



UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS
VERITATE SOLA NOBIS IMPONETUR VIRILISTOGA. 1948

*Facultad de Ingeniería Industrial y Turismo
Departamento de Ingeniería Industrial*

Trabajo de Diploma

*Título: Propuesta de procedimiento para el
diseño de la cadena de suministro para la
recolección de residuos sólidos urbanos en
una ciudad*

Autora: Liuva Quintana Pérez

Tutor: Dr. José Knudsen González

Curso 2006-2007

CON SU ENTRANABLE TRANSPARENCIA



Tenemos que eliminar los errores que cometen los hombres y no a los hombres que cometen errores porque sino, algún día nos quedaremos sin hombres.

Ché.

RESUMEN

En los últimos años, en la medida que se desarrolla y transforma el entorno con los innumerables avances científico-técnicos aumenta considerablemente los volúmenes de residuos sólidos urbanos (RSU), ocasionados, en la mayoría de los casos, por el uso irracional del hombre. Este problema ha sido tema de investigaciones tanto nacionales como internacionales, debido a que el vertimiento de los RSU contamina todo lo que se encuentre a su paso. Esta investigación contribuye en parte a la solución de este problema ya que propone una herramienta que facilita el diseño de la cadena de suministro para la recolección de los RSU en una ciudad a partir de un procedimiento general adaptado para estos fines. La propuesta de dicho procedimiento expone algunos ejemplos de esta cadena en la ciudad Santa Clara, lográndose una mejor gestión ambiental de la ciudad mediante un ambiente limpio y saludable. Esto último se logra con una adecuada disposición final de los RSU, la cual incluye operaciones de reciclaje y reutilización asegurando su aprovechamiento, aunque es importante aclarar que lo más aconsejable es no verter sino aprovechar.

SUMMARY

In the last years, according whit the environment development and transformation due to the countless advances scientific-technicians, the volumes of urban solid residuals (USR) are increasing considerable caused, in most of the cases, for the man irrational use. This problem has been topic in national and international investigations, because the USR spillage contaminates all that it finds on its way. This investigation contributes partly to the solution of this problem, due to it is designed and planned the supply chain for the collecting of the USR in a city from a general procedure adapted for these purposes. The application of this procedure was made in Santa Clara city, being achieved a better environmental management of the city by means a clean and healthy environment and a better economic management of the main organization in charge of the chain performance. The economic management is achieved with an appropriate final disposition of the USR, which includes recycling and reutilization operations assuring their use, although it is important to clarify that the most advisable thing is not to spill but to benefit.

ÍNDICE

Pág.

1

INTRODUCCION

CAPITULO 1. MARCO TEORICO – REFERENCIAL DE LA INVESTIGACION

1.1 Situación actual de los residuos sólidos urbanos (RSU) en el mundo.

1.1.1 Particularidades de los RSU en Cuba y sus implicaciones ambientales.

1.1.2 Clasificación de los RSU.

1.2 Diseño y gestión de cadenas de suministro

1.2.1 Procedimiento para el diseño y gestión de la cadena de suministro.

1.3 Importancia del reciclaje y la gestión de residuos en la recolección de RSU en los marcos de la logística inversa.

1.5 Conclusiones parciales.

CAPITULO 2. CARACTERIZACIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO

2.1 Situación actual de la Dirección Provincial de Servicios Comunes en Villa Clara

2.2 Caracterización del servicio de recolección de los RSU en la ciudad Santa Clara

2.3 Caracterización de la cadena de suministro para la recolección de RSU en la provincia Santa Clara

2.4 Conclusiones parciales

CAPITULO 3. PROPUESTA DEL PROCEDIMIENTO GENERAL DE DISEÑO DE LA CADENA DE SUMINISTRO PARA LA RECOLECCIÓN DE LOS RSU EN UNA CIUDAD

3.1 Procedimiento para el diseño de la cadena de suministro

3.2 Conclusiones parciales

CONCLUSIONES GENERALES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANEXOS

INTRODUCCION

El aumento significativo de la población buscando siempre mejorar su calidad de vida y nuevos hábitos consumistas de sus habitantes, hacen cada día más difícil el manejo, transporte, recolección y disposición final de los residuos sólidos urbanos. Los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) han sido definidos por varias instituciones y en todos los casos coinciden en plantear que son el conjunto de materiales sólidos de origen orgánico e inorgánico que no tienen utilidad práctica para la actividad que lo produce, siendo procedente de las actividades domésticas, comerciales, industriales y de todo tipo que se produzcan en una comunidad. En tal sentido la Organización Panamericana de la Salud (OPS) también se han preocupado por difundir las nuevas ideas, alternativas y procedimientos para lograr un adecuado manejo y recolección de los RSU. A esto se le añaden los esfuerzos que a nivel internacional se realizan para mejorar el problema del manejo de los RSU. En la mayoría de los países en vías de desarrollo de América Latina no se tiene una conciencia ciudadana para darle al manejo de estos residuos una solución más práctica, económica y viable; que no afecte la salud de la población y el medio ambiente.

Para alcanzar los niveles óptimos en el manejo de los RSU es preciso lograr una cadena de suministro adecuada y flexible según las condiciones de cada lugar sabiendo que una exitosa cadena de suministro entrega al cliente final el producto apropiado, en el lugar correcto y en el tiempo exacto, al precio requerido y con el menor costo posible. Y es aquí precisamente donde se enmarca la necesidad de un instrumento que permita diseñar dicha cadena de suministro para la recolección de RSU en la ciudad, lo cual implica desarrollar una investigación al respecto.

El flujo de material de los RSU posee particularidades que deben ser estudiadas para lograr un diseño racional, integral y efectivo. Estas variables facilitan la aplicación de las filosofías de gestión logística¹, las cuales han llegado, incluso, a permitir la integración de varias organizaciones que persigan objetivos comunes para lograr la satisfacción de los clientes finales. Es responsabilidad, por lo tanto, de las oficinas y entidades estatales

¹ Término que incluye la gestión del transporte interno y externo, el almacenamiento, la manipulación de materiales, la gestión de pedidos y la gestión de inventario, entre otros elementos [CLM, 2004].

relacionadas con el tema, como los ministerios de salud pública y de medio ambiente unido a las direcciones del poder popular, abordar el problema.

Actualmente en algunas ciudades cubanas existen deficiencias relacionadas con el servicio de recolección de RSU, tal es el caso de la ciudad de Santa Clara, los cuales están dados en parte por la cantidad y disponibilidad de recursos disponibles para esta actividad ya que la empresa encargada de este servicio, hoy día, solo tiene diez vehículos (seis vehículos convencionales y cuatro especializados). Todos muy obsoletos y aunque la empresa ha optado por el alquiler de cinco vehículos más, no se responde de forma adecuada a las necesidades de recolección, transporte y distribución, hasta los vertederos correspondientes, de los residuos sólidos urbanos. Es importante aclarar, que esta actividad solo es posible realizarla en vehículos y no con carretas de tracción animal, pues la distancia entre la ciudad y los vertederos es bastante considerable. Este problema unido a la ausencia de un instrumento metodológico que facilite el diseño de dicha cadena son algunas de las principales insuficiencias relacionadas con el mal desempeño de esta cadena de suministro. Hasta el momento en esta entidad no se implementan técnicas de gestión logística que le ayuden a aminorar y/o eliminar los problemas mencionados anteriormente, por lo tanto, los procesos de clasificación, recolección, almacenamiento y transporte de los residuos sólidos urbanos no funcionan de forma sincronizada como una cadena de suministro. Esto implica la necesidad de buscar mejoras en su diseño. A esto se le debe añadir la necesidad de integrar las normas cubanas vigentes para el tratamiento y clasificación de los RSU. Estas son NC: 133-2002, NC: 134-2002, NC: 135-2002. Por lo tanto **la necesidad de proponer un procedimiento para el diseño de una cadena de suministro para la recolección de RSU**, se convierte precisamente en un **problema científico** por resolver. En correspondencia con ello, se plantea la hipótesis de investigación siguiente: **Si se conjugan los elementos a considerar en el diseño de una cadena de suministro para la recolección de RSU en un procedimiento, utilizando técnicas de gestión logística, se contribuye a mejorar el diseño de la cadena y la gestión ambiental de la ciudad**, ofreciéndole a la población un mejor servicio, que permite mejorar el entorno, cuidar el medio ambiente y disminuir los diferentes costos ocasionados en el desarrollo de esta actividad. Esta hipótesis tendrá validez si, se propone un instrumento metodológico para el diseño de la cadena de

suministro para la recolección de RSU en la ciudad se logra una planificación integrada de los procesos logísticos y mejoras en la higiene de la ciudad. Es por esto que el objetivo general de la investigación es elaborar una herramienta que permita diseñar la cadena de suministro para la recolección de los RSU en una ciudad. De este se derivan los objetivos específicos siguientes:

