales, legales y de coordinación institucional y un componente técnico-operativo, orientado hacia la búsqueda de las mejores soluciones técnicas para cada una de las etapas del ciclo de vida de los residuos, como se muestra en la tabla 1.6. Además, el necesario compromiso y participación de la comunidad y del sector empresario, con sus correspondientes interrelaciones.

Tabla 1.6. Componentes involucrados en la GIRSU.

Funcional	Técnico-operativo
	Generación
Conducción	Almacenamiento
Planificación	Recolección
Administración y finanzas	Transporte
Marco legal	Tratamiento
Marco institucional	Disposición final

Fuente: Elaboración propia a partir del criterio de (Timm, 2013)

Establecidas las etapas de gestión se logra un norte de cómo se puede llevar a cabo, por dónde empezar, la forma en la que debe acabar y la secuencia de etapas a seguir. Siempre se respeta el ciclo de vida de los residuos y los componentes funcionales que están involucrados.

1.4. Conclusiones Parciales

La revisión bibliográfica permite concluir que:

1. Existen muchos enfoques del concepto de residuo, sin embargo los que se producen en los núcleos de población, son generados en la actividad doméstica, comercial y de servicios, y comúnmente se les denomina “basura”, se llaman RSU.
2. Las características y clasificaciones de los RSU varían según el autor y el lugar donde se quiere llevar a cabo la investigación, por ello es preciso llegar a un acuerdo homogéneo relacionado con esta materia, de forma tal que se acomode a diversos entornos.

3. La GIRSU contiene las etapas de generación, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final, dirigidas a un eficiente manejo de los mismos y a la minimización de los impactos negativos que causa al ambiente y la sociedad.

Capítulo 2. Etapas de la GIRSU, sus métodos, investigaciones y normativas

El presente capítulo tiene como objetivo analizar buenas prácticas relacionadas con la GIRSU. Para ello, se analizan cada una de las etapas involucradas, algunos estudios de diagnóstico y gestión de residuos y el marco legislativo vigente nacional e internacional. Todo ello aporta a la base conceptual de los futuros proyectos investigativos que se decidan implementar en el país.

2.1. Características de las etapas de GIRSU

Las etapas de GIRSU dependen de la caracterización preliminar que se les haga, lo que resulta en estudios de datos de generación y composición, a partir de los cuales se puede tomar decisiones más acertadas para la gestión integral; tales como diseño de sistemas, instalaciones, selección de equipos, así como, el control y funcionamiento de los mismos. De la etapa de generación, donde se realiza dicha caracterización, depende de resto de las etapas y su correcto funcionamiento.

2.1.1. Etapa 1. Generación de residuos

La generación de RS es la actividad que comprende la producción de RSU en origen. Quienes producen o generan RSU reciben el nombre de “generadores”. (sam, 2010)

Comprende también cualquier persona u organización cuya acción cause la transformación de un material en un residuo. Una organización usualmente se vuelve generadora cuando su proceso genera un residuo, o cuando lo derrama o cuando no utiliza más un material. (Pajares, 2015)

En esta etapa, el residuo tiene nulo valor, y se encuentra en una actividad poco controlable y no es más que la producción de residuos a través del desarrollo de procesos productivos y de consumo. (Olguín, 2007)

Ocurre, ineludiblemente, en cada una de las fuentes generadoras; su conocimiento y análisis es determinante para facilitar las decisiones y acciones en el diseño de las etapas que le suceden. De la información confiable y frecuente sobre la generación, depende en gran medida, el éxito de la implementación de un sistema de GIRSU.

Es común que su comportamiento esté en función de varios factores: nivel de ingresos per cápita, hábitos de consumo, educación ambiental, estaciones climáticas y prácticas ecológicas. (Rodríguez et al., 2013)

El volumen de RSU generado también depende de que se trate de una zona rural o urbana, del número de viviendas generadoras de residuos residenciales, así como del número y tamaño de establecimientos comerciales e industriales que generan residuos asimilables o domiciliarios y de la superficie de parques, jardines y áreas verdes en general. (Chile, 2013)

La generación tiende a incrementarse a través del tiempo por el crecimiento poblacional y por la expansión de la economía del consumo. (Bernache, 2011)

El incremento de los volúmenes y la variación en la naturaleza de los RSU en los últimos años, está dado por las constantes modificaciones en el estilo de vida de los ciudadanos y por las peculiaridades de cada localidad.

Para poder tener una buena gestión de los RS es necesario cuantificar la producción del día a día, conocer, en la medida que sea posible, su calidad, la cual varía dependiendo del estrato socioeconómico, la ciudad y la densidad poblacional.

Una variable necesaria para dimensionar el sitio de disposición final es la llamada Índice de Generación Per-cápita (IGP). Este parámetro asocia el tamaño de la población, la cantidad de residuos y el tiempo; la unidad de expresión es el kilogramo por habitantes por día (kg/hab/día).

A consideraciones de expertos, como Montoya Rendón A. F. (2012), si se desea conocer el IGP, y las características de densidad y composición, se emplean métodos de estimación que pueden ser directos o indirectos.

- Método de estimación indirecto

Los métodos de estimación indirectos consisten en medidas que permiten determinar el IGP de RS y su densidad, en base a datos globales y sin discriminaciones cualitativas. El IGP establece la proporción entre la cantidad total de residuos que se recogen y la población servida.

$$IGP = \frac{\text{Cantidad total recolectada (Kg/día)}}{\text{Población total servida (habitantes)}}$$

También se calcula por la relación entre la cantidad de residuos que llegan al vertedero y la población total servida.

$$IGP = \frac{\text{Cantidad total de residuo dispuesto en vertedero (kg/día)}}{\text{Población total servida (habitantes/día)}}$$

- Método de estimación directo

Los métodos de estimación directo permiten determinar características más específicas, como la composición, para lo que se requiere seguir procedimientos de recolección de datos que ayuden a discriminar características particulares. En ese sentido, es necesario:

1. Recopilar información sobre el número de habitantes, obtener mapa de situación de la zona de estudio, ubicar las fuentes no domésticas de producción de RS, zonas e itinerarios de recogida y sitios de disposición final.
2. Seleccionar muestras estadísticamente representativas, en caso de existir diferentes estratos sociales en la zona de estudio, previendo la posibilidad de diferencias en la composición de los residuos. A su vez, se deberán analizar muestras representativas por cada estación del año.

3. Para el cálculo de la densidad se colocarán los residuos en recipientes que permitan su manejo y facilidad de análisis. Se pesan los residuos, se mide el volumen que ocupan y se determina la relación peso/volumen.

4. Para obtener la densidad en el vehículo recolector dividir el peso de las toneladas transportadas entre el volumen que ocupan en el vehículo, esta densidad, lógicamente, debe ser mayor cuando se aplica la compactación manual o mecanizada. La densidad del residuo sobre el vertedero se obtendrá midiendo el volumen topográficamente.

Los volúmenes, densidad y composición de los RSU son datos imprescindibles para diseñar el sistema de GRSU. Esta información sirve, principalmente, de insumo para:

- Conocer la pertinencia del uso del equipamiento disponible.
- Diseñar y proyectar las necesidades de nuevo equipamiento para almacenamiento y transporte.
- Diseñar puntos de recogida por zonas.
- Diseñar rutas y cobertura de recolección por zonas geográficas, en función de la densidad de población.
- Estimar la posibilidad del reciclaje y/o tratamiento de los RSU.
- Planificar mecanismos alternativos para residuos peligrosos y/o especiales.

Es posible que los IGP calculados por ambos métodos no coincidan, en cuyo caso se deberá analizar la causa de esta diferencia y determinar si ella es ambientalmente aceptable.

Densidad (D): Estima la relación entre el peso y el volumen que ocupan los residuos en un determinado contenedor.

$$D = \frac{\text{Peso de los RS (kg)}}{\text{Volumen que ocupan en el recipiente (m}^3\text{)}}$$

Además existen algunas metodologías que permiten determinar características de composición, peso y volumen de los RS. Estas son conocidas con el nombre de: diferencia de pesos y cuarteo; recolección selectiva, y caracterización en viviendas.

- Diferencia de pesos

La diferencia de pesos es un método que se aplica en rellenos sanitarios de alta capacidad, tipo mecánicos, que posean báscula a la entrada, y donde todos los vehículos que entran al relleno se encuentren registrados con su peso vacío. El vehículo es pesado al llegar al relleno sanitario, y la diferencia de pesos determina la cantidad de RS recolectados en la ruta, de la suma de la diferencia en peso de todos los vehículos que entran al día al relleno sanitario resulta la cantidad de RS por día, pero se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Por este método se puede determinar la cantidad de RS que entran al relleno sanitario, más no la cantidad de residuos que genera una población, ya que una fracción (aunque sea pequeña) se aprovecha y no es recolectada por el vehículo.
- Se puede determinar la cantidad de residuos que entran al relleno, más no su composición. Para obtener un estimativo de la composición de RS que pueden entrar a un relleno sanitario y ser evaluados dentro del mismo se debe realizar el siguiente análisis.

Al entrar al relleno sanitario, además de ser pesados, los vehículos deben informar la ruta en la cual se encontraban recolectando, es decir, si la recolección fue hecha en una zona residencial, comercial o industrial.

- Método del cuarteo

Ocurre en una zona especial dentro del relleno donde se depositan los residuos, se abre cada una de las bolsas donde vienen los RS, luego se hace una circunferencia lo más uniforme posible con todos los residuos, de esta se extraen dos cuartos, se hace otra circunferencia uniforme similar a la anterior, de la cual se sacan otros dos cuartos, y así sucesivamente hasta poder tener una muestra representativa y manejable. La figura 2.1 representa este método del cuarteo, donde se muestra la circunferencia y la división en cuartos, dos de los cuales se toman en cuenta para la siguiente circunferencia, en donde se extrae el material que se encuentra en la zona de color rojo y se descarta la zona de color blanco. Con lo seleccionado se realiza nuevamente otra circunferencia y el mismo procedimiento de división por cuartos, hasta lograr una disminución del tamaño de la muestra.

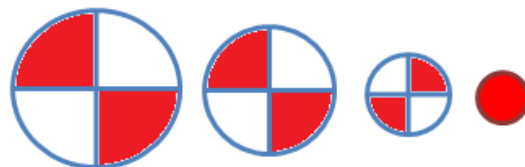


Figura 2.1. Método del cuarteo. Fuente: (Montoya, 2012)

Con la muestra los RS se comienzan a separar en orgánicos, vidrio, papel y cartón, metales, plásticos, textiles y otros, como pañales, toallas y papel higiénico (ver también anexo 4). Posteriormente, cada uno de estos residuos se pesa, y la suma total de los residuos dará la totalidad de la muestra, y el peso de cada fracción de residuos dará como resultado el porcentaje de residuos orgánicos, inorgánicos o inservibles, según el caso, como nos muestra la siguiente ecuación:

$$WT = \sum_{i=1}^{\infty} Wi \%i = \frac{Wi}{Wt} * 100$$

Donde:

WT: Peso total de los RS aforados

Wi: Equivale al peso de cada clase de RS (orgánico, textiles, metal, papel, etc.)

%i: Porcentaje en peso de cada fracción de RS en la muestra

- Recolección selectiva y caracterización en viviendas

La recolección selectiva consiste en recolectar los RS antes del paso del carro recolector, o recolectar con el vehículo y diferenciar las bolsas que se van a caracterizar depositándolas en costales para que no se mezcle la muestra que se va a aforar con la recolección diaria del vehículo. Se toma una muestra significativa que pueda ser manejable, de manera que no sea necesario aplicar el método del cuarteo. Conociendo el número de viviendas, la cantidad de RS por vivienda, y la cantidad de habitantes de las viviendas a las cuales se les efectúa la recolección selectiva, se puede calcular la cantidad de residuos sólidos por habitante/día, dado a partir de la producción per cápita (ppc). Con los datos de ppc y el número de habitantes totales se puede hallar la producción total diaria de residuos sólidos domiciliarios como se muestra a continuación:

$$RSTD = ppc * No. habitantes [kg/día]$$

Donde:

RSDT: Residuos sólidos domiciliarios totales

Por otra parte la caracterización en viviendas es la que se aplica en cada vivienda aforando dentro de ellas. Esta forma de realizar caracterizaciones es la más exacta, pero la menos aplicada dada su complejidad. Por este método se puede determinar la producción total de RS de una vivienda, que se divide por el número de habitantes, lo cual nos suministra la producción per cápita. (Montoya, 2012)

Otros métodos utilizados en la caracterización y que también posibilitan conocer las cantidades de residuos y su composición son:

- Análisis de pesada total: Se pesan la totalidad de los residuos que llegan a las instalaciones de tratamiento o vertido (Gallardo, 2000). También se le llama análisis del número de cargas que implica el pesaje en básculas de un número de cargas que llegan a los lugares de tratamiento o disposición final en un período determinado. Las tasas de generación por unidad se determinan utilizando datos de campo. (Tchobanoglous et al., 1994)
- Análisis peso-volumen: En este método se determina el peso y el volumen de las cargas que llegan a las instalaciones de tratamiento o vertido, con lo que se puede conseguir las densidades suelta y compactada. Sobre la base del volumen de carga de los camiones se puede determinar el peso y sobre la base de la densidad se puede tener una idea del tipo de material contenido en los camiones de carga, este aspecto es muy utilizado en la recepción de residuos en plantas de tratamiento de residuos de construcción y demolición. También es muy utilizado para el diseño de ecoparques.

- **Análisis de balance de masas:** Es una buena forma de determinar la generación y el movimiento de residuos con cierto grado de fiabilidad. Consiste en identificar las entradas y salidas de materiales de un sistema limitado. El método se torna muy complejo debido a que se necesita una gran cantidad de datos, muchos de ellos no disponibles. (Gallardo, 2000)

Para la aplicación de un balance de masas se requiere conocer las fronteras del sistema, las actividades que cruzan u ocurren dentro del mismo y la generación de RS asociada con las actividades del sistema. (Buenrostro, 1999)

- **Análisis por muestreo estadístico:** Este método implica la toma de un número representativo de muestras de RS de alguna de las fuentes, durante un tiempo, se determina los pesos totales y de sus componentes. A partir de un análisis estadístico se determinan la tasa de generación y la composición. El número de muestras dependerá de la precisión que se quiera alcanzar, aplicándose métodos estadísticos. (Gallardo, 2000)

Los tipos de muestreo estadístico más utilizados para la caracterización de residuos son el muestreo aleatorio simple y el muestreo estratificado, los cuales se explican a continuación.

- **Muestreo aleatorio simple:** Es un método que tiene como base la aleatoriedad; es el más elemental. Este método es de referencia para los demás tipos de muestreo. Se trata de un muestreo probabilístico donde todos los elementos tienen la misma probabilidad de ser parte de la muestra y cada una de las muestras posibles tiene la misma probabilidad de ser elegida. La selección de las unidades de muestreo se realiza mediante tablas de números aleatorios o programas computacionales, definido mediante la siguiente ecuación (Vivanco, 2013):

$$n = \frac{Z^2 N \sigma^2}{(N - 1)e^2 + Z^2 \sigma^2}$$

Dónde:

n: Tamaño de la muestra

N: Tamaño de la población

σ^2 : Desviación estándar de la población

e^2 : Error de muestreo

Z^2 : Nivel de confianza

- **Muestreo estratificado:** Es el muestreo en el cual las unidades o elementos de la población se agrupan según la homogeneidad de alguna característica llamada variable de estratificación (usualmente de un factor del medio de tipo topográfico, vegetación, barrios, urbanizaciones), que forma los estratos, los cuales son homogéneos dentro de sí y mutuamente excluyente con los demás estratos. Para

elaborar los estratos adecuadamente se requiere, además, una selección adecuada de variables “auxiliares”, definir el número óptimo de grupos a formar. Posteriormente, dentro de cada uno de los estratos se eligen las unidades de muestreo aleatoriamente, independientemente una de otra, siendo definido mediante la siguiente ecuación (INEG, 2011):

$$n = \frac{Z^2 N \sum w_i S_i^2}{(N - 1)e^2 + Z^2 \sum w_i S_i^2}$$
$$w = \frac{N_i}{N}$$

Dónde:

n: Tamaño de la muestra

N: Tamaño de la población total

w_i: Peso del estrato en la muestra

N_i: Tamaño de la población del estrato

e²: Error de muestreo

Z²: Nivel de confianza

S_i²: Desviación estándar del estrato

Analizados los dos tipos de muestreo estadístico más utilizados para la caracterización de residuo en el anexo 5 se muestra algunas de sus características, observaciones, ventajas y desventajas, para ampliar el estudio de los mismos.

- Reducción-separación en origen

Por último, dentro de la etapa 1 analizada, existen otros factores importantes que influyen significativamente en la tasa de generación de residuos tales como: las legislaciones, las actitudes públicas, la extensión del reciclaje y una de gran peso, la reducción-separación en el origen, por lo cual se explica a continuación.

La reducción en orígenes es la forma más eficaz de reducir la cantidad de los residuos que se generan, el costo asociado a su manipulación y los posibles impactos ambientales. Puede realizarse a través del diseño y fabricación de materiales con una vida más larga. Otra forma es en el comercio o la industria y, principalmente, en la vivienda a través de formas de compras selectivas y la reutilización de materiales.

Por su parte, la separación en origen consiste en la clasificación de los RS en el sitio donde se generan, es decir, en los hogares, las industrias, los comercios y demás tipos de establecimientos para facilitar su posterior recuperación.

Aunque existen diversas clasificaciones para los RSU, para los efectos de la separación y recuperación, la más acertada los dividen en: orgánicos e inorgánicos, por cuanto se convierte en la forma más económica de evitar la contaminación cruzada, lo que anula su carácter aprovechable en la mayoría de los casos. Una vez

separados los “orgánicos” son susceptibles a transformación biológica, y se convierten en abonos orgánicos o biogás. Otros como los textiles, papeles y el cuero se pueden valorar para su reúso o reciclaje. Por su parte, los “inorgánicos” son más resistentes a las transformaciones durante el proceso y, por ende, mantienen, en la mayoría de los casos, sus propiedades para ser reutilizados en la industria. (Rodríguez et al., 2013)

Reducir significa disminuir la cantidad de elementos que se desechan. Este paso requiere de una transformación en los modelos de producción y consumo: a nivel del fabricante exige la introducción de mejoras tecnológicas que optimicen el diseño, manufactura y empaquetado de productos, empleando un volumen mínimo de materiales y buscando una mayor vida útil; a nivel de la población, demanda la modificación de los comportamientos de consumo hacia un perfil sustentable y una actitud responsable al momento de elegir y usar los productos de consumo.