1. Elaborar el marco teórico-referencial de la investigación, mediante la consulta de las informaciones más novedosas y recientes de la literatura científica internacional y nacional sobre las temáticas: la situación actual acerca de la recolección y transporte de los residuos sólidos urbanos en Cuba y el mundo, la gestión ambiental, diseño y gestión cadenas de suministro, importancia del reciclaje en los marcos de la logística inversa.
2. Caracterizar la situación actual de la cadena de suministro para la recolección de los RSU en la ciudad Santa Clara.
3. Proponer una herramienta que permita el diseño de la cadena de suministro para la recolección de los RSU en una ciudad, coordinando todos los procesos de la misma y racionalizando su desempeño.

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

Capítulo 1: Marco Teórico – Referencial de la Investigación.

Contiene los aspectos mencionados anteriormente.

Capítulo 2: Caracterización del objeto de estudio.

Incluye la caracterización de las organizaciones encargadas de los servicios de recolección de los RSU y la situación actual de la cadena de suministro.

Capítulo 3: Propuesta del procedimiento general para el diseño de la cadena de suministro para la recolección de los residuos sólidos urbanos en una ciudad. Se muestra la descripción del procedimiento general adaptado para estos fines y se exponen las diferentes herramientas y métodos a aplicar en las diferentes fases y etapas del mismo.

La principal novedad de esta investigación está dada en proponer un procedimiento para el diseño de la cadena de suministro para la recolección de los RSU en una ciudad que integre todos los procesos de la cadena buscando coordinación y racionalidad en la misma.

CAPITULO 1: MARCO TEORICO – REFERENCIAL DE LA INVESTIGACION

En este capítulo se exponen los resultados de un estudio amplio y minucioso de las temáticas mostradas en la *figura 1.1*, la cual corresponde con el hilo conductor del marco teórico – referencial de la presente investigación.

1.1 Situación actual de los residuos sólidos urbanos en el mundo

La mayoría de los autores consultados [CEPIS, 1996; ERMP, 1995; NC 133, 2002] coinciden en plantear que residuo es todo material en estado sólido, líquido ó gaseoso, ya sea aislado o mezclado con otros, resultantes de un proceso de extracción de la naturaleza, transformación, fabricación o consumo, que su poseedor decide abandonar. El manejo de los residuos actualmente debe contemplar la minimización de su generación, así como un adecuado reciclaje, recolección, tratamiento y disposición final. Para lograr esto, cada país y cada ciudad deben conjugar estos procesos en sus programas de acuerdo a sus condiciones locales y a sus capacidades económicas. Según las metas a corto y mediano plazo fijadas en la Conferencia de Naciones realizada en Basilea, en el año 1992, los países en desarrollo tendrán que establecer sus capacidades para monitorear estos cuatro procesos básicos mencionados anteriormente y a la vez, para crear programas nacionales con metas propias para cada una de ellos. En los últimos tiempos y a nivel mundial estos residuos sólidos se han incrementado y persiste en ser un obstáculo contra la limpieza y embellecimiento de las ciudades además de contribuir al desarrollo y propagación de enfermedades.

En la tabla 1.1 y 1.2 se aprecian algunos riesgos directos e indirectos a los que se encuentran expuestos los trabajadores directamente vinculados a la recolección y toda la población que se encuentre en contacto con los RSU sin las debidas precauciones. Además los RSU provocan un efecto negativo para la preservación del medio ambiente, ya que contaminan las aguas, el suelo, el aire y deteriora el paisaje.

Tabla 1.1 Riesgos directos (contacto directo con los RSU)

Persona expuestas	Enfermedad
Recolectores y Segregadores	Parásitos intestinales Lesiones en manos y pies Enfermedades respiratorias Enfermedades en la piel

(Fuente: Elaboración propia a partir de DCA, 2001)

Tabla 1.2 Riesgos indirectos (proliferación de vectores sanitarios)

Vector	Enfermedad
Moscas	Fiebre tifoidea Salmonellosis Dicenterías Diarrea infantil Otras infecciones
Mosquitos	Malaria Fiebre amarilla Dengue Encefalitis vírica
Cucarachas	Fiebre tifoidea Gastroenteritis Infecciones intestinales Disenterías Diarrea Lepra Intoxicación alimenticia
Ratas	Peste bubónica Tifus murino Leptopirosis Enfermedades diarreicas Disenterías rabia

(Fuente: Elaboración propia a partir de DCA, 2001)

Según la Agenda 21 (Agenda 21, 2001) para el manejo ecológicamente racional de los residuos sólidos existen cuatro áreas principales de programas relacionadas con los RSU:

1. Reducción al mínimo de los residuos.
2. Aumento al máximo de la reutilización y el reciclado ecológicamente racional de los RSU.
3. Promoción de la eliminación y disposición ecológicamente racional de los RSU.
4. Ampliación del alcance de los servicios que se ocupan de los residuos.

Así mismo, en la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible (CMDS, 2002) celebrada en Johannesburgo se realizó un plan para la aplicación de las decisiones de la cumbre, donde se incluyeron modificaciones de las modalidades insostenibles de consumo y producción, tales como: prevenir y reducir los RSU y maximizar la reutilización, el reciclado y el empleo de materiales alternativos inocuos para el medio ambiente. Para esto, se requiere la participación de las autoridades gubernamentales y de todos los interesados con el objetivo de minimizar los efectos adversos para el medio ambiente y aumentar la eficiencia de los recursos, prestando asistencia técnica, financiera y de otra índole a los países en desarrollo. Otra de las modificaciones fue la creación de sistemas para la gestión de los RSU que asignen la más alta prioridad a la reducción de la generación de RSU, incluyendo su reutilización y reciclado (ver epígrafe 1.3) en instalaciones para su eliminación ecológica y racional, lo cual incluye tecnologías para aprovechar la energía de los desechos, la promoción de iniciativas para el reciclado de RSU en pequeña escala, que favorezcan su gestión y ofrezcan oportunidades de generación de ingresos. Es importante aclarar, que Cuba es participe de este plan.

Actualmente, algunos países con grandes ciudades realizan durante el ciclo de la recolección de los RSU el proceso de transferencia, el cual consiste en transferir los residuos sólidos de las unidades de recolección, a los vehículos de transferencia, con el propósito de transportar una mayor cantidad de los mismos a un menor costo, con lo cual se logra una eficiencia global del sistema (CMA, 2002). El propósito de los sistemas de transferencia es recibir los residuos sólidos de vehículos recolectores para transferirlos a un vehículo de mayor capacidad (de 20 a 25 t) y así ser transportados a la planta de tratamiento o al sitio de disposición final, estos grandes vehículos suelen ser camiones, vagones de ferrocarril o barcos. El sistema de transferencia se está volviendo una instalación necesaria, debido al continuo alejamiento de los sitios de

tratamiento y de disposición final.

Las principales ventajas que tiene un sistema de transferencia son (CMA, 2002):

- Disminución de los costos globales de transporte y de horas improductivas de mano de obra empleada en la recolección.
- Reducción del tiempo improductivo de los vehículos de recolección en su recorrido al sitio de disposición final.
- Aumento de la vida útil y disminución en los costos de mantenimiento de los vehículos recolectores.
- Incremento en la eficiencia del servicio de recolección, por medio de una cobertura más homogénea y balanceada en las rutas de recolección.
- Mayor regularidad en el servicio de recolección, debido a la disminución de desperfectos de ejes, muelles, suspensiones y llantas que sufrían al transitar hasta el sitio de disposición final.
- Reducción en la contaminación ambiental.
- Se reducen las afectaciones a la salud pública.

1.1.1 Particularidades de los RSU en Cuba y sus implicaciones ambientales

Partiendo del concepto residuo sólido urbano es todo material que sea desechado por la población, pudiendo ser éste de origen doméstico, comercial, industrial, desechos de la vía pública y los resultantes de la construcción, y que no sea considerado peligroso en el marco de la Ley Nacional 24051 y sus decretos reglamentarios. En Cuba el manejo de los residuos sólidos urbanos constituye también un problema aún no resuelto que se acrecienta por las limitaciones económicas propias de los países en vías de desarrollo, y de modo muy especial por ser un país bloqueado económica y tecnológicamente; no obstante, se han logrado discretos resultados en la recuperación, rehúso y reciclaje de desechos industriales, tanto en el sector comercial como en la población. Los últimos estudios realizados en Cuba mostrados por Cubasolar [2002] plantean una generación diaria de 4 000 toneladas. En el caso Ciudad de La Habana la composición de los residuos orgánicos (59,45 %), papel y cartón (20,34 %), vidrio (3,62 %), metales (6,23 %), plástico (1,68 %), textiles (3,36 %), madera (0,6 %), cuero y hueso (0,44 %) y otros (3,19 %).

Por lo general, cuando se aborda esta problemática es para hacer alusión a los problemas ambientales que provocan su mal manejo y a las cada vez mayores extensiones de tierra necesarias para la construcción de vertederos, o tal vez para lamentar los elevados volúmenes de materias primas que se entierran. Pocas veces se piensa en los recursos energéticos necesarios para su transportación desde el lugar de origen hasta su destino final tradicional y, por lo tanto, en el ahorro de energía que podría alcanzarse si se realizara una recogida selectiva de ellos, para su posterior reutilización o reciclaje. Los medios de transporte que se utilizan en Cuba son muy variados, tales como equipos de tracción animal y vehículos motorizados que consumen gasolina o petróleo. Tomando como hipótesis que estos vehículos posean una capacidad para transportar once toneladas de RSU, con un consumo de siete litros de combustible promedio, se tiene que se necesitarán cien viajes diarios para trasladar los RSU hasta los vertederos establecidos, con un consumo de 700 l de combustible. Además, esta actividad repercute en la contaminación atmosférica de las ciudades y campos, ya que la combustión de cada litro de petróleo que se consume genera más de 800 g de CO², que si lo multiplicamos por la cantidad de combustible fósil que es necesario consumir diariamente para la transportación de más de 4000 toneladas diarias en todo el país constituyen volúmenes considerables. Una tonelada de papel que se recicla evita la tala de diecisiete árboles de diez años de madurez; por tanto, si no se logra reciclar 220 t/día será necesario talar 3740 árboles/día en Cuba o en otro lugar del mundo. Además, por cada tonelada de papel que se recupera se ahorra 61 % del agua y 3 % de la energía que se consume durante el proceso con el material virgen. Es aquí donde la Empresa de Materias Primas desempeña una labor importante en todo el país para facilitar el aprovechamiento de los materiales reciclados. Y para esta gran batalla, además de grandes recursos tecnológicos y económicos, se necesita concebir instrumentos educativos más eficientes e integrar cada vez más la dimensión ambiental para un desarrollo sostenible, tomando con mayor intensidad la problemática de los residuos sólidos urbanos como eje temático en los diferentes subsistemas de enseñanza, desde la preescolar hasta la universitaria.

Los vehículos utilizados más frecuentes son: vehículos compactadores de carga trasera en los cuales la carga de desechos se hace a través de una tolva que se

encuentra ubicada en la parte posterior de la carrocería. Sus principales ventajas son que la altura de carga es baja, que los operarios no tienen acceso a los residuos para manipularla una vez que el mecanismo compactador de carga se ha hecho funcionar y podrían atender contenedores pequeños en su ruta de recolección, pero ahora no se cuentan con ellos. Otro vehículo es el de tipo volteo, los cuales cuentan 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 y que la descarga por volteo es mucho más rápida que cuando se tienen cajas fijas. Las desventajas son: la altura de carga es muy elevada, el acomodo de la basura dentro de la caja es manual, se requiere de un empleado adicional en la cuadrilla de trabajo. Así mismo al adicionarle a la caja volumen hacia arriba, se corre el riesgo de elevar el centro de gravedad por encima de las especificaciones de diseño de los vehículos. Otros tipos de equipos de recolección, incluyen los no convencionales, como serían los vehículos de arrastre manual o de animales (carretones) y la recolección por medio de vehículos motorizados pequeños (carretas llevadas por tractores), los cuales se utiliza en sitios muy específicos, en donde la cantidad de basura recolectada no justifica la utilización de equipos grandes. Actualmente se utilizan el método de parada fija en la zona de apartamentos, zona comercial y hospitalaria y aquellas que por sus características facilitan la recolección en varias paradas y el método de acera en los barrios residenciales principalmente.

1.1.2 Descripción y clasificación de los RSU

El objetivo fundamental de este epígrafe es caracterizar los residuos que con mayor frecuencia se encuentran en una ciudad y comentar su impacto en el medio ambiente. A continuación se hará una breve referencia a los mismos

1. Los **residuos inertes** son escombros, gravas, arenas y demás materiales que no presentan riesgo para el ambiente. Hay dos posibles tratamientos para estos materiales: reutilizarlos como relleno en obras públicas o construcciones o depositarlos en vertederos adecuados. El principal impacto negativo que pueden producir es el visual, por lo que se debe usar lugares adecuados, como canteras abandonadas o minas al aire libre y se deben recubrir con tierra y plantas para reconstruir el paisaje.

2. Entre los **residuos agrarios** se incluye los residuos de las actividades del llamado sector primario de la economía (agricultura, ganadería, pesca y actividad forestal) y los producidos por industrias alimenticias, desde los mataderos y las empresas lácteas hasta las harineras y el tabaco. La principal dificultad para un aprovechamiento adecuado de estos residuos es la económica y por eso se deben pensar incentivos que faciliten su uso. Ayudas a la agricultura ecológica que usa abonos naturales o al uso de la biomasa para obtener energía.
3. Dentro de este tipo de residuo también se incluyen los restos orgánicos de las explotaciones, los cuales se acumulan en un reactor en el que fermentan. En este proceso se produce gas metano que se quema para dar energía. Si el tamaño de la explotación es suficiente puede abastecerse de energía y en los países en vías de desarrollo está siendo la fuente principal de energía de muchas familias que no tienen acceso a suministros comerciales de combustible o electricidad.
4. Los residuos clínicos restos orgánicos, material de quirófano y curas, que se producen en los consultorios, policlínicos y hospitales pueden propagar enfermedades. Su tratamiento normal es la incineración que asegura la eliminación de los microorganismos.
5. Los residuos peligrosos son sustancias inflamables, corrosivas, tóxicas o pueden producir reacciones químicas, cuando están en concentraciones que pueden ser peligrosas para la salud o para el ambiente. Otro hecho que aumenta el daño es la bioacumulación que se produce en sustancias, como algunos pesticidas del grupo del DDT. En otras ocasiones los residuos se transforman en sustancias más tóxicas que ellos mismos. La industria que contribuye más a la producción de residuos tóxicos, es la química, responsable de alrededor de un tercio de todos los que se generan. Después se sitúan la del automóvil, la metalurgia, seguidas por la industria papelera, alimentaría y de la piel.
6. Los residuos radiactivos en cantidades muy pequeñas pueden originar dosis de radiación peligrosas para la salud humana y algunos de estos isótopos permanecerán emitiendo radiaciones miles y decenas de miles de años. Así se entiende que aunque la cantidad de este tipo de residuos que se producen en un país sea comparativamente mucho menor que la de otros tipos, sus tecnologías y

métodos de tratamiento sean mucho más complicados y difíciles. Para estos residuos los almacenes definitivos, por lo general son subterráneos, en los cuales debe garantizarse la no existencia de filtraciones de agua, que pudieran arrastrar isótopos radiactivos fuera del vertedero. El problema se agrava porque la creciente actividad industrial genera muchos productos que son tóxicos o muy difíciles de incorporar a los ciclos de los elementos naturales. En varias ocasiones los productos químicos acumulados en vertederos que después han sido recubiertos de tierra y utilizados para construir viviendas sobre ellos han causado serios problemas, incluso dañando la salud de las personas. Por último es importante aclarar que los residuos radiactivos o tóxicos y peligrosos deben ser sometidos a tratamiento especial, según cual sea su naturaleza.