La reducción en origen está comprendida en el concepto de Producción Limpia y Consumo Sustentable (PL y CS), los cuales requieren de una significativa transformación de los modelos de producción y consumo, para lograr la utilización sostenible de los recursos y prevenir la contaminación generada por los procesos de producción de los bienes, por su uso, consumo y disposición final o la prestación de servicios. En cuanto a la cantidad de residuos a disponer, esta podrá disminuir aún más si los que no pueden dejar de generarse son sometidos a procesos de reutilización y reciclado tantas veces como sea posible, antes de ser descartados definitivamente y enviados a su disposición final.

La reutilización y el reciclaje pueden realizarse sobre los residuos domésticos y son procesos que incluyen, como alternativas óptimas, la separación en origen y la recolección diferenciada. (Agüero, 2014)

La caracterización inicial de los residuos es muy importante porque a partir de ella se describen de los componentes individuales que constituyen el flujo de RS, sus porcentuales relativos y sus volúmenes totales. Esta información permite conocer las cantidades que se generan en cierto período de tiempo e influye en la evaluación de alternativas sobre el destino final, el equipamiento para el almacenamiento y el acondicionamiento inicial, para la recolección, transporte, tratamiento y disposición final.

2.1.2. Etapa 2. Almacenamiento

El almacenamiento es la acción de guardar temporalmente desechos en tanto se procesan para su aprovechamiento, se entrega al servicio de recolección, o se dispone de ellos. (López, 2015)

Esta actividad es muy importante debido a que puede implicar a las familias en las actividades de separación, almacenamiento temporal y procesamiento desde su origen

hasta que los residuos son depositados en el punto de recogida, dándoles responsabilidades en el manejo y gestión de los residuos.

- Tipos de almacenamiento

El almacenamiento de RSU se divide en dos tipos: almacenamiento domiciliario y almacenamiento no domiciliario.

1. Almacenamiento domiciliario: Este tipo de almacenamiento es el que se efectúa en las viviendas, sean estas unifamiliares o edificios multifamiliares. A su vez, se divide en almacenamiento interno y externo.

- Almacenamiento interno es el que realizan los habitantes de la vivienda en las diversas áreas como son; cocina, baños, recámaras.

- Almacenamiento externo es aquel donde se depositan todos los residuos generados en la vivienda, disponiendo, para ello, de un recipiente y un lugar especial en el exterior de la vivienda.

2. Almacenamiento no domiciliario: Es aquel que se realiza en las diversas fuentes generadoras como; comercios, tiendas de autoservicios, industrias, sitios públicos, mercados, terminales de autos, hospitales, institucionales.

3. Almacenamiento comercial: Este tipo de almacenamiento se lleva a cabo en los mercados, restaurantes y hoteles. Es muy común el uso de tambos de 200L adaptados para el almacenamiento, aunque también se utilizan contenedores con capacidades que varían de 1 a 6 m³.

4. Almacenamiento industrial: Este tipo de almacenamiento no es responsabilidad directa del municipio, sino de la empresa generadora. Sin embargo, los encargados del servicio de limpieza deben aplicar la normatividad existente para el adecuado control de almacenamiento de este tipo de residuos, situación que se da, en muy pocos casos e incluso, ni se llega a disponer del patrón actualizado de industrias establecidas.

5. Almacenamiento hospitalario: Al igual que en los residuos industriales, las autoridades actúan únicamente como normativas y no tienen que involucrarse en el manejo de este tipo de residuos. No obstante, dentro del reglamento de limpieza deben incluirse las disposiciones concernientes al almacenamiento hospitalario.

- Tipos y usos de recipientes para el almacenamiento

Los recipientes utilizados para el almacenamiento son múltiples y diversos, a partir del fin para el que son confeccionados y su funcionalidad en el entorno. Varían en tamaño, forma, peso y volumen y se dispone de ellos en sitios tan comunes como las propias viviendas hasta en lugares de grandes dimensiones como zonas industriales y hospitales.

1. Recipientes para casa-habitación

El almacenamiento existe en casa-habitación unifamiliar, generalmente se realiza utilizando recipientes de poco volumen y de diferentes materiales. Los recipientes más adecuados son los botes de lámina galvanizada y de plástico de capacidad variable de acuerdo con la cantidad de residuos generados, aunque lo más recomendable es que sean entre 60 y 100L, recipientes más grandes tienen la desventaja de ser difíciles de cargar por un solo hombre.

2. Recipientes para multifamiliares

En los edificios de departamentos, multifamiliares y condominios horizontales se utilizan tambos de 200L para el almacenamiento externo de los residuos. Estos recipientes en ocasiones son inadecuados en su tamaño por lo cual suelen provocar problemas en las eficiencias del servicio de recolección.

Los recipientes conocidos como contenedores son los más adecuados para ser usados en estos lugares. Por lo general los contenedores son de construcción plástica y varían en cuanto a su capacidad, pero los más usados son de 1.5 m³ de capacidad.

3. Recipientes para sitios públicos

En los sitios públicos se utilizan los recipientes conocidos como papeleras. Estos recipientes se colocan en calles, parques y otros sitios públicos y se destinan a recibir exclusivamente aquellos residuos que son generados por el público asistente a esos lugares. Por lo común estas papeleras son de construcción metálica aunque el tamaño de estos recipientes no está completamente definido.

4. Recipientes para centros de gran generación

Los centros de gran generación son los sitios en los cuales diariamente se genera una gran cantidad de RSU, los cuales deben ser almacenados en forma segura e higiénica mientras se efectúa la recolección. En estos lugares también se realiza almacenamiento interno y externo. Se puede utilizar los de pequeña capacidad como son los de 1.5m³ o los de gran capacidad como son los contenedores de 8m³ o más. Las características de estos recipientes son similares a las de los recipientes multifamiliares.

5. Recipientes para almacenamiento industrial

Las industrias generan una gran cantidad de RS, algunos de los cuales representan riesgos para el ambiente y la salud humana. Por ello, es necesario que el almacenamiento externo en las industrias se tome en cuenta el origen de cada residuo que se almacena. Estos son los residuos no peligrosos que se generan en las oficinas, comedores, vestidores, los cuales deberán almacenarse separadamente de los residuos generados en algún proceso industrial.

Para el almacenamiento externo en las industrias se recomienda el uso de contenedores, tolvas de almacenaje y también tambos metálicos. Los contenedores se

utilizan, principalmente, para almacenar los residuos no peligrosos. Por otra parte, los residuos provenientes de procesos industriales se almacenan en tolvas. De este modo, los residuos almacenados son descargados directamente al vehículo recolector. Puede ser que el vehículo recolector sea propiedad de la industria y se utilice solo para el uso de transporte de esos residuos.

En los casos en que los residuos generados sean peligrosos o tóxicos, estos deben separarse y almacenarse en tambos metálicos de 200L y esperar a su recolección especial para estos mismos, estos tambos deberán cerrar herméticamente para evitar el escape de los mismos.

6. Recipientes para almacenamiento hospitalario

Los hospitales generan una diversidad de residuos provenientes de actividades como las del aseo general y las de preparación de alimentos, los laboratorios, salas de hospitalización, quirófanos, servicios de emergencia, eventualmente los de la consulta externa y medicamentos caducos. Estos residuos deben ser bien separados e identificados: los que son RS y los que son peligrosos, tóxicos y nocivos.

Para su almacenamiento es frecuente el uso de recipientes cilíndricos, metálicos o de plástico duro, provistos de tapa hermética, asas y cuya capacidad no sea mayor de 100L. El uso de bolsas de plástico amarradas o selladas con cinta adhesiva protectora como complemento del recipiente trae mejorías en las condiciones de manejo y rapidez. (Ríos, 2009)

Un adecuado almacenamiento de los residuos genera un mejor manejo y gestión de los mismos, además de que facilita y proporciona una mayor eficiencia en los procesos subsiguientes, sobre todo en la etapa de recolección.

2.1.3. Etapa 3. Recolección

La recolección es la acción de transferir los desechos al equipo destinado a transportarlo a las instalaciones de tratamiento o reciclaje y a los sitios de disposición final. Básicamente consiste en recoger los residuos dispuestos en los sitios indicados, su carga en los vehículos recolectores, y el vaciado de los recipientes o contenedores.

La recolección puede ser:

- General: sin discriminar los distintos tipos de residuo.
- Diferenciada: discriminando por tipo de residuo en función de su posterior tratamiento y valoración.

Para que el servicio se lleve a cabo es necesario la intervención de los ciudadanos, quienes deben acondicionar los residuos adecuadamente y sacarlos a la calle en los días, horarios y lugares preestablecidos.

El almacenamiento y disposición de los RSU para su recolección, se realiza desde pequeñas bolsas de plástico colocadas sobre la senda, hasta grandes contenedores. (Agüero, 2014)

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. (Martín, 2010)

Según el tipo de demanda por atender, existen dos métodos de recolección; para demandas de tipo continuo y semi-continuo 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. (Benítez, 2009)

El proceso de recolección es la parte medular de un sistema de limpieza y tiene como objeto principal preservar la salud pública, mediante la recolección de los RSU en los centros de generación y transportarlos al sitio de tratamiento o disposición final, en forma eficiente y a menor costo, ya que esta etapa emplea un número considerado de recursos económicos.

Con el fin de diseñar un sistema adecuado de recolección, se debe contar con ciertos parámetros técnicos y demográficos como:

- Procedencia y volumen de los RS.
- Tipo de almacenamiento.
- Frecuencia de recolección.
- Método de recolección y tripulación.
- Tipo de vehículos.
 - Métodos de recolección

Los métodos de recolección que más comúnmente se emplean son:

1. Método de esquina o de parada fija

Se puede decir que es el método más económico y, es aquel mediante el cual los usuarios del sistema llevan sus recipientes hasta donde el vehículo recolector se estaciona para prestar el servicio, por lo que se dice que tiene una alta participación de los usuarios. En algunas partes tiene la variante de recoger los residuos en las esquinas de las calles, en donde previamente han sido depositados por los usuarios;

práctica no deseable, por los focos de infección, mala imagen y mayor tiempo en la recogida.

2. Método de contenedores

El método de contenedores, es semejante al de esquina en cuanto a que el vehículo recolector debe detenerse en ciertos puntos predeterminados para llevar a cabo la prestación del servicio. Puede decirse que este método es el más adecuado para realizar la recolección en centros de gran generación o de difícil acceso; como pueden ser hoteles, mercados, centros comerciales, hospitales, tiendas de autoservicio y zonas con alta densidad de población, entre otras.

La localización de los contenedores, deberá disponerse de tal manera que el vehículo recolector tenga un fácil acceso a ellos y que, además, pueda realizar maniobras sin problemas.

3. Método de acera

En este método, el personal operario del vehículo recolector toma los recipientes con basura que sobre la acera han sido colocados por los usuarios del servicio, para después trasladarse hacia el vehículo recolector, con el fin de vaciar el contenido dentro de la tolva o sección de carga de dicho vehículo; regresándolos posteriormente al sitio de la acera de donde los tomaron, para que los usuarios atendidos los introduzcan ya vacíos a sus domicilios.

Para este método tenga más posibilidades de ser implantado ordenadamente se requiere que las localidades cuentan con calles de doble sentido y, de preferencia, con camellones.

Este método, además de ser más costoso que el de esquina, presenta el inconveniente de que animales domésticos y no domésticos (perros, gatos y ratas entre otros), pueden verse atraídos por recipientes con basura sobre la acera, y en un momento dado, pudieran dispersar el contenido al buscar su alimento y, dando por resultado que la recolección se lleve a cabo en forma más lenta.

4. Método de "llevar y tirar" o Intradomiciliario

Este método es semejante al anterior, con la variante de que los operarios del vehículo recolector, entran a las casas habitación por los recipientes con basura, regresándolos hasta el mismo sitio de donde los tomaron, una vez de haberlos vaciado dentro de la caja del vehículo. Naturalmente, este método de recolección suele resultar más costoso que el de acera y, aún más que el de esquina.

5. Barrido de calles, parques y jardines

El barrido es otra fase del sistema de recolección de residuos y surge por la necesidad de mantener limpia y en condiciones estéticas, sobre todo, las vías de intensa circulación peatonal de las principales ciudades de los municipios, como las calles

principales, parques y jardines, las que por factores naturales o antropogénicas son invadidas por residuos vegetales, arenas, lodos, envolturas de artículos, o residuos de comidas, botellas de vidrio.

La razón más importante por la que deben efectuarse la limpieza en las calles es la conservación de la salud humana, la excretas, tanto de animales como de personas y los desperdicios orgánicos, pueden llegar a afectar al ser humano, ya que proporcionan las condiciones para el desarrollo de la fauna nociva (moscas, mosquitos, roedores, etc.) los cuales son transmisores de diversas enfermedades. El polvo afecta a los ojos, garganta, vías respiratorias y ocasiona molestias del tipo alérgico; otro tipo de residuos, como los vidrios y hojalatas pueden producir lesiones a los peatones. Así mismo, la acumulación de residuos puede obstruir el sistema de alcantarillado de agua pluvial, ocasionando inundaciones en algunos sectores de la ciudad. (Ríos, 2009)

El barrido y limpieza de áreas públicas se desarrolla de dos maneras, de forma manual, que consiste en realizar la limpieza con operarios en las vías y áreas públicas adjudicadas mediante el cumplimiento del microrroteo previamente diseñado, utilizando para este fin herramientas como cepillos, palas y carritos portables. El producido de este barrido es empacado en bolsas plásticas, posteriormente son transportados al relleno sanitario, donde se dispondrá en el sitio o celda autorizada por el personal que opera en el relleno. O de forma mecánica donde utilizan barredoras de succión mecánica, palas y cepillos, las cuales ejecutan programas en frecuencias unisemanales en jornada diurna como nocturna. (Beltran, 2014)

La clasificación de barredoras mecánicas puede estar dada por el número de ruedas las cuales se dividen en dos grupos: las de 3 ruedas y las de 4 ruedas; las primeras son de baja velocidad y una gran maniobrabilidad y se usan en las calles donde existan algunos obstáculos como autos estacionados; la segunda tiene una velocidad de operación mayor, pero de poca maniobrabilidad, se recomienda su uso en vías rápidas con poco o ningún obstáculo. Algunas de estas máquinas son:

- Máquina barredora con capacidad de 3 a 4 yardas cúbicas.
- Máquina barredora pequeña.
- Máquina barredora con doble escobillón delantero.
- Máquina barredora con aspiradora.

Los métodos de recolección tienen ventajas y desventajas (ver anexo 6) que marcan diferencias significativas a la hora de su selección. Al optar por uno u otro, se debe tener en cuenta, además, las siguientes consideraciones (Ríos, 2009):

- Costos asociados a cada uno de los métodos.
- Características particulares de la localidad.

- Hábitos de la población.
- Programas sociales existentes.
- Utilización de varios métodos de recolección, de acuerdo con las necesidades de las zonas.

No siempre los métodos de recolección mencionados se cumplen tal y como fueron descritos, puesto que de una u otra manera siempre existe alguna variante en cuanto al equipo, participación del usuario y número de empleados que prestan servicio, que los diferencian de los antes mencionados.

- Diseño del servicio de recogida

Un buen diseño de los instrumentos técnicos es la base para obtener unos buenos resultados. Los sistemas de recogida deben adaptarse a cada territorio y a las necesidades de los diferentes generadores que incluye. Además de las consideraciones técnicas, se tienen que considerar otros criterios vinculados con la ecología urbana tales como la gestión del espacio público, contaminación atmosférica, acústica o los olores, e incluso el tráfico, y sus repercusiones sobre los ciudadanos.

Algunos criterios de selección y diseño del sistema o sistemas de recogida son los siguientes, según (MAPAMA, 2015):

- Morfología: tipología de edificación (vertical y horizontal) y amplitud de aceras y calzadas.
- Características socioeconómicas: presencia de actividad económica, características de la población.
- Facilidad de uso. El sistema de recogida debe ser cómodo y diseñado para todo tipo de público. Para evitar la aportación de residuos no solicitados es especialmente importante el dimensionado correcto de la boca de los contenedores (tapa cerrada con orificio a medida, sobre-tapa, tapa con llave).
- Tiempo y facilidad de recolección: se debe garantizar un correcto servicio para a la vez deben ajustarse los ciclos de aspiración en sistemas neumáticos y minimizarse el tiempo de recogida (especialmente el tiempo de descarga) en los sistemas en contenedores y puerta a puerta con el fin de reducir costes e impactos (especialmente sobre el tráfico y si los circuitos son diurnos). La facilidad de recolección, con sistemas cómodos para el personal (peso del contenedor lleno, movimiento y colocación de contenedores, sistema de enganche del contenedor en el camión), es un aspecto clave para reducir también dichos tiempos.
- Impacto del sistema de recogida sobre el espacio público y las personas (olores, ruidos, impacto visual, suciedad, impacto en la circulación, coste de oportunidad por ocupación de espacio público). Se deben tomar medidas para minimizar estos impactos.

- Imagen del servicio: La imagen del servicio por parte de los usuarios debe ser positiva con el fin de incentivar la colaboración en la recogida (en la medida de lo posible se deben evitar desbordamientos, cuidar la limpieza y mantenimiento de los contenedores y de los camiones, aportar suficiente información, cuidar el comportamiento del personal y apariencia).

La autora concluye que, si se realiza la recolección de forma eficiente las etapas sucesoras en la GIRSU serán más factibles de realizar. Sin dudas, es esta etapa la principal responsable de la conservación de la higiene y estética de las ciudades y poblados.

2.1.4. Etapa 4. Transporte

El Transporte es la actividad que comprende el traslado de los RSU desde el lugar de su recolección, hacia los diferentes sitios comprendidos en las etapas de gestión integral.

- Clasificación de los equipos de transporte de residuos

La clasificación de los equipos con respecto a la recolección realizada y el transporte primario, siempre que sea factible, por las características físicas y poblacionales de la localidad, se debe emplear vehículos con carrocerías de gran capacidad, provistos de mecanismos de compactación, que aumenten el peso volumétrico de los residuos, reduzcan los espacios vacíos, haciendo más eficiente el uso del vehículo recolector y en consecuencia, abarata los costos de recolección.

1. Equipos recolectores de alta especialización o tecnificación

Estos equipos están diseñados para atender la demanda del servicio, exclusivamente a través de la utilización de contenedores. Son equipos altamente tecnificados donde la variante radica casi exclusivamente en cuanto al mecanismo empleado para la carga y descarga de contenedores, cuya capacidad normalmente es muy alta, de 6 hasta 24 m³.

Cuando se usan adecuadamente, su eficiencia de recolección es muy alta. Estos sistemas no son recomendables para la recolección domiciliaria con métodos tradicionales, solo cuando se cuenta con un acceso adecuado y/o en zonas de gran generación. Su utilización también es recomendable en mercados, hospitales, tiendas de autoservicio, multifamiliares de gran tamaño, industrias. La diferencia básica con respecto a los vehículos compactadores de carga trasera, lateral o frontal con mecanismo para contenedores, radica en el tamaño de los contenedores por atender, ya que normalmente un sistema como los indicados, maneja contenedores de 2 a 5 veces más grandes que los que pueden atender vehículos con mecanismo de contenedores adaptado; de que estos últimos después de atender el contenedor lo

dejan nuevamente en su sitio, mientras que los equipos altamente especializados sustituyen un contenedor lleno por uno vacío y limpio.

2. Equipos especializados

Son aquellos que están diseñados para la prestación del servicio de recolección de RS con cierta comodidad, como lo son los vehículos compactadores que se mencionan a continuación:

- Vehículos compactadores con mecanismo de carga trasera, frontal

Estos vehículos son generalmente de 12 a 30m³ de capacidad volumétrica con mecanismo de carga y descarga de contenedores, cuya capacidad varía desde 1 hasta 6m³, según la potencia de dicho mecanismo. Su eficiencia de recolección es muy alta cuando se usa adecuadamente, por lo que no debe ser utilizado en la recolección domiciliaria con los métodos tradicionales de esquina, acera o de llevar y traer. Su principal uso es para la recolección de RS en centros de gran generación como mercados, multifamiliares, unidades habitacionales y supermercados.

- Vehículos compactadores de carga lateral

Pueden ser de caja cuadrada o cilíndrica con mecanismo de compactación. La carga de residuos se hace lateralmente. Su capacidad de carga varía normalmente de 10 a 16m³, en algunos casos puede ser más elevada. Su principal ventaja es que cuenta con un mecanismo sencillo de compactación, a pesar de que se les puede adaptar un mecanismo para la carga y descarga de contenedores.

Su principal desventaja es que la altura de carga y su diseño obligan a que un empleado viaje dentro de la caja para recibir los residuos, por lo que la compactación no se hace con la regularidad debida

- Vehículo compactador de carga trasera

En este tipo de vehículos la carga de residuos se hace a través de una tolva que se encuentra ubicada en la parte posterior de la carrocería, son de 10 a 20m³ de capacidad, con equipo opcional para carga de contenedores. Sus principales ventajas son que la altura de carga es baja, el tamaño de la cuadrilla es de tres, incluyendo al operador, los operarios no tienen acceso a los residuos para pepenarlos una vez que el mecanismo compactador de carga se ha hecho funcionar, y que puede atender contenedores pequeños en su ruta de recolección.

- Vehículos sin mecanismo de compactación de carga lateral o trasera

La utilización de este tipo de vehículos cada día se hace más frecuente por los altos costos de inversión y mantenimiento del equipo especializado. Su capacidad normalmente varía de 8 a 16m³ de capacidad. La carga de residuos se hace en la mayoría de los casos en forma lateral, el tamaño de la cuadrilla aumenta respecto a los de carga trasera. Su diferencia con respecto a los vehículos con mecanismos de

compactación, radica básicamente en la carencia justamente de tales mecanismos y el aumento del tamaño de la cuadrilla.

El bajo costo de inversión y los reducidos requerimientos económicos y de mano de obra especializada para su mantenimiento, son sus principales ventajas. Su principal desventaja es la disminución en cuanto al tonelaje de residuos que puede transportar, ya que por la falta de mecanismo de compactación, el peso volumétrico alcanzado dentro de la carrocería por los residuos, difícilmente rebasa los 350 kg/m³. No es recomendable adoptar este tipo de vehículos para la carga y descarga de contenedores, por la falta de dicho mecanismo de compactación.

3. Equipos no convencionales

Será cualquier vehículo utilizado para la prestación del servicio en cuestión que no presente las características mencionadas para los equipos especializados y de alta tecnificación.

No siempre es adecuado el uso de vehículos especializados para la recolección de la basura, ya que no en todos los casos la distribución de las calles brinda las facilidades de acceso, penetración y maniobrabilidad requeridas para la utilización y máximo aprovechamiento de tales vehículos. En muchos casos la utilización de unidades de las consideradas como “no convencionales”, pueden dar mejores resultados tanto en costos como en rendimiento y eficiencia, que los obtenidos con el uso de camiones recolectores especializados.

- Vehículos de volteo y de redilas

Estos vehículos, ocasionalmente, se emplean para cumplir con el servicio de recolección de residuos, a falta de equipos más tecnificados o debido a que se adaptan más a las características de la localidad, al tipo de actividad y al servicio que se brinda.

Su capacidad puede variar desde 6 hasta 12m³, aunque los más usuales son de 7 y 8m³. Se estima que un vehículo de 6m³ de capacidad, puede atender hasta 6 000 hab/día en promedio, sobre todo en localidades eminentemente rurales. Su principal desventaja, es la elevada altura de carga, lo que obliga a contar, al menos, con un empleado adicional que viaje dentro de la caja, y dos más en la parte exterior, para ayudar a cumplir con la función de carga de residuos.

- Vehículos tipo volteo de gran capacidad

Estos vehículos con mecanismos de descarga tipo volteo cuentan con puertas laterales, en la mayoría de los casos, para facilitar la carga dentro de la carrocería del vehículo, así como con extensiones para alimentar su capacidad volumétrica y aprovechar la gran capacidad de soporte de carga del chasis. Las principales ventajas son: su bajo costo comparado con un camión más tecnificado, que la descarga por

volteo en ocasiones es mucho más rápida que cuando se tienen cajas fijas. Las desventajas obvias son las siguientes: la altura de carga es muy elevada, el acomodo de los residuos dentro de la caja es manual, se requiere de un empleado adicional en la cuadrilla de trabajo. De la misma manera, al adicionarle a la caja volumen hacia arriba, se eleva el centro de gravedad por encima de las especificaciones de diseño.

- Tractor agrícola y remolque

Tractor agrícola con cargador frontal y remolque de 6m³. En pequeñas localidades el tractor puede servir como recolector y al mismo tiempo como una máquina que en el relleno sanitario realice las principales tareas de acomodar los residuos y cubrirla, ya que la única función que no puede cumplir es la de excavar. El remolque tiene un sistema de volteo hidráulico.

- Carretón contracción animal

De esta manera desde un carretón movido por tracción animal, hasta un vehículo tipo volteo, pueden constituir una unidad de recolección no-convencional. Normalmente, este tipo de unidades se utiliza en zonas sin caminos de penetración o bien en todas aquellas de difícil acceso. (Ríos, 2009)

En general, los camiones recolectores no están preparados para recorrer las distancias que separan los núcleos urbanos de los centros de disposición final, especialmente si estos últimos están muy alejados o son de difícil acceso. Los costos de transporte pueden ser elevados si la distancia a recorrer es muy larga. Frente a estos inconvenientes surgen las estaciones de transferencia.

- Estaciones de transferencia

Las estaciones de transferencia son instalaciones donde los residuos de los vehículos recolectores son transferidos a equipos de transporte de gran capacidad de carga, los cuales finalmente son los encargados de llevar los residuos a las plantas de tratamiento o al centro de disposición final.

Existen diversas formas de transferencia de residuos: por gravedad, por compactación, por enfardado, sistemas mixtos. Cada uno presenta ventajas en función de la localización, tipos de residuos, producción y rendimiento, pero con objetivos comunes: disminuir los costos del sistema con igual o mejor eficiencia del servicio de recolección, reducir la circulación de los vehículos en el lugar de tratamiento de residuos, y reducir los gastos del personal debido a las esperas por los vehículos en tránsito. De este modo, la transferencia se plantea como una alternativa tecnológica, económica y operativa tendiente a optimizar la gestión de los RSU allí donde la distancia entre los centros generadores y el centro de disposición final es significativa. (Agüero, 2014)

- Tipos de estaciones de transferencia

Existen varios tipos de estaciones de transferencia en las cuales utilizan diferentes medios de transporte suplementario.

1. En cuanto a la operación de descarga

Fundamentalmente, hay dos tipos de estaciones de transferencia, en cuanto a la operación de descarga: la de carga directa y la carga indirecta. La de carga directa emplea la gravedad para el traslado de los residuos de los camiones recolectores a los vehículos de transferencia y la de carga indirecta utiliza locales de almacenamiento, además de equipos mecanizados, para mover los residuos y alimentar los vehículos de transferencia.

- Estaciones de carga directa: En estas instalaciones el contenido de los camiones recolectores se descarga directamente en un vehículo de transferencia. Estas estaciones tienen una seria desventaja que es la imposibilidad de almacenar los residuos, lo que exige que siempre haya un vehículo de transferencia en condiciones de recibir los residuos de los camiones recolectores.

Las instalaciones pueden poseer equipos de alimentación y compactación para cargar los vehículos de transferencia de tipo cerrado. En algunas estaciones que operan con vehículos abiertos se utilizan equipos tipo “brazo hidráulico” para la nivelación de los residuos en los vehículos de transferencia. A falta de estos equipos, se realiza manualmente en condiciones muy difíciles para los trabajadores.

- Estaciones de carga indirecta: Son las estaciones en donde los residuos se descargan indirectamente en los vehículos de transferencia. Tienen locales para almacenamiento de residuos que pueden ser fosas o patios.

La más importante ventaja de estas instalaciones es que los recolectores nunca tienen que esperar para descargar sus contenidos, mientras que las desventajas de este tipo de estaciones de transferencia, son la posibilidad de fallas electromecánicas y de equipos que pueden afectar todo el sistema y la salud ambiental por el almacenamiento de los residuos en las zonas urbanas.

2. En cuanto al procesamiento de los residuos

Dependiendo básicamente de las características de los residuos y del tipo de vehículo de transferencia utilizado, los residuos pueden, o no, ser procesados en las estaciones de transferencia.

- Sin procesamiento: En estas estaciones los residuos no sufre ningún procesamiento, salvo la compactación recibida, y por lo tanto, es transferida en su estado original. Las instalaciones sin compactación son muy utilizadas en razón de la simplicidad de su construcción, operación, bajo costo inicial de las construcciones y de los vehículos de transferencia.

- Con procesamiento: El procesamiento de los residuos en estaciones de transferencia tiene generalmente dos objetivos. El más común es aumentar la densidad de residuos y así utilizar con más eficiencia la capacidad de transporte de los vehículos de transferencia. El otro objetivo es aprovechar la operación de traslado para hacer la selección de residuos y así aprovechar los materiales reciclables.

Los métodos de procesamiento más utilizados son los de compactación, la trituración y la selección de materiales.

- Compactación: Se realiza por medio de compactadores o por equipos montados en el vehículo de transferencia.

- Trituración: Se efectúa con el objetivo de reducir el volumen de los residuos y así facilitar su transporte. La ventaja de este tipo de procedimientos, además de la reducción del volumen, es que los residuos triturados tienen características menos agresivas y su disposición en rellenos es más fácil. El costo de la trituración es alto, con relación a los costos de inversión y el mantenimiento, especialmente por el frecuente reemplazo de los martillos del molino.

- Enfardamiento: Consiste en compactar los residuos en bloques colocándoles cintas para mantenerlos coherentes, y tienen como principal ventaja la utilización de vehículos con carrocería de tipo plataforma. Además, los bloques de residuos enfardados son más fáciles de disponer en rellenos sanitarios, ocupando pequeños volúmenes y precisando menos equipo. La principal desventaja del enfardamiento es su alto costo de inversión-operación, lo que generalmente impide este tipo de tratamiento.

- Selección de materiales: Consiste en la remoción de materiales de los residuos que pueden ser aprovechados, se transportan a los rellenos la fracción no aprovechable, o sea los rechazos del proceso.

3. En cuanto a las características del edificio

Las instalaciones de una estación de transferencia pueden resumirse en una plataforma elevada en un terreno o puede consistir en grandes, sofisticados y costosos edificios.

El tipo más simple de estación de transferencia consiste en una plataforma elevada a cielo abierto, donde los camiones recolectores descargan su contenido en la carrocería del vehículo de transporte suplementario que está colocado a un nivel más bajo. Estas estaciones se recomiendan para locales en donde la cantidad de RS a ser transferida sea pequeña y no haya problemas climatológicos como gran precipitación pluvial y vientos fuertes, así como que no tengan vecinos que vivan cerca.

Sin embargo, en estas instalaciones se deben colocar telas para protección a fin de evitar la dispersión de papeles, e impedir, por tanto, el levantamiento del polvo y la dispersión de pequeños residuos en el ambiente, en caso de vientos fuertes.

Otro tipo de estación de transferencia simplificada y que no requiere plataformas o rampas, es aquella en que los camiones recolectores son levantados por medio de un gato hidráulico o por aire comprimido, similar a los usados para levantar automóviles en las estaciones de servicios, y en esta posición descarga en los vehículos de transferencia.

Las estaciones de transferencia traen consigo numerosos beneficios para la sociedad en la que son implementadas, como también algunos riesgos asociados a la higiene y limpieza de los lugares. En el anexo 7 se muestran algunas de las ventajas y desventajas de ellas. Destacar que son mayores los aportes positivos que los negativos, por lo que su uso es muy recomendado a nivel internacional.

- Tipos de vehículos utilizados en estaciones de transferencia

Para analizar los tipos de vehículos utilizados en una estación de transferencia, se debe tener en cuenta que los residuos se recolectan, tradicionalmente, en vehículos distribuidos para tal fin. Sin embargo, ya llenos pueden ir al sitio de disposición final o pasan por una fase media de transferencia de donde son trasladados en contenedores de grandes capacidades al lugar donde se lleva a cabo la deposición final. La transferencia se hace con el fin de transportar una mayor cantidad de residuos, disminuir los costos de transporte e incrementar la cobertura del servicio de recolección con el mismo número de vehículos; así se minimiza el deterioro de los mismos por recorridos largos a los sitios de disposición final.

En general, la maquinaria de transporte la componen unidades de contenedor, los sistemas auto cargantes, chasis y camiones de transporte.

Los equipos de transferencia se clasifican generalmente en: rodó viarios, acuáticos y ferroviarios. Con sus diferentes tipos de camiones, barcazas y vagones.

1. Equipos rodó viarios: Estos camiones cuentan con carrocería de gran capacidad (30 a 75m³) y se clasifican en camiones de:

- Carrocería abierta: reciben la carga por arriba y la descargan por diferentes métodos. Son del tipo tráiler (semi-remolque) con cajas de hasta 75m³ y capacidad de transporte de 30 toneladas de residuos y están dotados de aparatos para cerrar la parte superior a fin de impedir la dispersión de residuos por la calle durante el desplazamiento del vehículo.
- Carrocería cerrada: son utilizados en estaciones dotadas de equipos compactadores que colocan los residuos por la puerta trasera del vehículo. Son del tipo tráiler acoplado y tienen una capacidad máxima de 50m³ y transportan hasta 30

toneladas de residuos compactados. En la mayor parte de los casos, la descarga se hace mediante una placa de eyección impulsada por un cilindro hidráulico telescópico. El accionamiento de este cilindro puede ser por medio del motor del camión tractor o de un motor auxiliar.

- “roll-on, roll-off”: son contenedores tirados por camiones con estructuras inclinables y un gancho que permite cargar el contenedor sobre la estructura. Estas cajas pueden ser abiertas para cargar por arriba, o cerradas y acopladas a compactadores estacionarios.

2. Equipos acuáticos: Usualmente consisten en barcazas que reciben los residuos de los equipos de transferencia y los trasladan a los sitios de disposición, ya sean plantas de tratamiento o rellenos sanitarios. Las barcazas son impulsadas por remolcadores y tienen una capacidad de hasta 1,500m³. Estos equipos se usan siempre que el transporte marítimo o hidroviario sea más económico que el rodó viario.

3. Equipos ferroviarios: Este equipo se usa en lugares donde existe red ferroviaria y los recorridos de transporte son largos. Los vagones empleados son de diseño especial, con una gran capacidad volumétrica y dispositivos especiales para la descarga, sea tolva o volteo rotatorio.

2.1.5. Etapa 5. Tratamiento

El tratamiento se puede definir “como cualquier procedimiento al que se someten los residuos, mediante el cual se modifican sus características físicas, químicas y/o biológicas para aprovecharlos, estabilizarlos, reducir su volumen o facilitar su manejo y disposición final”. (Ríos, 2009)

Las plantas de tratamiento son instalaciones a las cuales llegan los residuos provenientes de la recolección, sea esta diferenciada o no, para su clasificación y enfardado según el tipo de material, para su posterior venta e ingreso a nuevos procesos productivos.

- Clasificación de los sistemas de tratamiento

En la realidad, los sistemas de tratamiento vienen a formar parte del proceso integral del manejo de los RS, lo que permite un eficiente aprovechamiento de los materiales y optimiza los espacios disponibles para la disposición final de los materiales no utilizados.

Los métodos de tratamiento de los RS se pueden clasificar en varias formas. A continuación se citan las principales:

- I. De acuerdo al tipo de proceso que involucran:
 - Procesos físicos: Separación (manual o mecanizada), trituración, compactación.
 - Procesos Químicos: Hidrólisis, Oxidación, Vitrificación, Polimerización
 - Procesos Biológicos: Composteo, Digestión Anaerobia.

- Procesos de destrucción térmica: Incineración, Pirolisis, Esterilización, Microondas. Seguidamente, se describen los métodos más utilizados para el tratamiento y manejo de los RS.

- Principales métodos físicos para el tratamiento de RSU

1. Separación (manual o mecanizada): Es muy usada para la recuperación de papel, cartón, vidrio, metales y otros productos que son sujetos de comercialización como materias primas para diversas industrias. La separación manual se practica en las fuentes generadoras, en los camiones recolectores de RS y en los sitios no controlados de RS que operan “a cielo abierto”. La separación magnética se utiliza a nivel industrial para separar materiales ferrosos.