Todos estos residuos responden a diferentes criterios de clasificación. En lo adelante la tabla 1.3 muestra los dos criterios de clasificación que con mayor frecuencia se utilizan en la literatura científica. Es importante aclarar, que un residuo sólido urbano puede estar incluido dentro de los dos criterios de clasificación.

Tabla 1.3 Criterios de clasificación de los residuos sólidos urbanos

Criterio	Tipos de residuos sólidos urbanos
Según el lugar donde se originan	Domiciliarios Industriales Naturales de construcción
Según sus características	Radiactivos Peligrosos Clínicos Agrarios Inertes

(Fuente: Elaboración propia).

1.2 Diseño y gestión de la cadena de suministro

Una cadena de suministro es una red de instalaciones y medios de distribución que tiene por función la obtención de materiales, transformación de dichos materiales en productos intermedios y productos terminados y distribución de estos productos terminados a los consumidores. Una cadena de suministro consta de tres partes: el suministro, la fabricación y la distribución. La parte del suministro se concentra en

cómo, dónde y cuándo se consiguen y suministran las materias primas para fabricación. La fabricación convierte estas materias primas en productos terminados y la Distribución se asegura de que dichos productos finales lleguen al consumidor a través de una red de distribuidores, almacenes y comercios minoristas. Se dice que la cadena comienza con los proveedores de tus proveedores y termina con los clientes de tus clientes.

La gestión de la cadena de suministros (SCM por sus siglas en inglés, Supply Chain Management), está surgiendo como la combinación de la tecnología y las mejores prácticas de negocios en todo el mundo. Las compañías que han mejorado sus operaciones internas ahora están trabajando para lograr mayores ahorros y beneficios al mejorar los procesos y los intercambios de información que ocurren entre los asociados de negocios. Según Cespón Castro, R. & Amador Orellana (2003) una exitosa cadena de suministros entrega al cliente final el producto apropiado, en el lugar correcto y en el tiempo exacto, al precio requerido y con el menor costo posible. La cadena de suministro agrupa los procesos de negocios de múltiples empresas, así como a las diferentes divisiones y departamentos internos de la misma empresa. Definida de una forma sencilla, SCM engloba aquellas actividades asociadas con el movimiento de bienes desde el suministro de materias primas hasta el consumidor final. Esto incluye la selección, compra, programación de producción, procesamiento de órdenes, control de inventarios, transportación almacenamiento y servicio al cliente. Pero, lo más importante es que también incluye los sistemas de información requeridos para monitorear todas estas actividades. Los mejores programas de SCM tienen características comunes, primero que nada, tienen una obsesiva fijación en la demanda de los clientes. En vez de forzar los productos al mercado que pueden o no venderse rápidamente, satisfacer las demandas de los clientes o ser completos fracasos financieros, este tipo de iniciativas se traza objetivos de desarrollo y producción de productos que son demandados por los clientes, minimizando así, el flujo de materias primas, productos terminados, materiales de empaque, dinero e información en cada punto del ciclo del producto. Estos objetivos han sido buscados por las empresas industriales desde hace varias décadas, y la gerencia ha experimentado e implementado con éxito técnicas modernas como justo a tiempo (JIT), Respuestas

Rápida (QR), Respuesta Eficiente al Cliente (ECR), Inventarios Manejados por el Proveedor (VMI) y muchas más. Estas son las herramientas que ayudan a construir una estructura de cadena de suministro robusta.

Algunos autores como Cespón Castro et al. (2003) plantea que la administración de la cadena de suministro (ACS) es el proceso del planeamiento, el poner en ejecución, y controlando las operaciones de la cadena de suministro con el propósito de satisfacer requisitos del cliente tan eficientemente como sea posible. La gerencia de la cadena de suministro atraviesa todo el movimiento y almacenaje de materias primas, inventario del trabajar en proceso, y mercancías acabadas del punto de origen al punto de consumo. La administración de la cadena de suministro es considerar todos los acontecimientos y factores posibles que puedan causar una interrupción en la misma. Con esta los panoramas posibles pueden ser creados y las soluciones pueden ser planeadas. Algunos expertos distinguen a la gerencia de la cadena de suministro la gerencia de la logística, mientras que otros consideran los términos permutables. Desde el punto de vista de una empresa, el alcance de la gerencia de la cadena de suministro es limitado. Las actividades logísticas deben coordinarse entre sí para lograr mayor eficiencia en todo el sistema productivo. Por dicha razón, la logística no debe verse como una función aislada, sino como un proceso global de generación de valor para el cliente, esto es, un proceso integrado de tareas que ofrezca una mayor velocidad de respuesta al mercado, con costos mínimos.

Desde el punto de vista de costos, es donde se realizan los mejores beneficios, un estudio reciente demostró que los costos totales de la cadena de suministro llegan a ser el 75 % de presupuesto operativo de gastos. Los objetivos estratégico que se persiguen con el diseño y planificación de la cadena de suministro son aumentar la capacidad de los participantes para tomar decisiones, formular planes y delinear la implementación de una serie de acciones orientadas:

- Al mejoramiento significativo de la productividad del sistema logístico operacional.
- Al incremento de los niveles de servicio a los clientes.
- A la implementación de acciones que conlleven a una mejor administración de las operaciones y a un desarrollo de relaciones duraderas de gran beneficio con los

proveedores y clientes claves de la cadena de suministros.

Los principios por los que se deben guiar una cadena de suministro se muestran en el anexo 1.

Al observar dicho anexo se aprecia que estos principios no son fáciles de implementar, y requieren de ciertas habilidades que en algunos casos no son las que por lo general tienen los profesionales de la logística. Se requiere de un esfuerzo de grupo, de habilidades multifuncionales, calidad facilitadores que integren las necesidades divergentes de manufactura y ventas, calidad y precio, costo y servicio y las mediciones cualitativas y financieras. Se debe ampliar el entendimiento de las otras áreas de la organización, se tiene que mejorar el conocimiento de las funciones de compras, planeación de productos, marketing, ventas y promoción de ventas, y también deben desarrollar un conocimiento más íntimo de sus clientes. Es importante precisar que la herramienta que se elabore para el diseño de la cadena de suministro objeto de estudio de esta investigación tenga presente estos principios.

1.2.1 Procedimiento para el diseño y gestión de cadenas de suministro

En la literatura científica consultada se encontraron investigaciones relacionadas con el diseño y planificación de cadenas de suministro, las cuales utilizan un procedimiento general desarrollado por Knudsen González (2005), como ejemplos de estos trabajos se pueden destacar:

- Diseño y gestión de la cadena de suministro inversa para los RVC en la empresa de calzado “Jose L. Chaviano, desarrollado por Ramos Oquendo (2006).
- Procedimiento general para el diseño y la gestión de la cadena de suministros de los productos utilizados en el sector de las telecomunicaciones en Villa Clara, desarrollado por Feitó Madrigal (2006).

Partiendo de lo anterior, se decidió en esta investigación adecuar dicho procedimiento a la cadena de suministro para la recolección de los RSU en una ciudad, para así poder darle respuesta al problema científico que originó la presente investigación. Es importante aclarar, que el procedimiento general no será detallado en este epígrafe ya que será comentado en próximos capítulos.