Si el residuo no se separa en origen y se tiene la intención de hacer uso de las diferentes fracciones, entonces la separación se podrá efectuar manual o mecánicamente en el destino final. La separación manual se aconseja solo cuando los residuos son limpios, secos o han tenido una separación previa. La clasificación mecánica, es la más empleada, sin embargo existen muchas dificultades, sobre todo con los residuos húmedos, para los cuales se implementa el tratamiento mecánico biodegradable. La separación, tanto si es mecánica como si es manual, produce fracciones que no son tan limpias como cuando se separa en origen. (Agüero, 2014)

2. Trituración: Es un proceso por medio del cual se reduce el volumen de los residuos para disminuir el costo del transporte. Forma parte del método de tratamiento por microondas de los residuos infecto-contagiosos. Se utiliza en las plantas productoras de composta. En países desarrollados existe la práctica de utilizar un sistema de trituración en los rellenos sanitarios, con el propósito de alcanzar una mayor eficiencia en la compactación de los RS para ampliar la vida útil de los sitios.

3. Compactación: Este método se utiliza principalmente en los rellenos sanitarios para el confinamiento definitivo de los residuos. La compactación se hace con maquinaria pesada en rellenos que disponen más de 40 toneladas por día. El grado de compactación óptima en un relleno sanitario es de 700-800 kg/m³. Para ciudades de menos de 50 000 habitantes se puede emplear un equipo más sencillo o incluso puede hacerse la compactación en forma manual.

- Principales métodos químicos para el tratamiento de residuos

1. Hidrólisis: Es un proceso mediante el cual se rompen los enlaces moleculares de los residuos agregando reactivos que pueden ser ácidos, bases, o enzimas. Los productos de la molécula rota pueden ser inocuos o bien requieren ser tratados posteriormente y con más facilidad para reducir su toxicidad. Este método se utiliza para el tratamiento de residuos peligrosos

2. Oxidación: Esta tecnología está basada principalmente en el uso de agentes oxidantes tales como peróxido de hidrógeno, ozono o hipoclorito de calcio para oxidar la materia orgánica. La oxidación con aire húmedo (wet air oxidation) es un tratamiento que rompe enlaces presentes en los compuestos orgánicos e inorgánicos oxidables, se realiza a altas temperaturas y presiones y se desarrolló originalmente para tratar lodos residuales.

3. Vitrificación: El tratamiento de vitrificación térmica es usado para inmovilizar los componentes peligrosos de los residuos y transformar su comportamiento químico y físico. Se emplea para destruir residuos peligrosos en una cámara de reacción a altas temperaturas y sin oxígeno (termólisis). Los contaminantes se funden junto con la masa vítrea (silicosa).

4. Polimerización: La polimerización utiliza catalizadores para convertir monómeros o polímeros de bajo grado en compuestos particulares de alto peso molecular que pueden "encapsular" en su matriz diversos tipos de residuos. (Ríos, 2009)

- Principales métodos biológicos para el tratamiento de residuos

Para el tratamiento biológico de RSU existen al menos tres opciones:

1. Aerobio o compostaje: El compostaje y la digestión anaerobia son los tratamientos biológicos aplicables a la fracción orgánica de los residuos urbanos (Jonshon, 2007). Los dos sistemas disminuyen la cantidad de residuos (en peso y volumen), su actividad y, además, la digestión anaerobia permite la obtención de energía.



El compostaje es un proceso aerobio en que los microorganismos, en medio oxigenado, descomponen los residuos orgánicos alimenticios. Los parámetros del proceso son: temperatura, contenido de humedad, oxígeno, pH, composición bioquímica y textura.

También existen aspectos ambientales del compostaje a tener en cuenta para la realización del proceso. Los parámetros ambientales más importantes en la formación de compost son:

- Metales pesados: los metales incluyen el mercurio, el cadmio, el cobre y el cinc. Estos metales se encuentran sobre todo en los RSU generales de baterías, pinturas, plásticos, papeles. El cadmio, el cromo y el mercurio los toman las plantas y pueden entrar en las cadenas alimenticias. Estos son altamente tóxicos y sus fuentes incluyen baterías, pieles y plásticos.

- Esterilización: la higienización completa del compost se logra a temperaturas termofílicas (55 a 60°C) durante 2-3 semanas. También se puede conseguir a temperaturas más altas durante periodos más cortos, pero resulta menos completa.
 - Contaminantes inertes: es esencial una selección previa de los residuos si la cantidad de contaminantes del vidrio, del metal, de la goma y del papel parcialmente descompuesto va a ser insignificante.
2. Anaerobio o biogás: La digestión anaerobia de los RSU no separados, no es adecuada a causa de la presencia de plásticos, vidrio, metales, productos textiles.

La digestión anaerobia se describe por:



El producto final importante que se obtiene es metano. Otros productos son lodos, dióxido de carbono y trazas de amoníaco y sulfuro de hidrógeno. El proceso de digestión anaerobia se puede describir en tres fases:

- Hidrólisis: es decir, la descomposición de los compuestos de alto peso molecular en compuestos de bajo peso molecular como los lípidos en ácidos grasos, polisacáridos en monosacáridos, proteínas en aminoácidos.
- Acidogénesis: donde los componentes de menor peso molecular de los ácidos grasos, aminoácidos y monosacáridos se convierten en compuestos moleculares intermedios de pesos más bajos como el propionato, butirato, formato, metanol y acetato.
- Metanogénesis: donde los compuestos intermedios se convierten en productos finales de metano y dióxido de carbono.

En estas fases, está activado un grupo diferente de bacterias, denominadas hidrolizantes, no-metanogénicas (o acidogénicas), y metanogénicas. Para el mantenimiento de un medio que mantenga el equilibrio dinámico necesario en los acidogénicos y metanogénicos se requiere:

- Que esté libre de oxígeno.
- No contener sales inhibitorias.
- Tener un pH entre 6,5 y 7,5.
- Tener una alcalinidad adecuada.
- Tener suficientes nutrientes, nitrógeno y fósforo.
- Tener una temperatura estable, ya sea en condiciones mesofílicas o termofílicas.
- Tener una carga de sólidos constante.

3. Combinación de aerobio y anaerobio (Agüero, 2014)

- Principales métodos térmicos para el tratamiento de residuos

1. Pirolisis: Este método se utiliza para el tratamiento de materiales orgánicos con alto valor calorífico como son llantas, aceites, telas y cartón contaminado con aceite, madera. Su nombre científico es termólisis y consiste en la descomposición térmica de la materia en ausencia de aire, transformándola en hidrocarburos limpios y/o carbón. El proceso no genera gases contaminantes.

2. Microondas: La tecnología de microondas se emplea en sistemas modernos de tratamiento de los residuos infecto-contagiosos provenientes de hospitales y clínicas. Los residuos son triturados y se les inyecta vapor, después son triturados y expuestos continuamente a microondas. La desinfección se hace al aumentar la temperatura hasta 95 °C durante 30 minutos.

3. Esterilización: Es el proceso típico de tratamiento térmico de los residuos que se realiza empleando calor seco o bien vapor. Se emplea para la desinfección de residuos infecto-contagiosos. (Ríos, 2009)

4. Combustión/ incineración

La degradación térmica con exceso de oxígeno se denomina combustión. Cuando el combustible es un residuo, se denomina incineración. La incineración es oxidación química a temperaturas elevadas, cuando el material orgánico se transforma en energía (calor), gas de combustión y escorias. La incineración de residuos es parecida a la combustión de otros combustibles sólidos como carbón y madera. En la práctica, los residuos se diferencian de los otros combustibles sólidos en el hecho de que no son homogéneos y poseen más agua que el carbón o la madera. (Agüero, 2014)

La segunda clasificación de los métodos de tratamiento de los RS es:

II. Conforme a los propósitos del tratamiento

- Recuperación de Materiales o Productos para Reúso o Reciclaje: Separación (manual o mecanizada), Vitrificación, Composteo, Pirólisis.
- Recuperación de Energía: Digestión Anaerobia, Incineración, Pirolisis.
- Destrucción de Agentes infecto-contagiosos: Incineración, Microondas, Esterilización. (Ríos, 2009)

El método de eliminación que se emplee debe cumplir su propósito ecológico cabal, con una proporción mínima de enfermedades, molestias y olores, con la menor producción de vectores biológicos, con respecto al medio ambiente en el que se encuentren y en la forma más económica y social posible. La disposición final de los RSU es un aspecto inevitable y real en el manejo de los mismos y forma parte importante del metabolismo humano.

2.1.6. Etapa 6. Disposición final

La disposición final es la última etapa en el manejo de RSU y comprende el conjunto de operaciones destinadas a lograr el depósito permanente de los RSU, producto de

las fracciones de rechazo inevitables resultantes de los métodos de valorización adoptados.

Los RSU que no puedan ser tratados por las tecnologías disponibles se destinan a un sitio de disposición final designado por la autoridad. La técnica más difundida y adecuada es la del relleno sanitario. La idea es que la cantidad de residuos que son enviados al relleno sanitario se reduzca al mínimo, para así cumplir las metas de reducción establecidas por las normas, lo que propicia una mejor calidad ambiental.

- Relleno Sanitario

El relleno sanitario es la técnica para la disposición final de los RSU en el suelo que puede implementarse sin causar perjuicio al medio ambiente y sin ocasionar molestias o peligros para la salud y seguridad pública. Este método utiliza principios de ingeniería para confinar los RS en la menor superficie posible, reduciendo su volumen al mínimo practicable y tiene en cuenta principios de ingeniería sanitaria para la adecuada disposición final de residuos a fin de evitar riesgos a la salud pública y el ambiente. Disponen de estrictos procedimientos de operación y elementos de control, entre los que se destacan los sistemas de impermeabilización, que impiden la contaminación del suelo y las aguas subterráneas y permiten la eliminación adecuada de gases y líquidos lixiviados.

Previo a la instalación de un relleno sanitario se debe analizar el tipo de suelo, los ecosistemas, la presencia de cursos de agua, la hidrogeología, las condiciones climáticas, su proximidad a zonas residenciales y las condiciones de acceso, entre otros aspectos, de modo que se asegure la selección de un sitio que reúna las condiciones técnico-ambientales adecuadas, así como la consideración de las características propias del lugar dentro de las especificaciones particulares de diseño. Luego de su cierre definitivo, los terrenos son parquizados y pueden servir, una vez alcanzada la estabilización de los residuos confinados, como espacios recreativos. (Agüero, 2014)

Es importante minimizar el flujo de RSU cuya disposición final es el relleno sanitario. Con este propósito es necesario promover técnicas de separación y recuperación de residuos, promover plantas de recuperación y reciclaje de residuos y desarrollar mercados para los productos recuperados o reciclados.

El relleno sanitario debe utilizar el menor lugar y ocasionar el menor impacto ambiental negativo posible. Las operaciones que se deben realizar periódicamente en un relleno sanitario son: recepción, disposición y compactación de los residuos, recubrimiento con tierra y por último compactación.

Dentro del relleno sanitario se produce una descomposición anaerobia (sin presencia de oxígeno), el gas metano y el dióxido de carbono son unos de los productos de esta

descomposición, además las emisiones gaseosas contendrán compuestos orgánicos volátiles. Es por esto imprescindible el monitoreo ambiental del relleno. (Bocalandro, 2001), (Merizalde and Mujica, 2003), (Nora, 1998)

Sin embargo, no siempre se le da el manejo adecuado a los residuos, ya sea por motivos socioeconómicos, culturales e informativo. El ser humano persiste en las prácticas tradicionales para deshacerse de los RS, sin importar los daños que ocasiona al medio ambiente y a sí mismo. Las prácticas más comunes que realiza son:

- Vertido al agua: Depósito incontrolado de RS en ríos, lagos y océanos, es la causa de contaminación y proliferación de fauna nociva en el medio ambiente, ya que transportar los residuos largas distancias resulta caro e incómodo, incluso, en zonas donde vive poca gente, por lo que la opción más fácil es arrojar los residuos a las corrientes de los ríos o al mar.
- Tiradero a cielo abierto: Durante décadas, esta actividad no fue vista como un problema serio para los encargados del servicio de limpieza, ya que bastaba con llevar los RSU fuera de los núcleos urbanos para evitar el impacto visual y las molestias que pudieran causar a la población. Además, la cantidad en que eran producidos y las características de composición permitían su reintegración a la naturaleza sin daños aparentes.

Ante esto y con la persistencia de las prácticas tradicionales en la disposición final de los RSU, aparecen grandes tiraderos a cielo abierto, los cuales presentan un foco de contaminación ambiental (en agua, aire y suelo) aunado al riesgo para la salud pública de la población circundante

La disposición de los RSU en sitios no controlados (vertido al agua y tiradero a cielo abierto), afectan al medio ambiente y a la comunidad; por tal motivo, es necesario dejar de realizar esas prácticas. Por eso, la opción más factible es la utilización del sistema de relleno sanitario como método de disposición final de los RS, debido a sus bajos costos de inversión y operación con respecto a otros sistemas de tratamiento.

- Métodos constructivos de un relleno sanitario sustentable

Para la construcción de rellenos sanitarios se utilizan principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo más pequeña posible, cubriéndola con capas de tierra diariamente y compactándola para reducir su volumen. Además, prevé los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos en el relleno, por efecto de la descomposición de la materia orgánica.

El método constructivo y la secuencia de la operación de un relleno sanitario están determinados principalmente por las características del terreno escogido, aunque también dependen de la fuente del material de cobertura y de la profundidad del nivel freático. Hasta la fecha el relleno sanitario es la técnica que mejor se adapta a nuestra

región para disponer de manera sanitaria la basura, tanto desde el punto de vista técnico como económico. Los principales métodos usados para disponer los RSU, en un relleno sanitario pueden clasificarse como:

1. Método de trinchera

Consiste en mover y consolidar los RS dispersos en la menor área posible.

Enseguida se excava una o varias trincheras con un volumen equivalente al total de los RS que se pretende confinar. Las trincheras excavadas se depositan y compactan los residuos y, finalmente son cubiertos con el material excavado. Los residuos consolidados son empujados y depositados sobre el talud inclinado de la(s) trinchera(s), en donde son esparcidos y compactados con el equipo adecuado, en capas, hasta alcanzar el volumen disponible de la misma trinchera y proceder posteriormente a cubrirlos con el material excavado, el cual es esparcido y compactado sobre los residuos. Este método es usado normalmente donde el nivel de aguas freáticas es profundo, las pendientes del terreno son suaves, el material de cubierta es escaso y las trincheras pueden ser excavadas utilizando equipos normales para movimiento de tierras.

2. Método de área

Este método se puede usar en cualquier terreno donde se encuentre el sitio de disposición final, tal como canteras, inicio de cañadas, terrenos planos, depresiones y ciénagas contaminadas. Un aspecto importante en este método, para que la clausura sea económica, es que el material de cubierta se transporte de lugares cercanos a y se haga una planeación del mínimo movimiento de RS, siempre y cuando las condiciones de estabilidad mecánica de la basura lo permitan. En sitios no controlados como barrancas o cauces de ríos, este método tiene la variante de llevarse a cabo conjuntamente con un sistema de terrazas o plataformas, brindando la estabilidad mecánica necesaria para evitar el deslizamiento de taludes. En los casos de sitios con el nivel freático superficial, es factible acondicionar el terreno con una base impermeable, depositando los residuos encima de la misma.

3. Método de área-terracea

Este sistema se emplea principalmente cuando los RS han sido depositados en cañadas o barrancas. Es también una variante del método de área y consiste, primordialmente, en dividir el talud original de los residuos en dos o más secciones, dependiendo de la altura y longitud del talud; esta división se marca dejando una superficie horizontal, de manera que entre talud y talud existe un ancho de corona. En este método también es necesario mover, conformar y cubrir los residuos.

4. Método de área-terraplén

Este método es empleado en lugares donde el tipo de terreno es pantanoso, por lo que es necesario realizar un terraplén sobre el nivel del terreno, con material seco, donde puedan ser colocados, conformados y cubiertos los RS.

5. Método de combinado.

En algunos casos, cuando las condiciones geohidrológicas, topográficas y físicas del sitio elegido para llevar a cabo el saneamiento los permiten, es posible combinar los dos métodos anteriores. Por ejemplo, se inicia con la consolidación de los residuos en una parte del terreno ocupado, y se construye la trinchera, donde se depositan parte de los RS. Posteriormente se procede a depositar residuos en la parte superior de la trinchera; los mismos que son compactados y cubiertos con material de cubierta. Este método es recomendable cuando se carece de material de cubierta en la zona, además de que el volumen adicional que proporciona la trinchera, economiza la utilización de dicho material. Otra variante del método combinado, consiste en iniciar con un método de área, excavando el material de cubierta de la base de la rampa, formándose una trinchera, la cual servirá para ser rellenada.

Los métodos combinados son considerados como los más eficientes, ya que permiten ahorrar el transporte del material de cubierta, siempre y cuando exista este en el sitio, y aumentan la vida útil del sitio. (Ríos, 2009)

2.2. Antecedentes de estudios relacionados con la GRSU

Las investigaciones realizadas sobre el manejo y gestión de los residuos son diversas y propagadas por todo el mundo. Se pueden encontrar en artículos en revistas libros, trabajos investigativos, monografías, tesis de grado, de maestrías y doctorales. Cada una de ellas tiene un aporte significativo en cuanto a la manera en que son desarrolladas y se adecuan al país en las que se desenvuelven. A continuación se presentan algunos estudios nacionales e internacionales sobre el tema analizado:

1. Palacios F., García E. y García O. (2004), investigadores cubanos que desarrollaron un estudio sobre la gestión de RSU en 6 municipios de la Ciudad de La Habana. La metodología empleada fue las muestras estratificadas (itinerarios de los recolectores de basura de las áreas comerciales, residenciales, industriales) y la técnica de cuarteo, la cual determinó la composición física de las basuras considerando la variable estacional en el análisis. Concluyen que no existe una recogida diferenciada de la basura, hay bajos niveles de aprovechamiento y la disposición final en los vertederos del territorio no es del todo controlada.

2. JICA (2007), estudio realizado por especialistas cubanos y japoneses en la Ciudad de La Habana, titulado: "Estudio sobre el Plan de Manejo Integral de los Residuos Sólidos en la Ciudad de La Habana". El estudio consistió en la formulación de un plan maestro (P/M) para el Manejo De Los Residuos Sólidos Urbanos (MRSU) en la Ciudad

de La Habana con vistas al año 2015, seguido de la confección de un proyecto piloto para comprobar la viabilidad de los proyectos sugeridos en el plan maestro. Además un estudio de factibilidad para el proyecto más prioritario de los incluidos en el plan maestro y por último la capacitación del personal de la contraparte cubana con responsabilidad en el manejo de los RS o sea los trabajadores del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) y los de la Dirección Provincial de Servicios Comunales (DPSC). Los resultados obtenidos contribuyeron a un mejoramiento significativo del manejo de RSU en la Ciudad de La Habana.

3. Benítez Viera L. (2009), en su trabajo de diploma: "Análisis de alternativas para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos en la ciudad de Santa Clara" analiza el sistema de GRSU de la ciudad, inicialmente mediante una caracterización económico-geográfica y luego una descripción detallada del sistema de gestión integral que se utiliza. Posteriormente se clasifican los residuos en cuanto a su composición y se calcula la densidad de la basura y índice de generación poblacional., concluyendo que los elementos predominantes son los RS orgánicos. La investigación propone tres alternativas de gestión y tratamiento, las cuales son evaluadas mediante análisis económico y de factibilidad, utilizando un programa para valoración económica diseñado en Excel, herramienta factible que permite evaluar los impactos económicos totales de un proceso, producto o servicio, considerando todas las etapas de cada gestión.

La alternativa A1 consistía en un sistema de recogida selectiva pretendiendo aprovechar la fracción recuperable de los RSU mediante clasificación en una planta de transferencia, específicamente de papel y cartón, aluminio, cobre, hierro, plásticos y vidrio, además de la construcción de un relleno sanitario logrando disminución en el vertido y al mismo tiempo seguridad. La alternativa A2 planteaba aprovechar la fracción orgánica de los RSU (materiales fermentables de rápida y lenta descomposición) mediante tratamiento biológico (digestión anaerobia y compost); reciclar la fracción recuperable y disminuir considerablemente la disposición directa en el relleno; y la alternativa 3, reciclar los materiales recuperables, además de un sistema de incineración, disminuyendo también las cantidades a disponer en el relleno. Los resultados arrojaron que la alternativa A2 era la más adecuada, tanto desde el punto de vista económico como ambiental. Esto se debe al alto valor obtenido por la comercialización del material reciclable, el aprovechamiento de la fracción orgánica, con fines energéticos y la obtención de compost para su uso en la agricultura como fertilizante y acondicionador de terrenos.

4. Amorena Halffter A. (2010), autor de una nota sectorial titulada "El mercado de tratamiento de residuos en República Checa" resume que el tratamiento de RS en la

República Checa se gestiona a raíz de la aplicación de la Ley de Residuos de 1991, de la cual deriva la actual Ley de Residuos 285/2001, que aplica las directivas de la Unión Europea en materia de tratamiento de los mismos. Concluye que el principal logro que se ha experimentado es que la gestión de RSU obtiene un rápido crecimiento gracias a la aplicación estricta de las normativas europeas por parte de las empresas e instituciones vinculadas al sector y al adecuado manejo de los residuos que se realiza.

5. Ramón Martínez J. (2010) elabora un informe sectorial nombrado "El sector de la gestión de residuos sólidos en Marruecos" donde analiza como prioridad absoluta el conseguir una recogida completa, sin riesgos sanitarios, con una descarga en vertederos controlados que eviten contaminar el entorno. Una vez conseguida esta prioridad, se dispone de un sistema de separación y recogida selectiva de residuos, que permita reducir el volumen destinado a vertederos, reciclar materias como vidrio, metales, papel y plásticos, y valorizar energéticamente la parte combustible en incineradoras. Marruecos cuenta con un Mapa Nacional del Medio Ambiente y del Desarrollo Sostenible, lanzado el 22 de abril de 2010, con el objetivo de establecer un mayor control en el campo de los desechos. También tiene la Ley 28-00 del 2006 fija una serie de metas a alcanzar en materia de recogida y eliminación de residuos, diferentes planes y programas de inversión e implanta medidas para sensibilizar a la población sobre esta cuestión. Con esa norma abre las puertas a la gestión delegada de la gestión de desechos. Gracias a ello, los residuos se convierten en una oportunidad de negocio para las compañías privadas especializadas en su recogida y tratamiento.

A pesar de los esfuerzos que la nación realiza en materia de gestión de residuos el estudio comprueba que este país africano necesita recibir sociedades internacionales que dispongan del saber hacer del que carecen los operadores marroquíes. El gobierno conoce esta realidad y va creando normas y programas para acoger la llegada de inversiones y regular mejor el sector.

6. Calva Alejo C. L. y Rojas Caldelas R. I. (2014) presentan un "Diagnóstico de la gestión de residuos sólidos urbanos en el municipio de Mexicali, México: retos para el logro de una planeación sustentable" basado en el esquema del anexo 8 que muestra los elementos que conforman el marco para la planeación de los RSU desde el enfoque de la sustentabilidad. El estudio comprende revisión documental, entrevistas semi-estructuradas y talleres participativos, agrupados en tres apartados: marco jurídico-normativo, buenas prácticas de gestión sustentable de RSU y diagnóstico municipal. Realizan un balance en el que se muestran avances en el marco jurídico con una débil instrumentación operativa y la necesidad de crear o reforzar el desarrollo

de investigación, conformación de mercados, monitoreo, información y participación pública. Tienen como resultados del diagnóstico que, instrumentar el enfoque de gestión sustentable de los RS demanda cambios sustantivos de carácter estructural en lo normativo, las bondades que tiene el enfoque de planeación y gestión sustentable de los RSU se encuentra la apertura y valoración del trabajo interdisciplinario.

7. Fernando do Rosario J. B., Concepción Toledo D. N., Barrios castillo G. y González Suárez E. (2014); especialistas de la Universidad “11 de Noviembre”, Cabinda, Angola y la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, publicaron un artículo en la revista Centro Azúcar con el objetivo de exponer las razones que justifican la gestión de los residuos sólido urbanos, así como una estrategia para su realización y la valoración del beneficio que se logran a través de sus impactos económicos, sociales y ambientales para todas las regiones del planeta y especialmente para los países que se encuentran en vías de desarrollo. Para el logro de este objetivo utilizaron como métodos de investigación la revisión de la literatura científica y técnica disponible internacionalmente sobre la temática y la aplicación de la vigilancia tecnológica para conocer de las nuevas tendencias e impactos de los procesos de gestión de residuos sólidos urbanos. Se hace mucho énfasis en el reciclaje y el impacto social que tiene, además de que, se referencian buenas prácticas de estrategias como las 3R y la de basura cero; llegándose a considerar el diagrama heurístico para la estrategia de gestión de residuos sólidos en Cabinda (Ver anexo 9) como un buen modelo a implementar en países en vías de desarrollo. Finalmente concluyen que es alarmante los volúmenes que alcanza los RSU actualmente por lo que ha hecho imprescindible nuevas búsquedas de gestión para su posterior reutilización, el reciclaje es una tecnología muy ventajosa para el tratamiento de residuos con un elevado impacto positivo para el medio ambiente en general, la estrategia de gestión es un problema multidisciplinario que requiere de la colaboración de varios grupos internacionales de trabajo para poder asimilar las tecnologías disponibles, además de que, las alianzas entre universidades del sur pueden ser una herramienta poderosa en la búsqueda del aprovechamiento de los RSU como fuente de materias primas y energía para el desarrollo sustentable.

8. Jiménez Martínez N. M. (2015), en su artículo nombrado “La gestión integral de residuos sólidos urbanos en México: entre la intención y la realidad” de la revista Letras Verdes, realiza un marco de referencia que permite evaluar la implementación de la GIRSU a partir de una caracterización de la gestión integral en términos cuantitativos y de la revisión de la política pública. El análisis realizado se basa en tres aspectos fundamentales: el modelo de GIRSU como estrategia con sus alcances y limitaciones, la caracterización presentada del perfil mexicano evidenciada por datos

numéricos obtenidos de SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales), INECC-SEMARNAT (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático), INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) y ONU-Hábitat (Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos), y por último los instrumentos de política pública. Se concluye que existen mayores porcentajes de cobertura de recolección, mejores prácticas de manejo y de disposición final en las ciudades medianas y grandes; y pobre recolección y manejo ambientalmente inadecuado para las ciudades pequeñas y las localidades rurales. Además que la política de desechos a nivel federal en México es aquella de descentralizar sin empoderar y que las diferencias territoriales en términos de consumo, generación de desechos y manejo generan desajustes en la implementación de la GIRSU.

9. Broche Fernández Y. y Ramos Gómez R. (2015), presentan un procedimiento que permite gestionar los principales residuos sólidos generados en las pequeñas y medianas instalaciones turísticas hoteleras (PyMITH) cubanas a partir del diagnóstico del comportamiento medioambiental. Se incluye la determinación de un indicador de evaluación y establecer estrategias para la logística inversa. Los métodos utilizados partieron de un análisis teórico de las concepciones más actuales de la literatura internacional y nacional disponible. Se aplicaron técnicas, tales como: observación directa, encuestas, entrevistas individuales, técnicas de trabajo en grupo, análisis de documentos y registros. El procedimiento constituye una importante herramienta de evaluación del desempeño medioambiental de las instalaciones en el sector turístico cubano. Su correcta aplicación proporciona mejoras competitivas en la empresa para lograr una gestión adecuada de los residuos sólidos que son emitidos al medio ambiente. Esto permite alcanzar un turismo ecológicamente sostenible. Dicho procedimiento se encuentra en un proceso de constante cambio y modificaciones para lograr elevar su eficiencia aplicativa.

10. Fazenda Augusto J. y Tavares-Russo M. A. (2016), en su estudio denominado "Caracterización de Residuos Sólidos Urbanos en Sumbe: herramienta para gestión de residuos", país Angola, África, resume que la caracterización de residuos sólidos es una tarea inédita y de gran complejidad debido a las dificultades impuestas por la incipiente organización en la gestión de residuos sólidos y la usencia de infraestructuras adecuada en esa área. Por lo que cuando realizan la caracterización de RS, les permitió estimar la cantidad de residuos que genera esta ciudad en términos de los materiales que los componen, es decir, materia orgánica, plástico, papel, vidrio, metales entre otros. El estudio contiene el análisis, la interpretación y el tratamiento de datos obtenidos a través de encuestas, entrevistas, observación y

trabajo de campo y constituye el plan de gestión de RS para el desarrollo sustentable de Sumbe.

11. Tumi Quispe J. (2016), "Actitudes y prácticas ambientales de la población de la ciudad de Puno, Perú sobre gestión de residuos sólidos". El objetivo del estudio está orientado a caracterizar las actitudes y prácticas ambientales que posee la población urbana de Puno, Perú respecto a la gestión de RS. El diseño de la investigación es no experimental, transversal, descriptivo, correlacional y de nivel micro. Se estructuró un cuestionario que fue aplicado a una muestra seleccionada por muestreo aleatorio simple sin reemplazo, y se ajustó el tamaño de la muestra. Los resultados del estudio muestran que las actitudes y prácticas ambientales que posee la mayoría de la población de la ciudad de Puno sobre gestión de RS, son inadecuadas y diferenciadas según factores críticos. Esta situación problemática, indistintamente, se debe a la alta tasa de crecimiento poblacional y la subsistencia de la precaria conciencia ambiental y sanitaria de la población; la ausencia de un plan director de desarrollo urbano, la ausencia de la planta de tratamiento de RS.

12. Hernández Berriel M., Aguilar Virgen Q., Taboada González P., Lima Morra R., Eljaiek Urzola M., Márquez Benavides L. y Buenrostro Delgado O. (Hernández, 2016), desplegaron una investigación nombrada "Generación y composición de los residuos sólidos urbanos en América Latina y el Caribe" en la cual realizan un análisis de la generación de los Residuos Sólidos Domésticos (RSD) en la región para comparar su composición y establecer similitudes y diferencias que inciden en los patrones de comportamiento de la misma. Inicialmente hacen un breve análisis de la generación de RSD en ALC a partir de reportes oficiales de la cobertura de recolección y método de disposición final. Fijan como variable más incidente la socioeconómica en la generación y composición de los RS en el área que se investiga. Describen los sitios de trabajo en cuanto a superficie, población x zonas urbanas y rurales, densidad y actividades económicas principales y utilizan como método el muestreo de los RS. Resaltan que los muestreos fueron realizados en diferentes años y proceden de RSD, cuyas muestras fueron tomadas en camiones y en las viviendas. En el caso de México se basan en las normas mexicanas para la selección de las muestras. Entre los principales resultados se encuentran variaciones en la generación y composición de los RSD y la fracción orgánica continúa siendo predominante; no obstante la heterogeneidad de la composición se ha incrementado, siendo la mayor parte de componentes reciclables. Las viviendas de ALC mantienen una estratificación socioeconómica similar pero que no incide en la composición y cantidad de RS producidos. De ahí la importancia de contar con datos precisos y actualizados de tasas

de generación y composición, ya que estos datos son críticos para el diseño de programas de gestión que incluyan el reciclaje y la disposición final adecuada.

13. Falcón Odelmis (2017), elabora el documento "Metodología para el cálculo de generación y determinación de la composición física de los RSU" con el objetivo de establecer un método para diagnosticar y determinar la situación de la generación de RSU en el territorio cubano, así como su composición, recolección, transportación, depósito y tratamiento. Toma como referencia las normas nacionales e internacionales y para el desarrollo de las actividades propone como método a emplear el de cuarteo debido a que según el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), los países en desarrollo, en particular los de Latinoamérica, pueden no tener acceso a los recursos técnicos, humanos y financieros necesarios para aplicar algunos de los métodos y este resulta ser uno sencillo y muy efectivo, por lo cual es el recomendable para el estudio en cuestión. Esta metodología tiene los siguientes pasos a seguir:

- i. Determinación del número de la muestra de generación de residuos
- ii. Determinación del volumen de producción per cápita por día (PPC)
- iii. Preparación para el cálculo de generación de residuos
- iv. Preparación del terreno
- v. Realización del pesaje
- vi. Caracterizar la situación del territorio en materia de generación, recolección, transportación y depósito de RSU
- vii. Aplicar procedimiento p el cuarteo
- viii. Desarrollar las operaciones para determinar la composición de los RSU (pesaje y tamizado de la muestra, pesaje de las fracciones tamizadas)
- ix. Calcular el índice promedio de generación diaria por territorio y la composición total de los RSU generados.

La forma que propone para registrar y controlar los datos obtenidos es:

- i. Registro 1- Modelo de Control
- ii. Registro 2- Modelo de Control en la báscula
- iii. Registro 3- Selección y cuantificación de subproductos.
- iv. Registro 4- Modelo resumen territorial

Esta metodología facilita la planificación de la GIRSU. El análisis de los datos de generación y composición que resulten de estos estudios, permitirán tomar decisiones más acertadas para la gestión integrada, para el diseño de sistemas, instalaciones, selección de equipos y para el control y seguimiento del funcionamiento de los mismos.

2.3. Normas internacionales más usadas en la GIRSU

Las normas tienen función de regla u ordenación del comportamiento dictada por una autoridad competente cuyo incumplimiento trae aparejado una sanción. Referido a RSU varios países han escatimado esfuerzos por homogenizar todo lo que se ha hablado y escrito referido a la GIRSU. Es por ello que a nivel internacional existen regulaciones que permiten llevar a cabo un adecuado manejo y gestión de dichos residuos, por ejemplo:

- Norma técnica NBR 12980: 1993. Brasil. "Recolección, barrido de calles y envasado de residuos sólidos urbanos. Terminología".
- Norma Técnica NBR 13463: 1995. Brasil. "Recogida de residuos sólidos. Clasificación".
- Ley 27314 del año 2000. Perú. " Ley General de Residuos Sólidos".
- Directive 2000/76/EC of the European Parliament and of the Council. "Incineration of waste".
- Decreto N° 298 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, año 2002. Chile.
- Ley de residuos sólidos del Distrito Federal, 2003. México.
- Ley 25.916 del año 2004. Argentina. "Gestión Integral de Residuos Domiciliarios".
- Directiva 2008/98/CE. Unión Europea.
- Norma Técnica NBR 15849: 2010. Brasil. "Residuos sólidos urbanos. Pequeños vertederos. Directrices para la ubicación, el diseño, implementación, operación y cierre.
- NOM-161-SEMARNAT-2011. Norma Oficial Mexicana. México.
- NCH 2880. 2014. Instituto Nacional de Normalización. Chile.
- Decreto N°61. 2015. Ministerio de Salud. Chile.

Estas regulaciones a lo largo de los años se actualizan y sirven de soporte para proyectos investigativos. Abarcan las etapas de los residuos desde la generación hasta la disposición final y regulan los procesos involucrados en cada de ellas. En el anexo 10 muestra otras de leyes, normas, y decretos internacionales relacionadas con los RSU y su gestión; se describe su contenido y especifica el lugar de procedencia y la fecha de cada una de ellas. Destacar que las regulaciones explicadas en el anexo 10, pertenecen, fundamentalmente, a países latinoamericanos y a la comunidad europea debido a que son las más empleadas y referenciadas a nivel internacional cuando de GIRSU se habla e investiga. Además se considera que son las que contienen los patrones más cercanos a las condiciones cubanas actuales.

2.4. Marco Legislativo vigente en Cuba relacionado con RSU

En Cuba el marco legislativo relacionado con el manejo y gestión de los RSU, tiene como principales responsables a los ministerios de Salud Pública y del de Economía y Planificación, los cuales norman muchos de los aspectos relacionados el tema en cuestión. El CITMA, también ha hecho su aporte y cuenta en la Ley 81 del Medio Ambiente con capítulos dirigidos al manejo de los desechos peligrosos y productos químico-tóxicos, así como un título dirigido hacia los servicios públicos esenciales donde se aborda la recogida de los desechos sólidos y su disposición final en vertederos; y existe una Resolución Ministerial a tono con el cumplimiento del Convenio de Basilea y el manejo y disposición final de los desechos peligrosos.

Actualmente hay tres Normas Cubanas relacionadas con el almacenamiento, recolección, transportación, tratamiento y disposición final de los RSU; requisitos higiénicos sanitarios y ambientales (NC:133, 2002, NC:134, 2002, NC:135, 2002). Además de la NC 530:2007 relacionada con el manejo de los RS de las instituciones de salud y los requisitos higiénico-sanitarios y ambientales.