1.4 Importancia del reciclaje y la gestión de residuos en la recolección de RSU en los marcos de la logística inversa

La *logística del reciclaje* ha sido estudiada por autores, tales como Conejero González [1996], Matos Rodríguez [1997] e Isaac Godínez et al. [2001]. En todos los casos establecen la nueva utilización que se le dará a los residuos, una vez concluido su ciclo de vida. La empresa líder del reciclaje en Cuba [ERMP, 1995], lo define como “el proceso que sufre un material para ser reincorporado a un ciclo de producción o de consumo, ya sea este el mismo en que fue generado (reciclaje directo) o de otro diferente (reciclaje indirecto). Un ejemplo de modelo y procedimiento para el diseño y la gestión de la logística del reciclaje, desarrollado en Cuba, es el aportado por Matos Rodríguez [1997]. Al observar el mismo, se aprecia que este Modelo de Éxito está concebido para residuos de envase y embalajes que se generan en zonas turísticas, por lo que difiere en gran medida de los objetivos que se persiguen con el procedimiento para el diseño y la planificación de la cadena de suministro de los residuos sólidos urbanos definido en el problema científico de la presente investigación.

La llamada *logística inversa*, al igual que la logística, esta ha sido definida por diferentes autores e instituciones. En el anexo 2 se muestran algunas de ellas. Al observar las mismas se puede concluir planteando que en ocasiones se refieren al reciclaje directo (flujo inverso del producto o material) y en otras, aunque no lo expresan explícitamente, incluyen el reciclaje indirecto. La mayoría de las instituciones y sociedades relacionadas con la logística inversa a nivel mundial, la consideran como un elemento diferenciador competitivo capaz de elevar la eficiencia de las organizaciones [Caldwell, 2001; Trebilcock, 2002], ya que ofrece gran potencial en la reducción de costos y en la obtención de rentabilidad adicional para empresas que manejan bien este proceso. Es por esto, que la logística inversa está llamada a ser una importante fuente de ingresos a la economía empresarial, ya que contribuye a la búsqueda de un destino productivo para aquellos residuos y devoluciones que la empresa considera desechables, pudiendo llegar a comercializar los mismos. Si se adopta esta tendencia en una cadena de suministro no sólo se contribuye a elevar la eficiencia de las organizaciones por separado, sino de la cadena como un todo único con un impacto favorable sobre el medio ambiente.

La *logística verde* es una de las tendencias del enfoque logístico al caso de los residuos. Surge por las motivaciones ambientales de los residuos reciclables y no reciclables, pues la misma según Rogers & Tibben-Lembke [1999] se encarga de medir y minimizar el impacto ecológico de las actividades logísticas. El desarrollo de los residuos reciclables se debe, en parte, a las exigencias medioambientales expresadas por Schwartz [1999] que hoy recaen sobre los fabricantes. Una de ellas, es la relacionada con la búsqueda de fuentes de materia prima que contribuyan a reanimar otras industrias de la economía. Además de esto, en Cuba estas exigencias buscan la adopción de sistemas de gestión ambiental que permitan, a partir de la elaboración de procedimientos, metodologías o auditorías [García Ramos, 2003] darle seguimiento y control a la actividad de evaluación ambiental; donde el reciclaje de los RSU puede ser un ejemplo. Hasta hace unos años, las estrategias logísticas medioambientales (verdes) eran conocidas en la literatura científica consultada como estrategias de las “R”. Al respecto, autores como González Vasallo [1998]; León Velazco [1998]; FSRO [1999] plantearon tres y hasta cuatro (reciclaje, reutilización, recuperación, reducción); otros como Matos Rodríguez [1997] enunció “10 R”. Sin embargo, más recientemente Murphy & Poist [2000] enunciaron las estrategias de logística verde, que se consideran un resultado del desarrollo de la gestión ambiental vinculada a la gestión de los residuos. Es importante aclarar, que estas estrategias se vinculan directamente con las modificaciones propuestas en la Cumbre Mundial expuestas en el epígrafe 1.1.

La aplicación del enfoque logístico al caso de los residuos sólidos urbanos como aquella parte especializada de la cadena de suministro que planifica, implementa y controla el flujo directo e indirecto de residuos antes del final de su vida útil para asegurar un uso apropiado del mismo o una recuperación ecológica sostenida.

Considerando esta definición, se puede concluir planteando que en el caso de los RSU objetos de estudio de la presente investigación se aprecia una mezcla de las tres tendencias del enfoque logístico comentadas anteriormente, a través de las cuales se reciclan los residuos mediante flujos directos e indirectos garantizando su aprovechamiento y contribuyendo a la preservación del medio ambiente.

En los países desarrollados se vierten diariamente a la basura gran cantidad de objetos y materiales que en los países en vías de desarrollo volverían a ser utilizados o

seguirían siendo bienes valiosos. Además muchos residuos se pueden reciclar si se dispone de las tecnologías adecuadas y el proceso es económicamente rentable. Una buena gestión de los residuos persigue precisamente no perder el valor económico y la utilidad que pueden tener muchos de ellos y usarlos como materiales útiles en vez de desecharlos. Lo ideal sería recuperar y reutilizar la mayor parte de los RSU. Con el papel, telas, cartón se puede obtener pasta de papel, lo que evita talar nuevos árboles. Según (Huete Estibaliz, 2004) con el vidrio se puede fabricar nuevas botellas y envases sin necesidad de extraer más materias primas y, sobre todo, con mucho menor gasto de energía. Los plásticos se separan, porque algunos se pueden usar para fabricar nueva materia prima y otros para construir objetos diversos. Se debe impulsar el reciclaje con campañas de sensibilización que tanto éxito han tenido en muchas comunidades. Hay muchos lugares en los que se ha reducido más del 40 % el volumen de los desechos generados. También en este caso las autoridades deben ayudar, además, a que se usen adecuadamente los materiales reciclados y a que haya mercado para ellos. Para facilitar el reciclaje y la adecuada disposición de los desechos se deben impulsar sistemas de recogida y plantas de tratamiento de los desechos que faciliten el separar los distintos componentes. De forma tradicional, durante años, los agricultores han reunido los desperdicios orgánicos para transformarlos en abono para sus tierras. Comportar dichos restos no es más que imitar el proceso de fermentación que ocurre normalmente en un suelo de un bosque, pero acelerado y dirigido. El abono resultante proporciona a las tierras a las que se aplica prácticamente los mismos efectos beneficiosos que el humus para una tierra natural. Para que se pueda utilizar sin problemas es fundamental que la materia orgánica no llegue contaminada con sustancias tóxicas. El procedimiento más usual, aunque no el mejor, de disponer de los desechos suele ser depositarlas en vertederos. Un vertedero controlado es un agujero en el que se compacta e impermeabiliza tanto el fondo como los laterales. En estos vertederos los desechos se colocan en capas y se recubre todos los días con una delgada capa de tierra para dificultar la proliferación de ratas y malos olores y disminuir el riesgo de incendios. En este tipo de vertederos se instalan sofisticados sistemas de drenaje para las aguas que resuman y para los gases (metano) que se producen. Las aguas se deben tratar en plantas depuradoras antes de ser vertidas a ríos o al mar y los

gases que se recogen se aprovechan en pequeñas plantas generadoras de energía que sirven para abastecer las necesidades de la planta de tratamiento de residuos y, en ocasiones, pueden añadir energía a la red general. Con la tecnología actual sería posible reducir el impacto negativo de cualquier contaminante a prácticamente cero. Pero hacerlo así, en todos los casos, sería tan caro que paralizaría otras posibles actividades. Por eso, en la gestión de los residuos tóxicos se busca tratarlos y almacenarlos de forma que no resulten peligrosos, dentro de un costo económico proporcionado. Esto se consigue con diversos procedimientos, dependiendo de cual sea el tipo de residuo. Uno de estos son los tratamientos físicos, químicos y biológicos. En estos se somete el residuo a procesos físicos (filtrado, centrifugado, decantado), biológicos (fermentaciones, digestiones por microorganismos) o químicos (neutralizaciones, reacciones de distintos tipos). De esta forma se consigue transformar el producto tóxico en otros que lo son menos y se pueden trasladar a vertederos o usar como materia prima para otros procesos. Las plantas de tratamiento tienen que estar correctamente diseñadas para no contaminar con sus emisiones.