La Constitución de la República de Cuba del 24.02.1976 modificada del 10.10.1992 y posteriormente actualizada 16.07.2002, postula en el artículo 27 que es la misión del estado proteger el medio ambiente como también es el deber de los ciudadanos contribuir a dicha protección. 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”.

Otros organismos y entidades estatales también han establecido resoluciones que unidas a las antes mencionadas permiten la planificación, regulación y control de los residuos en los territorios. En el anexo 11 se muestra una tabla resumen en la que se detalla cada una de las legislaciones cubanas relacionadas con los residuos y su gestión, mostrando las categorías, nombre, fecha y breve descripción.

Por todo lo antes mencionado y posterior análisis del anexo 11, se puede afirmar que hoy en día toda la normativa y regulaciones relacionadas con los RSU están encaminadas principalmente al cuidado del medio ambiente y minimización de los impactos negativos en este. Las informaciones que brindan están relacionadas con conceptos, características y clasificaciones generales de los residuos; sin embargo aún no existe una que regule, organice y controle las actividades relacionadas con la gestión.

2.5. Conclusiones parciales

1. El análisis de la literatura permite identificar los métodos y técnicas de las etapas de la GRSU que existen para caracterizar y mejorar los procesos involucrados en cada una de ellas.

2. La caracterización de residuos en la etapa de generación es de vital importancia para la gestión, debido a que constituye el paso inicial del proceso de toma de decisiones. De ella dependen las fases posteriores de recolección, transporte, tratamiento y disposición final y además, facilita el diseño de estrategias de gestión.
3. Los estudios de diagnósticos y gestión de residuos analizados demuestran que, a pesar de que se han hecho grandes esfuerzos por establecer una metodología en el país todavía no existe una de referencia relacionada con la GRSU. También se carece de procedimientos, herramientas, técnicas y recursos para realizar estudios de gestión, sin embargo el interés por el tema crece constantemente.
4. Las normas cubanas existentes relacionadas con los RS son orientativas, pero muy generales y amplias en algunos casos. No hay una estandarización de la metodología para caracterizar los RSU, ni existen procedimientos para las actividades de gestión en el marco legislativo vigente.

Conclusiones generales

En la investigación realizada quedó evidenciada la necesidad de considerar las buenas prácticas de GIRSU más utilizadas en el mundo; por eso se puede concluir que:

1. Existen numerosos enfoques sobre los residuos, sus características, clasificaciones y etapas de gestión. Estas varían según el autor y país en las que son desarrolladas; sin embargo, existe cierta homogeneidad de criterios los cuales fueron tomados de base para el marco teórico referencial elaborado.
2. Las etapas de gestión cuentan con diversos métodos, herramientas y técnicas que se pueden emplear para el desarrollo eficiente de los procesos que se involucran en ellas. La selección de uno específico está asociada a las características del tipo de estudio que se quiera realizar y a las condiciones reales del entorno en el que se va a trabajar.
3. La caracterización de la generación de los residuos es el punto de partida de la GIRSU. De ella dependen las decisiones que se toman en las etapas posteriores y el buen desarrollo de las actividades asociadas a la gestión.
4. Existen normas nacionales e internacionales relacionadas con los residuos que en su mayoría definen conceptos, características y clasificaciones de estos. En Cuba aún no se cuenta con alguna de tipo metodológica o de procedimientos para la GIRSU que se adecue a las condiciones actuales, a pesar de que se han hecho múltiples esfuerzos alrededor de este tema.

Recomendaciones

1. Profundizar otros aspectos relacionados con los residuos sólidos urbanos y su gestión integral, avances y nuevas aplicaciones, para que así, se amplíe el estudio realizado.
2. Actualizar constantemente la búsqueda bibliográfica realizada de forma tal que se integren todos los elementos teóricos para darle a los residuos el tratamiento y destino final más apropiado.
3. Seleccionar de la base teórica-conceptual elaborada los elementos que se adecuen a las condiciones cubanas actuales y aplicarlas en proyectos futuros que se relacionen con el tema.
4. Divulgar los resultados de la investigación en lugares accesibles para que todo estudioso del tema la tenga a su disposición y pueda implementarla.

Bibliografía

2002. CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DE CUBA. Actualizada hasta la Ley de Reforma Constitucional, Gaceta Oficial Extraordinaria No. 10 de 16 de julio de 2002.
2015. Cada año se producen entre 7.000 y 10.000 millones de toneladas de residuos urbanos en el mundo *Residuos Profesional*.
- AGÜERO, E. M. 2014. *Lineamientos para una Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos en la Ciudad de Frías, Santiago del Estero*. Escuela de Ingeniería Industrial Universidad Nacional de Córdoba.
- ALBACETE 2011. Guía didáctica sobre Gestión de los Residuos Urbanos en Albacete. *España*.
- ALCAIDE, T. A. 2012. Residuos sólidos urbanos una consecuencia de la vida.
- AMORENA, H. A. 2010. El mercado de tratamiento de residuos en República Checa. *Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Praga*, 38.
- ANDRÉS, P. Y. R., R. 2008. Gestión y tratamiento de residuos sólidos urbanos. *Evaluación y prevención de riesgos Ambientales en Centroamérica*. Girona: España.
- AVENDAÑO, A. E. F. 2015. Panorama actual de la situación mundial, nacional y distrital de los residuos sólidos.
- BARRADAS, R. A. 2009. *Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales. Estado del Arte*. Minatitlán, Veracruz, México
- BELTRAN, V. J. E. 2014. *Evaluación de la metodología de caracterización de los residuos sólidos de origen municipal dispuestos en el relleno sanitario parque ambiental los pocitos de la ciudad de Barranquilla*. Proyecto de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental, Universidad Autónoma de Occidente
- BENÍTEZ, V. 2009. *Análisis de alternativas para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos en la ciudad de Santa Clara*. Facultad de Química- Farmacia Trabajo de Diploma, Universidad Central Marta Abreu de Las Villas.
- BERNACHE, G. 2011. Cuando la basura nos alcance. El impacto de la degradación ambiental. *CIESAS*, 551.
- BOCALANDRO, N. F., D; L. SOCOLOVSKY 2001. *Biología II Polimodal* <http://www.scruz.gov.ar/recursos/educacion/opiaus01/>
- <<http://www.scruz.gov.ar/recursos/educacion/opiaus01/>.
- BROCHE, F. Y. & RAMOS, G. R. 2015. Procedimiento para la gestión de los residuos sólidos generados en instalaciones hoteleras cubanas *Mi SciELO*, Ing. Ind. vol.36 no.2 La Habana mayo.-ago. 2015.
- BUENROSTRO, O. B., G.; Y CRAM, S. 1999. Análisis de la generación de residuos sólidos en los mercados municipales de Morelia, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 15, 27-32.
- CABILDO, M. M. D. P., CONSUELO, E. L. & SOLEDAD, S. 2008. *Reciclado y tratamiento de residuos*, España, Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- CALVA, A. C. L., ROJAS CALDELAS ROSA I. 2014. Diagnóstico de la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos en el Municipio de Mexicali, México: Retos para el Logro de una Planeación Sustentable.
- CAMPOS, I. 2003. Saneamiento Ambiental. *San José de Costa Rica*.
- CITMA 2012. Los residuos. Resumen.
- COLOMAR, M. F. J. Y. G. I., A. 2007. *Tratamiento y gestión de residuos sólidos*, Limusa, Universidad Politécnica de Valencia.
- CONTRERAS, C. 2006. *Manejo integral de aspectos ambientales – residuos sólidos*. Pontificia Universidad Javeriana.
- CORMAGDALENA 2014. Convenio Fundases: curso guardaorillas. Barrancabermeja: CORMAGDALENA. *Corporación Autónoma Regional del Río Grande de La Magdalena*.

- COUNTRYMETERS. 2018. *Población mundial* [Online]. [Accessed <http://countrymeters.info/es/World> 16 de junio de 2018].
- CHILE 2013. Metodología de Formulación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos de Valorización de Residuos Municipales. In: CHILE, D. D. E. S. D. I. M. D. D. S. G. D. (ed.). Chile.
- DEL PUERTO, C. 1992. Saneamiento Básico y Urbanización. *Salud Ambiental*, 1.
- DEL VAL, A. 1996. *Tratamiento de los residuos sólidos urbanos* Madrid, España.
- DULANTO, T. A. 2013. *Asignación de competencias en materia de residuos sólidos de ámbito municipal y sus impactos en el ambiente* Pontificia Universidad Católica del Perú
- EMACRUZ. 2014. Gestión Integrada de los residuos Sólidos Urbanos en Santa Cruz de la Sierra *Gobierno Municipal Santa Cruz. Somos Todos.* [Online]. [Accessed www.emacruz.com.bo].
- FALCÓN, O. 2017. "Metodología para el cálculo de generación y determinación de la composición física de los RSU".
- FERNANDO DO ROSARIO, J. B., CONCEPCIÓN, T. D. N., BARRIOS, C. G. & GONZÁLEZ, S. E. 2014. Gestión de los residuos sólidos y sus impactos económicos, sociales y medioambientales. *Revista Centro Azúcar*, 41, 12.
- GALLARDO, A. 2000. *Metodología para el diseño de redes de recogida selectiva de RSU utilizando sistemas de información geográfica. Creación de una base de datos aplicable a España.* Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia.
- GLYNN, H. Y. G., H. 1999. Ingeniería Ambiental. *México D.F.*, 535-568.
- HAIGH, J. D., WINNING, A. R., TOUMI, R., & HARDER, J. W. 2010. *An influence of solar spectral variations on radiative forcing of climate.* *Nature*.
- HERNÁNDEZ, B. M. D. C., QUETZALLI AGUILAR-VIRGEN, PAUL TABOADA-GONZÁLEZ, ROBERTO LIMA-MORRA, MÓNICA ELJAIK-URZOLA, LILIANA MÁRQUEZ-BENAVIDES Y OTONIEL BUENROSTRO-DELGADO 2016. GENERACIÓN Y COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. *Rev. Int. Contam. Ambie*, 32, 11-22.
- HOORNWEG, D. Y. B.-T., P. 2012. *What a waste. A Global Review of Solid Waste Management.*, Washington: World Bank.
- HUAMANÍ, M. B. C. 2017. *ANÁLISIS SOCIOECONÓMICO Y AMBIENTAL DEL REAPROVECHAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN LA CIUDAD DE JULIACA, SAN ROMÁN, PUNO – 2017* Perú PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE: INGENIERO ECONOMISTA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO
- INEG 2011. Diseño de la muestra en proyectos de encuesta. *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*, 2, 11.
- JIBRIL, J. D. A., SIPAN, I. B., SAPRI, M., SHIKA, S. A., ISA, M., & ABDULLAH, S. 2012. *3R s Critical Success Factor in Solid Waste Management System for Higher Educational Institutions.* *Procedia*.
- JICA, N. K. C. L. 2007. "Estudio sobre el Plan de Manejo Integral de los Residuos Sólidos en la Ciudad de La Habana", República de Cuba, PACIFIC CONSULTANTS INTERNATIONAL.
- JIMÉNEZ, B. 2001. La contaminación ambiental en México: causa, efectos y tecnología apropiada. *México D.F.: Limusa*.
- JIMÉNEZ, M. N. M. 2015. "La gestión integral de residuos sólidos urbanos en México: entre la intención y la realidad". *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*.
- JONSHON. 2007. *Diseño de una Planta de Compostaje* [Online]. [Accessed www.ine.gob.mx 15 de enero 2018].
- LAGERKVIST, A. E., HOLGER 2011. *Waste characterization: Approaches and methods. Solid Waste Technology & Management*, Publishing Ltd. Lyngby. Denmark.

- LPGIR 2012 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos. México: L.
- LÓPEZ, C. 2015. Procedimiento Gestión Integral de Residuos. Actualización del Procedimiento OTECEL S. A.- Telefónica Ecuador. Versión: 07 Página: 1 de 16
- LÓPEZ, M. G. 2014 *Plan De Manejo Integral de Residuos Sólidos para Hipermercados.*, Universidad Nacional Autónoma de México.
- LOZANO, G. L. S. 2017. *Guía para la implementación de la metodología para la elaboración del plan de gestión integral de residuos sólidos en la empresa Colinagro SA.*
- MAPAMA 2015. Sistema de recogida. Diseño del servicio de recogida y transporte. Consejos técnicos del servicio de recogida. © Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente |.
- MARTÍN. 2010. *Programa de Residuos de Cantabria* [Online]. [Accessed www.medioambientecantabria.es diciembre de 2017].
- MARTÍNEZ, J. R. 2010. EL SECTOR DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN MARRUECOS. *Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Rabat*, 49.
- MCGRAW–HILL 1999. Ingeniería Ambiental: Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. *Ed. McGraw–Hill.*, Vol. III., 860.
- MEMON, M. A. 2010. Integrated solid waste management based on the 3R approach. *J.Mater. Cycles Waste Manag.* 12, 30–40.
- MERIZALDE, H. J. C., M. G. A. & MUJICA, M. J. R. 2003. *Manual para el Manejo Integral de Residuos Sólidos (MIRS) en Instituciones Educativas* Escuela de Ingeniería de Antioquia Ingeniería Ambiental.
- MONTOYA, R. F. 2012. Caracterización de los residuos sólidos. *Cuaderno ACTIVA*, pp. 67-72
- NC:133 2002. Residuos sólidos urbanos. Almacenamiento, recolección y transportación. Requisitos higiénico sanitarios y ambientales. *In: CUBANA, N. (ed.). ISC: 13.030.10 Edición: Marzo 2002.*
- NC:134 2002. RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS. TRATAMIENTO. REQUISITOS HIGIENICO SANITARIOS Y AMBIENTALES. *In: OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (NC) CALLE E NO. 261 VEDADO, C. D. L. H. & NC@NCNORMA.CU, T.-F.-E.-M. (eds.) 1. Edición Marzo 2002*
- ed. Norma Cubana: ICS: 13.030.10.
- NC:135 2002. RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS. DISPOSICION FINAL. REQUISITOS HIGIENICOS SANITARIOS Y AMBIENTALES. *In: OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (NC) CALLE E NO. 261 VEDADO, C. D. L. H. & NC@NCNORMA.CU, T.-F.-E.-M. (eds.) 1. Edición Marzo 2002 ed.*
- NORA, T. S. M. A. F. Y. T. 1998. COMPOSTING PIG MANURE IN HONG KONG. *Biocycle*, 2, 39.
- OLGUÍN, G. S. 2007. *Gestión integral de Residuos Sólidos Urbanos en los municipios de Actopan, San Salvador y El Arenal del estado de Hidalgo.* Doctorado, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- PAJARES, B. I. 2015. *Planta de tratamiento de residuos sólidos urbanos.* Trabajo fin de grado Grado en ingeniería de las tecnologías industriales.
- PALACIOS, F., GARCÍA, E. & GARCÍA, O. 2004. *Gestión de residuos sólidos urbanos en 6 municipios de la Ciudad de La Habana, Cuba.*
- PCC 2011. Lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución. *In: CUBA, V. C. D. P. C. D. (ed.). La Habana, Cuba: Año 53 de la Revolución.*
- PINEDA 1998. Manejo y disposiciones de residuos sólidos urbanos. *ACODAL.*
- PNGIDS 2015. Diagnóstico de la Cadena de Gestión Integral de Desechos Sólidos-Reciclaje *In: PNGIDS, M. D. A.-P. N. P. L. G. I. D. D. S. (ed.) Secretaría Técnica del Comité Interinstitucional para el Cambio de la Matriz Productiva-Vicepresidencia del Ecuador ed. Ecuador.*
- RAE 2014. *Diccionario de la lengua española.*

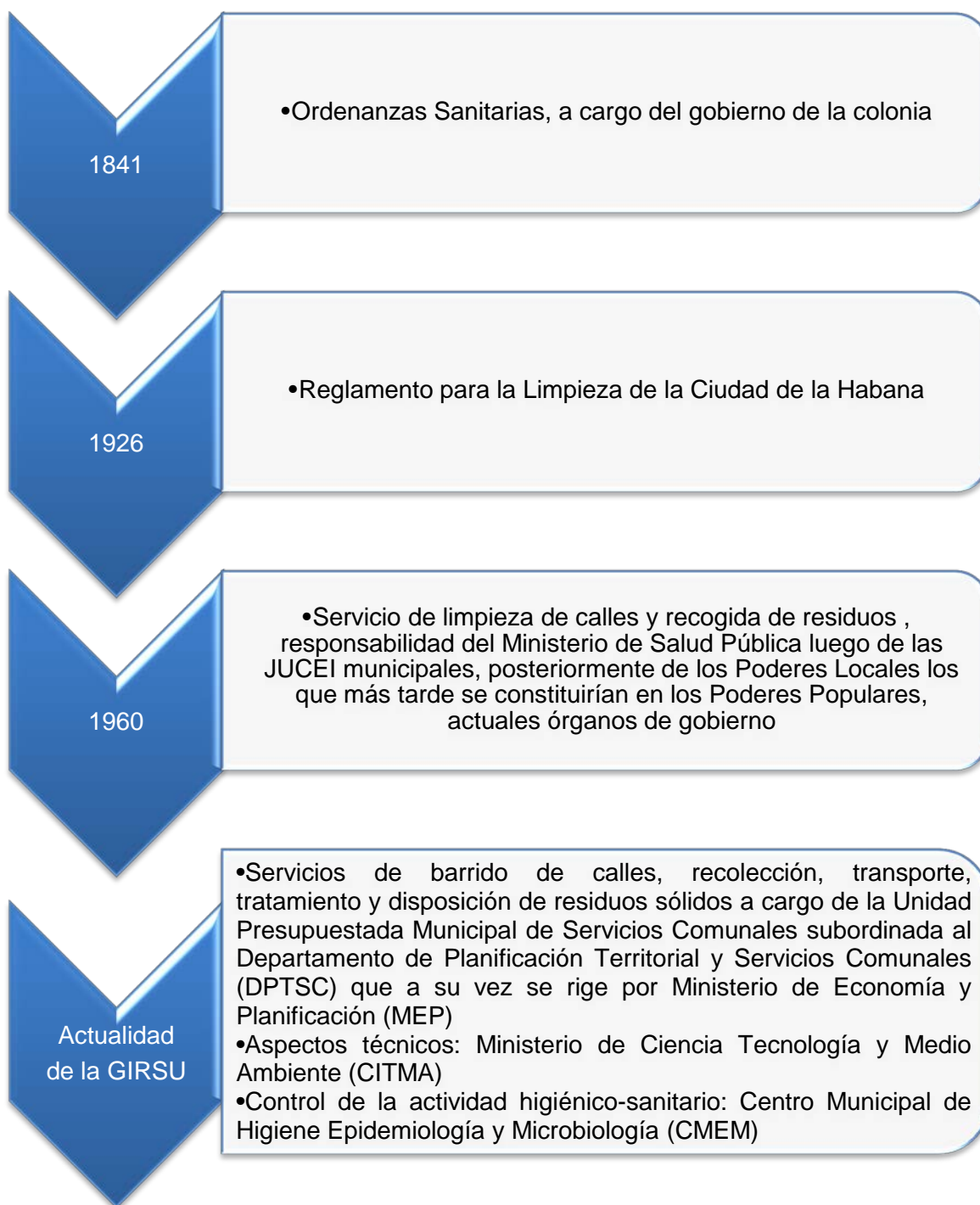
- RÍOS, H. A. 2009. *Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos*. Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil, Instituto Politécnico Nacional.
- RODRÍGUEZ, F. M. S. N. E., BRITO DE LA TORRE, M. S. J. M. & BÉRRIZ VALLE, L. R. A. 2013. *Guía para la gestión integral de residuos sólidos municipales*, La Habana.
- SAM, S. D. A. M. 2010. Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos. In: TRANSPORTE, M. D. I. Y. (ed.). Buenos Aires, Argentina.
- TCHOBANOGLIOUS, G., HILARY, T. & A, V. S. 1994. *Gestión Integral de residuos sólidos*.
- TIMM, I. J. 2013. Gestión de residuos sólidos urbanos. Documento destinado a docentes.
- UE 2006. Directiva 75/442/CEE. Unión Europea.
- VERA, S. J. A. 2015. *Formulación de una propuesta metodológica para la gestión integral de residuos químicos peligrosos en instituciones de educación superior*. Maestría en Ingeniería Ambiental, Universidad de Pamplona.
- VIRTUAL., E. 2017. *Características físicas de los residuos sólidos urbanos* [Online]. Available: <http://www.ambientum.com/enciclopedia/residuo/1.26.31.06r.html> [Accessed Consultado el 9 de diciembre de 2017].
- VIVANCO, M. 2013. Muestreo estadístico, diseño y aplicaciones. 23-26.
- WEHENPOHL, I. G. & HERNÁNDEZ, B. M. E. I. C. P. 2006. *Guía para la elaboración de programas municipales para la prevención y gestión integral de los residuos sólidos urbanos*, México.