Una de las tendencias actuales de la gestión de residuos en algunos países industrializados consiste en enviar los residuos tóxicos y peligrosos a otros países poco desarrollados. Algunos residuos se exportan para su legítimo tratamiento y reciclaje, pero en otros casos es simplemente porque es más barato que tratarlos adecuadamente y en el país que los recibe no existen las trabas y limitaciones que en el que envía. Debido a esto el Convenio Internacional de Basilea del año 1993 (SCB, 1993) ha limitado fuertemente estas prácticas, mediante la regulación del tráfico de residuos entre países, para que no acaben produciendo en otro país los daños ambientales que se impiden en el de procedencia. Existen países que documentan los detalles de diseño, funcionamiento, rendimiento y costos, así como la descripción de los procesos de valorización y canales de comercialización de los residuos recuperados, asociados a cada una de las plantas de separación de RSU en funcionamiento. En el documento se adjunta material fotográfico y cartográfico que facilitará la elaboración de un futuro guión para la elaboración de material fílmico.

1.5 Conclusiones parciales

Después de haber finalizado este capítulo se arribó a las conclusiones siguientes:

1. Partiendo que una de las modificaciones adoptadas en la Cumbre Mundial de Desarrollo Sostenible del año 2002 está relacionada con la necesidad de reutilizar y reciclar los RSU, así como su eliminación ecológica y racional, se hace necesario proponer un procedimiento que permita el diseño de la cadena de suministro para la recolección de estos residuos, el cual tenga implícito estos procesos. Lo anterior corrobora la validez de la hipótesis planteada en esta investigación.
2. La necesidad de tener una herramienta para el diseño de la cadena de suministro de los RSU en una ciudad no sólo se justifica en el orden metodológico, sino que constituye una vía para materializar las ventajas que se obtienen al utilizar los sistema de estaciones de transferencias ya que estos garantizan el mejoramiento de la gestión económica de las organizaciones implicadas en la cadena y la gestión ambiental de las ciudades.
3. Si se pretende proponer una herramienta que facilite el diseño de la cadena de suministro para la recolección de los RSU en una ciudad se deben tener presente como punto de partida de la misma la clasificación de los RSU ya que esto contribuye al éxito en el desempeño de la misma y permite un mejor control sobre las implicaciones ambientales de los mismos.
4. De los procedimientos estudiados en la literatura consultada relacionados con el diseño de cadenas de suministro el que más se ajusta a las necesidades de la presente investigación es el elaborado por Knudsen González (2005), siempre y cuando el mismo se adapte a las condiciones particulares de la cadena objeto de estudio.

CAPITULO II: CARACTERIZACIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO

2.1 Situación actual de la Dirección Provincial de Servicios Comunes en Villa Clara

La Dirección Provincial de Servicios Comunes en Villa Clara, surge como tal luego de ser aprobada por la Resolución No. 424 del 8 de Noviembre de 1989, por el Ministerio de Economía y Planificación, subordinada a la Asamblea Provincial del Poder Popular de Villa Clara, surgida de la segregación de la Empresa de Viveros y Floricultura.

La misma comienza a trabajar como Dirección Provincial, con personalidad jurídica independiente y patrimonio propio, subordinada a la Asamblea Provincial del Poder Popular Villa Clara y se le subordina metodológicamente los 13 municipios de la provincia a partir del 1989.

La Dirección Provincial, así como las Direcciones Municipales de Servicios Comunes, subordinadas a los Consejos de Administración del Poder Popular en la Provincia tienen como **misión** los aspectos siguientes:

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

De todos estos aspectos la presente investigación se centra dentro de los programas de higienización, donde se incluyen las rutas de recolección de RSU en la ciudad.

En su estructura organizativa la entidad tiene tres departamentos: higiene y necrología,

áreas verdes y floricultura. Es importante aclarar, que cada departamento tiene diferentes secciones, Para la presente investigación el departamento de interés es el primero de los mencionados anteriormente y dentro de este la sección de higiene. Entre las funciones que tiene esta sección se destacan las siguientes:

1. Barrido de calles.
2. Limpieza de calles con baldeo.
- 3.. Saneamiento de cañada a cielo abierto
4. Atención a los depósitos intermedios y vertederos.
5. Recogida, transportación y disposición final de los desechos sólidos

Precisamente esta última será el objeto de estudio fundamental de la presente investigación.

Para materializar las funciones mencionadas anteriormente se establecen como objetivos de trabajo para el año 2007 los siguientes:

- Continuar desarrollando la segunda etapa en la construcción de los Rellenos Sanitarios Manual (RSM).
- Realizar estudios de caracterización física de los Residuos Sólidos en aquellas comunidades donde aún falten.
- Realizar estudios de caracterización química en los territorios de: Ciudad Habana, Villa Clara y Santiago de Cuba.
- Actualizar el Plan Director de Residuos Sólidos en aspectos de mayor significación de cada territorio.
- Mantener el asesoramiento metodológico a la actividad de inspección de Higiene Comunal y Ambiental de la nueva dirección de inspección.

A continuación solo se comentarán las acciones derivadas de estos objetivos que directa o indirectamente se relacionan con la presente investigación.

➤ **Continuar desarrollando la segunda etapa en la construcción de los Rellenos Sanitarios Manual (RSM).**

La provincia tiene todos los Rellenos Sanitarios Manuales construidos y en explotación, los cuales cumplen con las condiciones técnico-ambientales para su buen

funcionamiento y un correcto sistema de operación caracterizado en sus diseños por el uso de trincheras y el cubrimiento sistemático de los Desechos Sólidos Urbanos con material de cobertura, garantizándose la higienización en estas instalaciones desde el punto de vista medio ambiental , la protección de sus trabajadores y el aseo personal.

Esta actividad también incluye el tratamiento de los Residuos Sólidos en los Bateyes Azucareros como parte de tarea Álvaro Reinoso

La entidad en el territorio ha incrementado su fuerza laboral para prestar el servicio de recogida y transportación de los residuos sólidos en todas las instalaciones de la infraestructura hotelera y extrahotelera de apoyo al turismo en la Cayería Noreste de Villa Clara y dispone de personal calificado que realiza la actividad de la disposición final de los Residuos Sólidos por el método de Relleno Sanitario Manual en trincheras impermeabilizadas, evitando así la contaminación del suelo y de las aguas superficiales y subterráneas y realiza el tapado diario de los desechos con una capa de material de cobertura de 0.15 m de espesor . Esta instalación es motivo de visitas periódicas por los especialistas del CITMA y de Planificación Física para dar seguimiento al plan de monitoreo y evitar los impactos negativos al entorno ambiental con resultados satisfactorios.

➤ **Realizar estudios de caracterización física de los Residuos Sólidos en aquellas comunidades donde aun falten.**

Dando cumplimiento a los objetivos trazados en el Plan Director de los Municipios, este año ha sido de vital importancia realizar el completamiento de los estudios de caracterización física de los Residuos Sólidos Urbanos en comunidades y poblados, lo que ha posibilitado hacer el análisis comparativos de cada lugar en época de sequía y de lluvia sobre la composición física de los mismos y la relación en el comportamiento de los desechos orgánicos e inorgánicos presente en los residuos.

En los vertederos de relleno sanitario de las cabeceras municipales de Santa Clara, Quemado, Placetas y Sagua se ha continuado el trabajo de actualización de los estudios de generación y caracterización física de los Residuos Sólidos Urbanos en estas dos etapas de año en colaboración con la Empresa Nacional de Investigaciones del territorio. Los planes de monitoreo de estos sitios confirman que la calidad del aire, el viento, el agua, el suelo, la flora y la fauna siguen cumpliendo con los requerimientos

técnicos e higiénico- sanitarios en el proceso de explotación de estas instalaciones.

➤ **Actualizar el Plan Director de Residuos Sólidos en aspectos de mayor significación de cada territorio.**

La actualización del Plan Director de Residuos Sólidos de la provincia y de los municipios en los aspectos de mayor significación, por haberse logrado el cumplimiento de los objetivos de trabajo trazados a corto y mediano plazo, se enriqueció con nuevas estrategias hasta el año 2010, que posibilitan que esta actividad se realice con un enfoque visual y conceptual más integrador en el sector de los Servicios Comunales.

Entre los aspectos actualizados se destacan:

- ✓ Elaborar proyectos de colaboración de RSU para el municipio de Santa Clara por etapas que den respuesta a las deficiencias específicas existentes-segregación inicial, útiles y herramientas de trabajo y transporte automotor.
- ✓ Realizar inversiones a corto, mediano y largo plazo para lograr una cobertura adecuada en el servicio de la disposición final de los RSU.
- ✓ Lograr que las diferentes etapas del manejo de los RSU estén a cargo del personal capacitado para cada una de las diferentes actividades, sobre todo la disposición final debe estar a cargo de especialistas en el tema.
- ✓ Poner en marcha el programa del grupo multidisciplinario para el manejo de los residuos sólidos peligrosos de origen hospitalario.
- ✓ Coordinar con el resto de las instituciones involucradas en la temática los sistemas de gestión ambiental de RSU, cumpliendo las funciones y condiciones establecidas para cada institución.
- ✓ Incrementar la fiscalización del cumplimiento de las legislaciones vigentes sobre el manejo de los RSU.
- ✓ Garantizar un sistema de comunicación moderno y confiable entre las Direcciones Municipales y la dirección provincial.

Los planes de trabajo se irán confeccionando anualmente de acuerdo a las tareas planteadas detallando las actividades. Los proyectos se confeccionarán teniendo en cuenta las prioridades que surjan.

Mantener el asesoramiento metodológico a la actividad de inspección de Higiene Comunal y Ambiental de la nueva dirección de inspección.

En el año 2006 se capacitó a todos los inspectores vinculados a la temática de Higiene Comunal y Ambiental que forman parte del Grupo de Inspectores Integrales del Gobierno en la provincia, teniendo como objetivo reforzar el proceso de fiscalización en el cumplimiento de las normativas vigentes para rescatar y renovar la importancia de la autoridad sanitaria en la vigilancia de la calidad en la prestación de los servicios de recolección y disposición final de los Residuos Sólidos Urbanos.

El seguimiento de esta importante actividad por las autoridades del gobierno y su constante apoyo al sector comunal ha posibilitado la formación integral de estos técnicos en los municipios del territorio.

Se ha mantenido el seguimiento sobre el tema de inspección en los Departamentos de Higiene Comunal en los municipios, lográndose la capacitación y superación de nuestros técnicos.

Se aplican las temáticas seleccionadas en coordinación con los organismos que inciden en esta actividad, la selección del personal y los seminarios impartidos, así como los cursos de inspectores integrales aplicando las orientaciones recibidas del MEP.

Se fortaleció el trabajo desarrollado en el tema de Residuos Sólidos Urbanos para la conservación del entorno ambiental y para el cuidado y preservación del mobiliario urbano en nuestras ciudades.

2.2 Caracterización del servicio de recolección de los RSU en la ciudad Santa Clara

La ciudad Santa Clara posee una población de 225.412 habitantes, que generan 0,614 kg de RSU por habitante cada día, lo que equivale como mínimo a 126.7 t/día según el informe de OMS/OPS [2002]. La misión de la entidad presupuestada de comunales es crear un ambiente de confort en la población de Santa Clara mediante la satisfacción de sus necesidades en los servicios de limpieza y embellecimiento de las áreas exteriores, en los locales apropiados o en domicilios privados, cementeriales de inhumación y exhumación, sanitarios públicos, en puntos de mayor concentración, de recreación, estar, circulación peatonal, parqueos, boulevard, poda de árboles, parqueos mantenimiento de las áreas verdes en toda la ciudad así como la producción diversificada de plantas ornamentales para la aplicación y restauración de dichas áreas

verdes, como también para la comercialización de artículos artesónales y productos florales y de paquete de servicios en materia de decoración y ambientación. Para facilitar el servicio de recolección de RSU la ciudad se ha dividido en nueve zonas. Para esto se tomara como criterio el número de habitantes y la cantidad de RSU que se generan en sus límites. En cada zona se realiza la recolección con una frecuencia de cuatro veces por semana, exceptuando la zona central, comercial, zonas de edificios de apartamentos e instituciones hospitalarias, a las cuales se les presta el servicio diariamente en jornada diurna y nocturna. Actualmente el parque automotor que tiene la Dirección Provincial de Servicios Comunes para el transporte de los RSU es insuficiente. Si a esto se le añade la poca disponibilidad de combustible para desempeñar la actividad y la falta de piezas de repuesto, se evidencia un bajo nivel de servicio al cliente ya que se produce incumplimiento en el servicio y se disminuye la frecuencia de recolección hasta dos veces por semana en algunas zonas. Esto también depende de la asignación de vehículos para la recolección. Estos vehículos salen a las seis de la mañana a cargar el combustible en cualquiera de las estaciones de servicio que tenga disponibilidad del mismo y se dirigen, inmediatamente, a realizar su respectivo recorrido en la zona asignada anteriormente por el Jefe de Transporte. Actualmente la recolección de los RSU en la ciudad Santa Clara es deficiente; pues, La empresa presenta problemas en cuanto a la cantidad y disponibilidad de recursos, es decir, para prestar el servicio completo de Santa Clara hoy la empresa sólo cuenta con diez carros de los cuales seis son vehículos comunes y cuatro son carros especializados muy obsoletos y aunque la misma a optado por el alquiler de cinco carros mas, esto provoca que el servicio no responda de la forma debida hacia las necesidades de, recolección, transporte y distribución, hasta los vertederos correspondientes, de los residuos sólidos urbanos, este trabajo solo es posible realizarse en vehículos preferentemente especializados.

Una de las rutas más críticas existentes son los hospitales y policlínicos puesto que sus residuos son muy peligrosos para la salud del hombre y para el medio ambiente por esto es necesario el buen funcionamiento del trabajo el cual deba estar regido por las normas cubanas:(NC :133-2002, NC;134-2002,NC:135-2002).

La estructura organizativa de dicha empresa (organigrama) es encabezada por el

director en el otro nivel se encuentra el subdirector, el técnico energético, técnico de cuadros, técnico de protección física luego en ese mismo nivel se encuentran los diferentes departamentos higiene, floricultura, económico, recursos humanos y necrología además del departamento de inversiones brigada de mantenimiento, abasto y transporte y por ultimo el de transporte. Es importante aclarar que todos estos departamentos pertenecen al mismo nivel.

Actualmente en Santa Clara ha aumentado considerablemente los índices de RSU. A continuación se presenta la tabla 2.1 donde se muestra la generación de RSU en el presente año.

Tabla 2.1: Generación de RSU en el municipio Santa Clara durante el año 2007

Municipio	Población	Peso Tm/día	Volumen m ³ /día	Índice de Generación		Densidad Kg/m ³
				Kg /hab. /día	m ³ /hab. /día X10 ⁻³	
Santa Clara	220860	151.07	1318.53	0.684	5.97	114.57

Fuente:(Elaboración propia).

En la tabla 2.2 se encuentra los componentes que tienen los RSU en esta ciudad.

Tabla 2.2: Características químicas de los RSU de la ciudad Santa Clara durante el año 2007

Componentes	Porcentaje (%)	Componentes	Porcentaje (%)
Humedad	36.7	pH (sin unidad)	6.8
Material Volátil a 6000C	98.4	Sodio	4.6
Material Volátil a 9000C	98.5	Potasio	4.6

Peso de Oca	95.7	Calcio	0.9
CaO2	0.8	Grasas	4.1
Humus	98.2	Cenizas	29.3
P2O5	63.2	Nitrógeno orgánico	0.1

Fuente: (Elaboración propia).

En cuanto a la transportación para la recolección de estos residuos es importante aclarar, que todos los vehículos consumen combustible diesel y en el anexo 13 se puede observar: marca, disponibilidad y normas de consumo de todos los vehículos de transportación los cuales tienen como principal ventaja: Las principales ventajas son: su bajo costo comparado con un camión más tecnificado y que la descarga por volteo es mucho más rápida que cuando se tienen cajas fijas y como desventajas: la altura de carga es muy elevada, el acomodo de la basura dentro de la caja es manual, se requiere de un empleado adicional en la cuadrilla de trabajo. Así mismo al adicionarle a la caja volumen hacia arriba, se corre el riesgo de elevar el centro de gravedad por encima de las especificaciones de diseño de los vehículos.