Anexo 1. Evolución histórica de la gestión de residuos



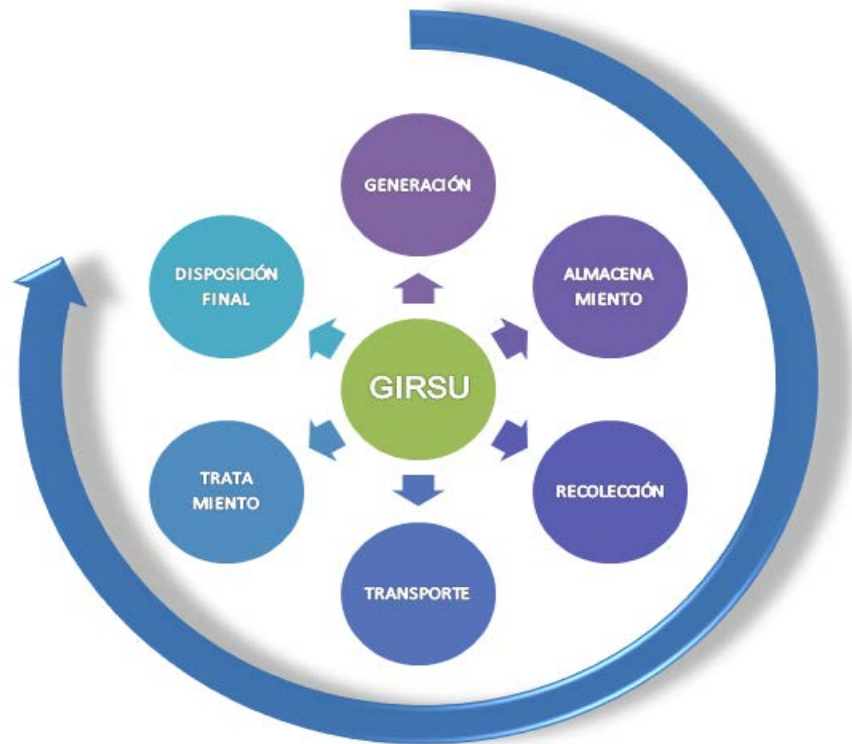
Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Evolución histórica de la gestión de residuos en Cuba



Fuente: Elaboración propia

Anexo 3. Diagrama de las etapas propuestas para la GIRSU



Fuente: Elaboración propia.

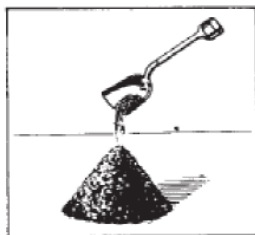
Anexo 4. Aplicaciones del método del cuarteo



Fuente: Reducción de muestras por el método de cuarteo. (2003)



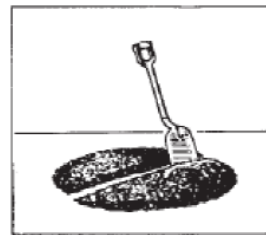
Fuente: Caracterización de residuos sólidos urbanos en la ciudad de Teziutlán. (2012)



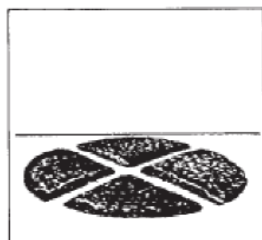
Muestra Cónica sobre superficie dura y limpia



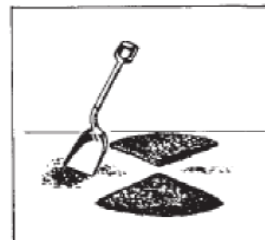
Mezclarla a fondo formando nuevo cono



Cuartear después de aplanar cono



Muestra dividida en cuartos



Retener cuartos opuestos quitar los otros dos cuartos

Fuente: Norma técnica guatemalteca. (2011)

Anexo 5. Tipos de muestreos estadístico más utilizados para la caracterización de residuos

Clases de Muestreo	Características	Observaciones	Ventajas	Desventajas
Muestreo Aleatorio Simple	Se selecciona una muestra de tamaño n de una población de N unidades, cada elemento tiene una probabilidad de inclusión igual y conocida de n/N	Eficiente en poblaciones homogéneas. Se debe determinar un marco de muestreo acorde para el estudio	Sencillo y de fácil comprensión Cálculo rápido de los estimadores (media y varianza) Se basa en la teoría estadística y, por tanto, existen paquetes informáticos para analizar los datos	Requiere un listado de las características de la población de estudio (parámetros a estudiar). Cuando se trabaja con muestras pequeñas es posible que no se represente a la población adecuadamente
Muestreo Estratificado	Se estratifica la muestra según las variables de interés del estudio, por lo cual se debe conocer la composición estratificada de la población objetivo. Una vez calculado el tamaño muestral apropiado, este se reparte de manera proporcional entre los distintos estratos definidos en la población	Utiliza el muestreo aleatorio simple como soporte, lo que permite tener una mayor representatividad de la población. Se debe determinar un marco muestral para cada estrato. Se debe garantizar la representatividad de todas las clases de grupos o estratos establecidos	Se requiere que la muestra represente adecuadamente a la población en función de unas variables seleccionadas o de interés del estudio. Se obtienen estimaciones más precisas. Su objetivo es conseguir una muestra lo más semejante posible a la población en lo que a las variables se refiere	No siempre las características disponibles para formar los estratos son las más adecuadas para hacer las comparaciones. Se hace necesario conocer la distribución en la población de las variables utilizadas para la estratificación

Fuente: Elaboración propia a partir de (INEG, 2011)

Anexo 6. Ventajas y desventajas de los métodos de recolección

Métodos de recolección	Ventajas	Desventajas
Método de esquina o de parada fija	Mejora la imagen del servicio, la recolección se realiza en menor tiempo, es el más económico, después del método de contenedores	Utiliza más tiempo que el de contenedores, requiere mayor personal de recolección y cierta participación de los usuarios, el equipo puede o no estar mecanizado
Método de contenedores	El recorrido se hace en el tiempo mínimo, disminuyen las frecuencias de recolección, opera con el mínimo de personal	La recolección deberá efectuarse en los tiempos y frecuencias establecidas, a fin de evitar que se transformen en focos de infección, requiere amplia participación de los usuarios
Método de acera	Mejora la percepción de calidad del servicio	Mayor tiempo de recolección, utiliza mayor cantidad de personal, poca participación de los usuarios
Método de “llevar y tirar” o Intradomiciliario	Mejora aún más la percepción de calidad del servicio	Requiere un mayor tiempo de recolección, utiliza mayor cantidad de personal, nula participación de los usuarios
Barrido de calles, parques y jardines	Conservación de la salud humana, belleza en el entorno e implica menores gastos	Requiere de mano de obra calificada. El recurso humano está en contacto directo con la basura. Cuando el barrido es mecanizado los equipos importados lo que provoca salidas de divisas del país

Fuente: Elaboración propia a partir del criterio de (Ríos, 2009)

Anexo 7. Ventajas y desventajas de las estaciones de transferencia

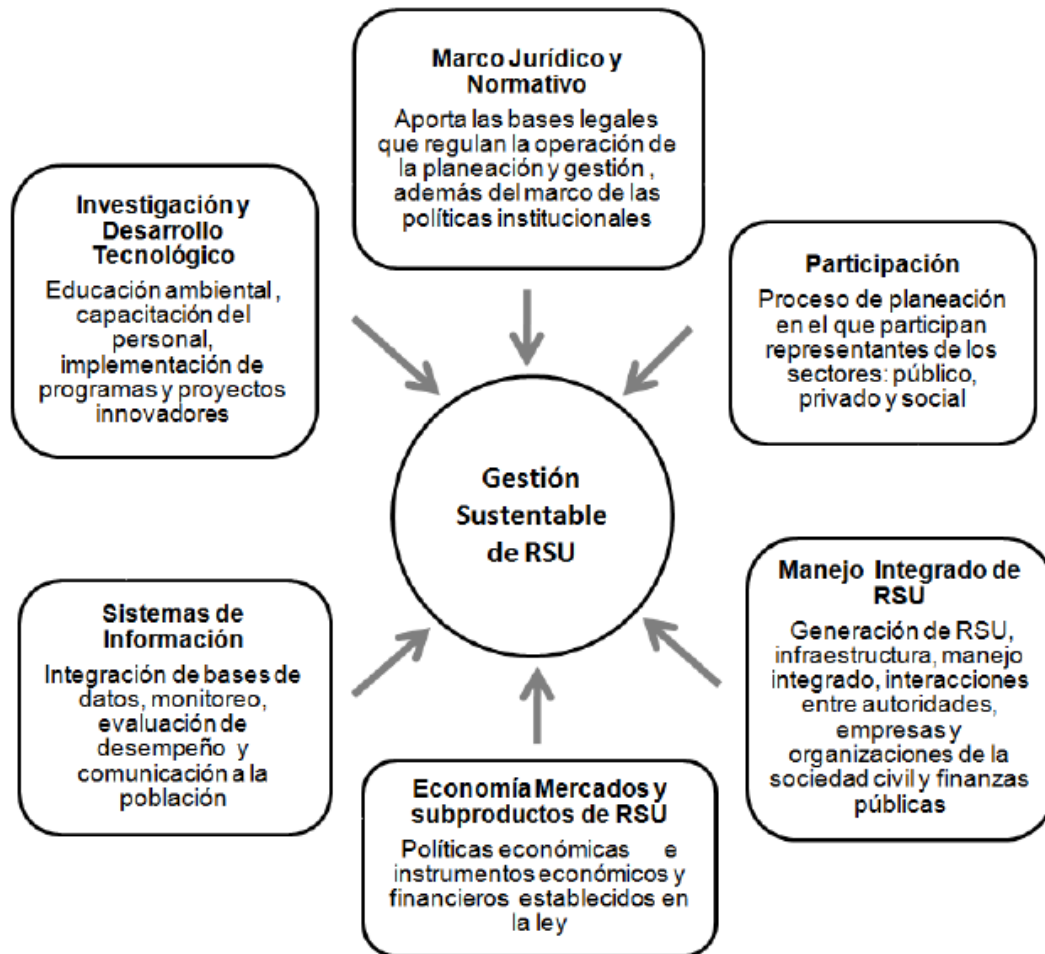
Ventajas	Desventajas
<p>La ventaja más importante de la estación de transferencia resulta de su finalidad en sí, o sea, de la disminución que se logra en los costos globales de transporte y en las horas improductivas de la mano de obra</p>	<p>Las principales desventajas radican entre los problemas que ocurren en servicios de limpieza dotados de estaciones de transferencia</p>
<p>Aumento de la vida útil y disminución en los costos de mantenimiento de los vehículos recolectores, puesto que estos no necesitan transitar por los caminos de los rellenos sanitarios, donde las pistas siempre presentan irregularidades, residuos (clavos), ocasionando problemas en las llantas y en la suspensión en las épocas lluviosas, principalmente</p>	<p>Dependencia del sistema de recolección en el sistema de transferencia, estos es, las fallas en los equipos electromecánicos de la estación o en los vehículos de transferencia pueden resultar serios problemas para el servicio de recolección, principalmente, en el caso de estaciones de transferencia sin instalaciones de almacenamiento</p>
<p>Utilización más racional de la flota de recolección por la existencia de balanzas en las estaciones. La toma del peso de todas las cargas de los vehículos permite una distribución más perfecta de las rutas de recolección, además de evitar sobrecargas que pueden dañar el equipo, o lo contrario: la subutilización de la capacidad de transporte</p>	<p>Reclamos de los vecinos por olores, ruidos y polvaredas provocados por el funcionamiento de la estación. La ubicación ideal de las estaciones de transferencia es en el centro de las zonas de recolección, lugar generalmente cercano a residencias, razón por la cual es necesario poner mucha atención en la operación de la estación para evitar los problemas mencionados</p>
<p>Mayor control de la operación de recolección. La ubicación de las estaciones de transferencia dentro o cerca de las zonas de recolección permite un constante control de los camiones de recolección por los supervisores del servicio</p>	<p>Los rellenos sanitarios y sus accesos deben estar preparados para recibir vehículos de grandes dimensiones como son los camiones de transferencia. En este caso, es necesario tener carreteras de mejor calidad, con curvas de radios mayores, así como caminos internos a los rellenos y áreas de descarga preparados para el tránsito de semirremolques (tráiler) de hasta 50 toneladas de peso total</p>
<p>El desplazamiento de los vehículos por zonas alejadas posibilita la ocurrencia de irregularidades tales como venta de materiales segregados durante la recolección, tránsito a velocidad excesiva, horas deliberadamente ociosas, paradas no autorizadas para ingerir alimentos</p>	
<p>Mayor regularidad en el servicio de recolección por la disminución de posibles problemas con los vehículos (pinchaduras</p>	

de llantas, defectos mecánicos, y por el mayor control ejercido)
Posibilidad de solución conjunta para disposición final de residuos de más de una municipalidad. En los casos en que más de una pequeña ciudad se juntan para disponer sus residuos en un solo relleno sanitario o para tratarlos en una instalación de procesamiento, el empleo de estaciones de transferencia facilita esta solución
Cambios de sitios de disposición final de residuos no interfieren con las rutas, procedimientos y horarios de recolección domiciliaria
Las estaciones de transferencia pueden adaptarse para incluir sistemas de aprovechamiento de residuos para reciclaje
Mientras que las estaciones de transferencia pueden ser fuentes de problemas y preocupaciones, estos en su mayoría se pueden resolver por medio de un buen y cuidadoso diseño

Fuente: Elaboración propia a partir de (Agüero, 2014)

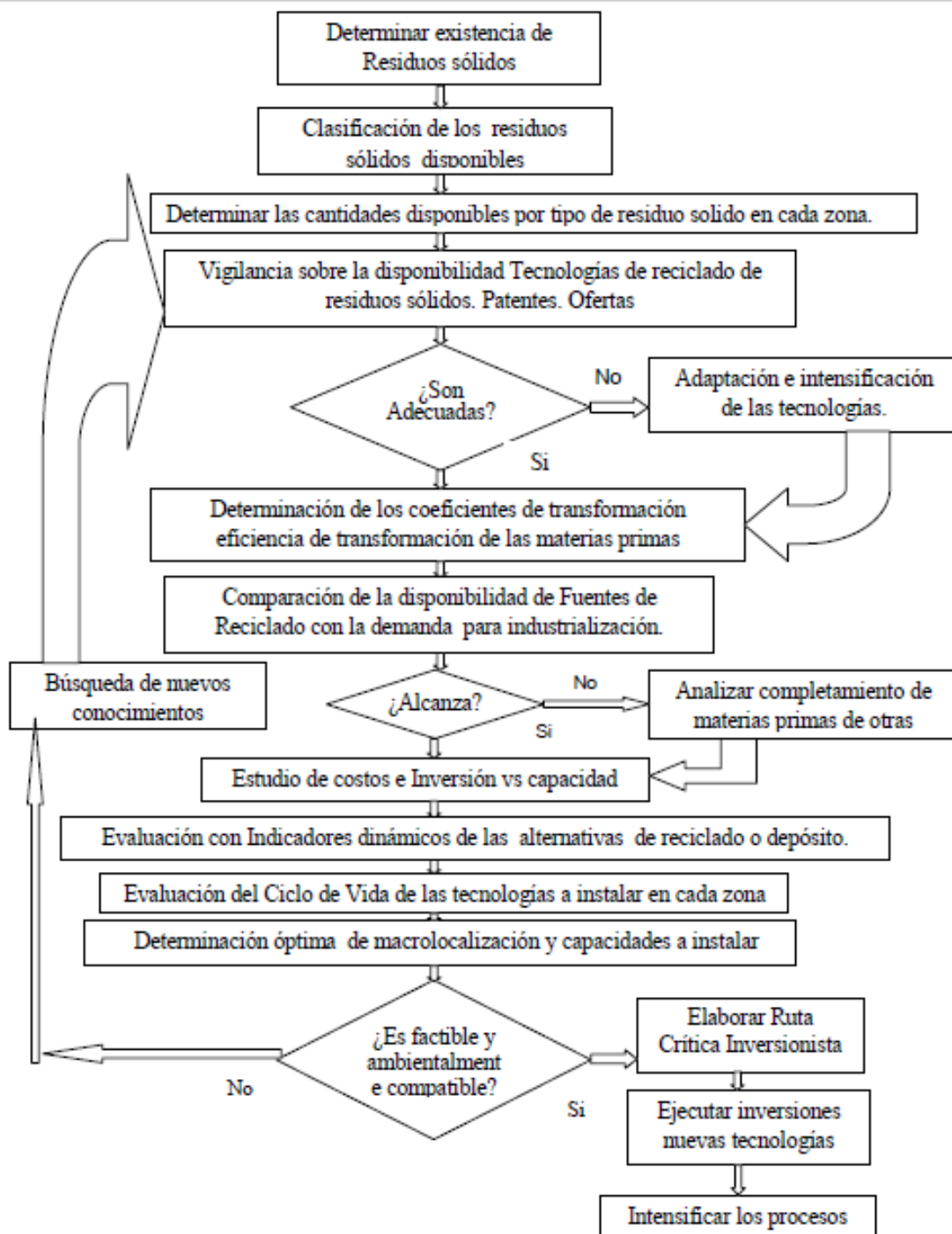
Anexo 8. Ejemplo de modelo de gestión aplicado en México

Elementos que conforman el marco para la planeación de los Residuos Sólidos Urbanos desde el enfoque de la sustentabilidad en Mexicali, México.



Fuente: {Calva, 2014 #31}

Anexo 9. Diagrama heurístico para la estrategia de Gestión de los residuos sólidos en Cabinda



Fuente: (Fernando do Rosario et al., 2014)

Anexo 10. Resumen de las legislaciones internacionales relacionadas con los RSU y su gestión

Cuerpo legal	Fecha	Procedencia	Descripción	Fuente
Decreto 685	13.10.1992	Chile	Ministerio de Relaciones Exteriores. Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación	http://bcn.cl/1ma7d
Norma Técnica NBR 12980: 1993	30.09.1993	Brasil	Recolección, barrido de calles y envasado de RSU. Terminología. Define los términos usados en la recolección, embalaje y barrido de los residuos sólidos	Código: NBR 12980: 1993 Comité: Comisión de Estudio Especial CEE ABNT Pp 6 Idioma: portugués Cuerpo: ABTN-Asociación Brasileña de Normas Técnicas
Norma Técnica NBR 13463: 1995	30.10.1995	Brasil	Recogida de residuos sólidos. Clasificación. Esta norma clasifica la recogida de RSU de equipos para esta recolección, los tipos de sistema de trabajo, los envases de las estaciones de desecho y transferencia	Código: NBR 13463: 1995 Comité: Comisión de Estudio Especial CEE ABNT Pp 3 Idioma: portugués Cuerpo: ABTN-Asociación Brasileña de Normas Técnicas
Ley 10/1998	21.04.1998	España	Relacionada con la producción de residuos, establece el régimen jurídico de su producción y gestión y fomenta, su reducción, su reutilización, reciclado y otras formas de valorización, así como regula los suelos contaminados, con la finalidad de proteger el medio ambiente y la salud de las personas	Legislación consolidada Jefatura del Estado Boletín Oficial del Estado (BOE) «BOE» núm. 96, de 22 de abril de 1998 Referencia: BOE-A-2011-13046 Juan Carlos I, Rey de España El M inistro de Asuntos Exteriores, ABEL MATUTES JUAN
Ley 27314	20.07.2000	Perú	Ley General de Residuos Sólidos. Establece derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, para asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud y el bienestar de la persona humana	MARTHA HILDEBRANDT PÉREZ TREVIÑO Presidenta del Congreso de la República RICARDO MARCENARO FRERS Primer Vicepresidente del Congreso de la República ALBERTO FUJIMORI FUJIMORI Presidente Constitucional de la República ALBERTO BUSTAMANTE BELAUNDE Presidente del Consejo de Ministros ALEJANDRO AGUINAGA RECUENCO Ministro de Salud ALBERTO PANDOLFI ARBULU Ministro de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción
Directiva 2000/76/EC	28.12.2000	Unión Europea	Previene y limita los efectos negativos sobre el ambiente, en cuanto a las emisiones de sustancias tóxicas al aire, aguas resultantes de la incineración y plantas de co-incineración. Abarca criterios	Official Journal of the European Communities DIRECTIVE 2000/76/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of December 2000 on the incineration of waste L 332/91 No. pp. 21 Idioma: inglés

			de la Directiva 75/442/ECC	
Decreto N° 298	02.02.2002	Chile	Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. Reglamenta transporte de cargas peligrosas por calles y caminos	http://bcn.cl/1m096
Ley de residuos sólidos del D. F	22.04.2003	México	Regula la gestión integral de los residuos sólidos considerados como no peligrosos, así como la prestación del servicio público de limpieza	LEY DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL DISTRITO FEDERAL
Norma Técnica NBR 15114: 2004	30.07.2004	Brasil	Residuos sólidos de construcción. Áreas de reciclaje. Directrices para el diseño, implementación y operación. Establece los requisitos mínimos para el diseño, implementación y operación de las áreas de reciclaje de RS de la construcción de clase A	Código: NBR 15114: 2004 Comité ABTN/CB-002 construcción Pp 7 Idioma: portugués Cuerpo: ABTN-Asociación Brasileña de Normas Técnicas
NOM-083-SEMARNA T-2003	06.09.2004	México	Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño y construcción, operación, monitoreo, clausuras y obras complementarias de un sitio de disposición final de RSU y de manejo espacial	Norma Oficial Mexicana Juan Rafael Elvira Quesada Diario Oficial
Ley 25.916	07.09.2004	Argentina	Gestión Integral de Residuos Domiciliarios. Establece los presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión integral de residuos domiciliarios. Disposiciones generales. Autoridades competentes. Generación y Disposición inicial. Recolección y Transporte. Tratamiento, Transferencia y Disposición final. Coordinación interjurisdiccional. Autoridad de aplicación. Infracciones y sanciones. Disposiciones complementarias	Ley 25.916 07.09.2004 Gestión Integral de Residuos Domiciliarios.
NOM-098-SEMARNA T-2002	01.10.2004	México	Protección ambiental. Incineración de residuos, especificaciones de operación y límites de emisión de contaminantes	Norma Oficial Mexicana Juan Rafael Elvira Quesada Diario Oficial
NCH 2120	05.11.2004	Chile	Ministerio de Salud. Clasificación de sustancias peligrosas	
Decreto No.5940	25.10.2006	Brasil	Se refiere al establecimiento de la separación de los residuos reciclables descartados por los organismos y entidades de la	Presidencia de la República Casa Civil Subchefía de Asuntos Legales Brasília, 25.10.2006; 185 de la independencia y 118 de la República Luiz Ignacio Lula da Silva

			administración pública federal directa e indirecta, en la fuente y su asignación a las asociaciones y cooperativas de recolectores de materiales reciclables	Ananía http://www.planalto.gov.br/ccj/vil_03/Ato2004-2006/Decreto/D5940.html Idioma: portugués
DECRETO N°189	05.01.2008	Chile	Ministerio de Salud. Reglamento sobre condiciones sanitarias y de seguridad básicas en los rellenos sanitarios	http://bcn.cl/1m6qm
Directiva 2008/98/CE	19.11.2008	Unión Europea	Establece medidas destinadas a proteger el medio ambiente y la salud humana mediante la prevención o la reducción de los impactos adversos de la generación y gestión de los residuos, la reducción de los impactos globales del uso de los recursos y la mejora de la eficacia de dicho uso	EL PARLAMENTO EUROPEO Y EL CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA
Norma Técnica NBR 13230: 2008	17.12.2008	Brasil	Embalaje y envases de plástico reciclable. Identificación y simbología. Establece el estándar de símbolos para la identificación de resinas termoplásticas utilizadas en la fabricación de envases de plástico y envases, con el objetivo de ayudar en la separación y posterior reciclado de los materiales en función de su composición	Código: NBR 13230: 2008 Código secundario: ABTN/SB127 Comité: ABNT/ONS-051 envases y plásticos Pp 8 Idioma: portugués Cuerpo: ABTN-Asociación Brasileña de Normas Técnicas
DECRETO N°4	26.04.2010	Chile	Ministerio de Salud. Reglamento para el manejo de lodos generados en plantas de tratamiento de aguas servidas	http://bcn.cl/1m24t
Norma Técnica NBR 15849: 2010	14.07.2010	Brasil	RSU. Pequeños vertederos. Directrices para la ubicación, el diseño, implementación, operación y cierre. Especifica los requisitos mínimos para la ubicación, el diseño, implementación, operación y cierre de pequeños vertederos para la eliminación de RSU	Código: NBR 15849: 2010 Comité ABTN/CB-002 construcción Pp 24 Idioma: portugués Cuerpo: ABTN-Asociación Brasileña de Normas Técnicas
Ley No. 12.305	02.08.2010	Brasil	Establece la Política Nacional de RS. Modifica la Ley No. 9.605 del 12.02.1998 agregándole nuevas medidas	Presidencia de la República Casa Civil Subchefía de Asuntos Legales Brasilia, 2.08.2010; 185 de la independencia y 118 de la República Luiz Ignacio Lula da Silva, Rafael Thomaz Facetti, Guido Mantega, Miguel Jorge, Isabella Mónica Vieira Teixeira, João Reis Santana Filho, Márcio Fortes de Almeida, Alexandre Rocha Santos Padiha. http://www.planalto.gov.br/ccj

				<p>vil_03/ ato2007-2010/2010/lei/12305.html Idioma: portugués</p>
Decreto No.7404	23.12.2010	Brasil	Regula la Ley No.12.305 de agosto de 2010. Establece la Política Nacional de RS. Crea la Política Nacional de la Comisión Interministerial de RS y el Comité Directivo de la implementación de sistemas de logística inversa, entre otras medidas	<p>Presidencia de la República Casa Civil Subchefia de Assuntos Legales Brasília, 23.12.2010; 185 de la independencia y 118 de la República Luiz Ignacio Lula da Silva, Luiz Paulo Teles Ferreira Barreto, Guido Mantega, Wagner Gonçalves Rossi, Miguel Jorge, Márcio Pereira Zimmermann, Marcia Helena Carvalho Lopes, Isabella Mônica Vieira Teixeira, Márcio Fortes de Almeida http://www.planalto.gov.br/ccj/vil_03/ ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.html Idioma: portugués</p>
Decreto No.7405	23.12.2010	Brasil	Establece el programa Pro-Catador, llamado Comité Interministerial para la inclusión social y económica de los colectores de materiales utilizables y reciclables del Comité Interministerial de Inclusión Social de Recicladores creadas por el Decreto del 11.09.2003., establece su organización, funcionamiento y otras medidas	<p>Presidencia de la República Casa Civil Subchefia de Assuntos Legales Brasília, 23.12.2010; 185 de la independencia y 118 de la República Luiz Ignacio Lula da Silva, Marcia Helena Carvalho Lopes, Isabella Mônica Vieira Teixeira, Márcio Fortes de Almeida http://www.planalto.gov.br/ccj/vil_03/ Ato2007-2010/2010/Decreto/D7405.html Idioma: portugués</p>
Ley 22/11	28.07.2011	España	Nombrada Ley de residuos y suelos contaminados, establece el régimen jurídico de la producción y gestión de residuos, así como la previsión de medidas para prevenir su generación y para evitar o reducir los impactos adversos sobre la salud humana y el medio ambiente. Regula el régimen jurídico de los suelos contaminados	<p>Legislación consolidada Jefatura del Estado Boletín Oficial del Estado (BOE) «BOE» núm. 181, de 29 de julio de 2011 Referencia: BOE-A-2011-13046 Juan Carlos I, Rey de España El Presidente del Gobierno, JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ ZAPATERO</p>
NCH 3322	2012	Chile	Instituto Nacional de Normalización. Diseño y Operación de instalaciones de almacenamiento de residuos sólidos municipales	
NOM-161-SEMARNA T-2011	01.02.2013	México	Establece los criterios para clasifica los residuos de manejo especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo	<p>Norma Oficial Mexicana Cuahtémoc Ochoa Fernández Diario Oficial</p>
Decreto N°1	02.05.2013	Chile	Ministerio del Medio Ambiente. Aprueba reglamento del registro de emisiones y transferencia de	<p>http://bcn.cl/1m68g</p>

contaminantes			
NCH 382	30.08.2013	Chile	Ministerio de Salud. Sustancias peligrosas - clasificación general
NCH 2880	2014	Chile	Instituto Nacional de Normalización. Compost - Clasificación y requisitos
Decreto N°61	26.09.2015	Chile	Ministerio de Salud. Aprueba reglamento de almacenamiento de sustancias peligrosas http://bcn.cl/1m17m
NCH 3376	2015	Chile	Instituto Nacional de Normalización. Diseño y Operación de instalaciones de almacenamiento de residuos sólidos municipales

Fuente: Elaboración propia a partir de las fuentes referenciadas en la tabla

Anexo 11. Resumen de legislaciones cubanas vigentes relacionadas con los RSU y su gestión

Categoría	Número	Fecha	Nombre	Descripción
Decreto	No 674	24.04.1914	Ordenanza Sanitaria	En los capítulos XV y XVI establece aspectos relacionados con el aseo urbano
Decreto	No 3800	4.01.1975		Establece la organización y método de recuperación de materia prima y productos reutilizables
Ley	No.1288	14.01.1975		Sobre recuperación de materias primas. Dispone que los organismos y demás dependencias del Estado estén en la obligación de recolectar los desechos de materias primas, productos y materiales reutilizables que no son aprovechados en los procesos de producción o servicios, con el objetivo de ser recuperados con los fines que se determinan
Acuerdo	No.113	07.06.1977	Acuerdo del CECM	Reglamento de ornato e higiene para la ciudad. Establece regulaciones adecuadas a las características de la Ciudad de La Habana, que hagan posible mantener el nivel de ornato e higiene que correspondiente a la capital
Decreto Ley	No. 54	23.04.1982		Dicta normas generales que orienten las actividades de control higiénico sanitario y epidemiológico a cargo del MINSAP
Decreto	No 104	3.05.1982	Control Sanitario Internacional	Establece las normas que rigen el control sanitario internacional y el procedimiento para la imposición y cobro de las multas administrativas correspondientes
Decreto	No. 123	30.03.1984	Infracciones contra el Ornato Público, la Higiene y otras Actividades	Define las conductas que se consideran contravenciones en materia de ornato público y establece las medidas administrativas para sancionarlas
Resolución	No. 141	31.07.1984	Resolución del MINSAP	Aprueba y pone en vigor el Reglamento sobre Saneamiento Básico en Centros de Trabajo, estableciendo, entre otras, las disposiciones sobre basuras y residuos de producción, instalaciones y locales sanitarios
Ley	No. 41	15.08.1987	Ley de Salud Pública	Establece los principios básicos para la regulación de las relaciones sociales en el campo de la salud pública; dispone que corresponda al

				MINSAP la inspección sanitaria estatal y el control sanitario del ambiente referido a la prevención y control de la atmósfera, suelo y agua
Resolución	No.215	27.08.1987	Resolución del MINSAP	Establece el Reglamento de la Inspección Sanitaria Estatal
Ley	No. 59	15.10.1987	Código Civil	Establece la responsabilidad civil por daños al medio ambiente. Modificado por el Decreto-Ley No. 140/1993
Decreto ley	No 138	1.06.1993	De las Aguas Terrestres	Tiene por objeto desarrollar los principios básicos establecidos en el artículo 27 de la Constitución de la República y la Ley de Medio Ambiente y Uso Racional de los Recursos Naturales en relación con las aguas terrestres superficiales y subterráneas
Decreto	No. 201	28.06.1995		Establece las conductas que constituyen contravenciones respecto al ornato público y la higiene comunal en la Ciudad de La Habana, así como el régimen de sanciones administrativas a aplicar por estas infracciones
Resolución	No.130	1.07.1995	Resolución del CITMA	Establece el Reglamento para la Inspección Ambiental Estatal
Resolución	No. 168	15.09.1995	Resolución del CITMA	Reglamento para la realización y aprobación de las evaluaciones de impacto ambiental y el otorgamiento de las licencias ambientales. Establece el procedimiento por el cual han de efectuarse las evaluaciones de impacto ambiental y el trámite para su aprobación, así como lo pertinente para la emisión de licencias ambientales
Resolución	No.15	13.02.1996	Resolución del CITMA	Regulaciones para el ejercicio de las funciones de autoridad nacional y de punto de contacto del Convenio de Basilea sobre el control de movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación y otras disposiciones para la gestión ambientalmente racional de estos desechos
Ley	No. 81	11.07.1997	Ley de Medio Ambiente	Tiene como objeto establecer los principios que rigen la política ambiental y las normas básicas para regular la gestión ambiental del Estado, y las acciones de los ciudadanos y la sociedad en general, con el fin de proteger el medio ambiente y contribuir a alcanzar los

				objetivos del desarrollo sostenible del país. Dentro de los proyectos de obras o actividades que deben ser sometidas a una evaluación de impacto ambiental, detallados en los artículos 28 y 29, se encuentran instalaciones destinadas al manejo, transporte, almacenamiento, tratamiento y disposición final de desechos peligrosos (párrafo d) y rellenos sanitarios (párrafo u).
Resolución	No. 211	21.08.1997	Resolución del MITRANS	Declara el reglamento para el manejo y disposición final de la basura de los buques
Circular	No. 12	22.01.1999	Circular del CECM	Plan integral de higienización ambiental y participación en el mantenimiento de la higiene y el ornato público
Norma Cubana	NC 133	2002	NC	Residuos Sólidos Urbanos - Almacenamiento, Recolección y Transportación. Requisitos Higiénico Sanitarios y Ambientales
Norma Cubana	NC134	2002	NC	Residuos Sólidos Urbanos. Tratamiento. Requisitos Higiénico Sanitarios y Ambientales
Norma Cubana	NC 135	2002	NC	Residuos Sólidos Urbanos Disposición Final Requisitos Higiénico Sanitarios y Ambientales

Fuente: Elaboración propia a partir de los documentos mencionados en la tabla