2.3 Caracterización de la cadena de suministro para la recolección de RSU en la provincia Santa Clara

Al aplicar los pasos del procedimiento para la *caracterización de la cadena de suministro objeto de estudio*, que aparece ilustrado en el *anexo 3*, se obtiene que este sistema logístico surge como una necesidad, de la empresa presupuestada de comunales de introducir procesos importantes para maximizar sus ganancias, en el desempeño de la cadena en la cadena, su radio de acción abarca la ciudad Santa Clara.

El objetivo del estudio de la situación actual de la cadena es determinar los principales problemas que afectan su planificación y ejecución, los cuales pueden estar dados por deficiencias en su diseño e inciden directamente en el cumplimiento de su misión.

La organización del equipo de estudio incluye la determinación de la cantidad y definición de los expertos. Los resultados del primero se observan en el *cuadro 3.1* y la

definición fue realizada considerando a los técnicos y especialistas de las áreas de las empresas implicadas e investigadores del tema.

La *descripción de la cadena* incluye en primer lugar el análisis de las relaciones con el entorno, las cuales están dadas por el entorno económico, ambiental, competitivo y social. A continuación se hace una breve referencia a los mismos.

En cuanto al *entorno económico y ambiental* en que se desenvuelve la empresa actualmente es muy discreto pues en los vertederos recientemente se hizo un estudio para la utilización del biogás que desprendían los RSU producto a su enterramiento y se comprobó que el vertedero municipal no poseía suficiente biogás como para ser extraído, otra de las posibles alternativas es la comercialización de los RSU con las empresas de materia prima aunque esto no se lleva a cabo principalmente por la presencia de un factor que aunque es ilegal dentro de la sociedad persiste, son los llamados (buzos) los cuales rescatan todos los RSU reciclables y los venden por su cuenta a la empresa de materia prima, esto afecta en gran medida a la empresa, la venta de abono producto del enterramiento de los RSU es otra opción.

Cuadro 3.1: Determinación de la cantidad óptima de expertos

Para este cálculo la expresión matemática es la siguiente:

$$M = \frac{p*(1-p)*K}{i^2} = \frac{0.3*(1-0.3)*3.8416}{0.15} \quad (3.1)$$

Donde:

M : Número de expertos.

p : Probabilidad de error.

i : Nivel de precisión deseada.

K : Constante que depende del nivel de confianza. Para el cálculo de K se debe utilizar la tabla binomial.

Nivel de confianza	K
95 %	3.8416

$M = 5.378 \approx 6$ expertos

(Fuente: Elaboración propia)

El *entorno social* en el que se desarrolla la cadena de suministro es desfavorable

debido a la existencia de trabajadores con una baja capacitación cultural, la cual no le permite identificarse con la situación actual de la empresa. No están creados los mecanismos para la capacitación de todo el personal implicado en la cadena. No existe una buena disciplina laboral por parte de los obreros vinculados a la recolección.

Caracterización de la cadena de suministro

La cadena de suministro de los RSU actualmente, comienza en el almacenamiento interno y externo de los RSU por parte de la población en la ciudad luego se ejecuta el proceso de recolección ó manipulación por parte de los obreros de la empresa seguidamente se transporta los residuos sólidos urbanos hasta el vertedero municipal donde se le brinda en la disposición final el tratamiento sanitario, no se clasifican los RSU en ningún proceso lo cual impide su posible reciclaje.

Los *clientes finales* de la cadena son en primer lugar las estaciones de transferencias las cuales tienen como objetivo fundamental abastecerse de tantos RSU como requiere su capacidad (*cliente principal*), en segundo lugar el comprador de residuos el cual compra todos los RSU que sean reciclable o de reutilización como el aluminio, el cristal y el plástico, en tercer lugar las mini estaciones de transferencias las cuales almacenan los RSU (*proveedores principales*) para una adecuada recolección y en cuarto lugar las propias instalaciones y la población (*proveedores iniciales*). Como se puede apreciar en esta cadena de suministro no esta presente ningún principio de posposición ya que todos los RSU se manipulan en su estado natural.

En la *identificación y análisis de los problemas que afectan la gestión de la cadena* también se aplicó el método de trabajo en grupo conocido como Tormenta de Ideas. En este caso, el tema se resumió como: problemas que existen en la cadena de suministro de los RSU que afectan el nivel del servicio al cliente.

Los criterios más comunes fueron: alargamiento de los tiempos del ciclo pedido – recolección durante la realización del trabajo, recolección deficiente de los RSU, mala planificación de los inventarios, elevados costos logísticos influenciados por el transporte fundamentalmente.

En la determinación del *orden de importancia de los problemas* resultantes del filtrado de ideas se utiliza el juicio de los expertos. Para esto fue necesario, primeramente, utilizar los mismos expertos señalados anteriormente, y luego realizar la votación

anónima, la cual evidenció la independencia de criterios. Por último, se demostró la concordancia entre sus opiniones (ver *cuadro 3.2*).

Cuadro 3.2: Resultados de la aplicación del Coeficiente de Concordancia de Kendall a las opiniones emitidas por el grupo de expertos acerca de los problemas que afectan la gestión de la cadena

Planteamiento de Hipótesis:

Ho: No hay concordancia entre las opiniones emitidas por los expertos.

H1: Hay concordancia entre las opiniones emitidas por los expertos.

Aplicación de la prueba de Kendall

$W = 0,957 > 0,50$ Aceptable

Cumplimiento de la Región Crítica:

(Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del software *Kendallsoft* (Marrero Delgado, 2001))

A partir de aquí se conoce cual es el orden de importancia de los principales problemas que afectan el desempeño de la cadena de suministro:

- Imposibilidad de darle un destino útil a los RSU A partir de su reciclaje.
- Deficiencias en el flujo de información entre los diferentes eslabones de la cadena.
- Falta de flexibilidad para hacer frente a situaciones inusuales.
- Interrupciones en la manipulación y transporte de los RSU desde Las estaciones de transferencias hasta el vertedero municipal.
- Elevados costos logísticos influenciados fundamentalmente por el transporte.

Los aspectos a mejorar estarán en función de los problemas enunciados anteriormente. Estos problemas serán resueltos siempre y cuando sean adoptados como decisiones estratégicas para esta cadena de suministro.

La elaboración de la red logística preliminar de la cadena de suministro para la recolección de RSU en la ciudad Santa Clara se encuentra ilustrada en el anexo 4.

2.3 Conclusiones parciales

Una vez finalizado este capítulo se obtuvo las siguientes conclusiones:

1. La situación actual de las principales rutas para la recolección de RSU en Santa Clara tienen un bajo desempeño, dado entre otros aspectos por la ausencia de un diseño y gestión técnicamente fundamentado que permita coordinación, estabilidad y mejores resultados económicos y productivos para la empresa encargada de este servicio. Es importante aclarar que hasta el momento solo existe un diseño y gestión técnicamente fundamentado en una ruta de recolección.
2. A pesar de que el servicio de recolección, transporte y disposición final de los RSU es una función del Departamento de Higiene y Necrología, y en particular de la sección de Higiene, no queda muy explícito el mismo dentro de los objetivos de trabajo que para este año se propone la institución. No obstante al observar las acciones derivadas de estos objetivos si se aprecia la necesidad de introducir la ciencia y la técnica en la toma de decisiones relacionadas con el servicio de recolección y la necesidad de capacitar a sus cuadros y obreros.
3. La situación actual del desempeño de la cadena de suministro de RSU en Santa Clara es de un bajo desempeño, dado fundamentalmente por la ausencia de herramientas logísticas que permitan la coordinación en el diseño de dicha cadena. Esto corrobora la correcta formulación del problema científico que dio origen a la presente investigación.

CAPÍTULO 3: PROPUESTA DEL PROCEDIMIENTO GENERAL DE DISEÑO DE LA CADENA DE SUMINISTRO PARA LA RECOLECCIÓN DE LOS RSU EN UNA CIUDAD

El objetivo fundamental de este capítulo es proponer una herramienta que permita el diseño de la cadena de suministro para la recolección de los RSU en una ciudad, coordinando todos los procesos de la misma y racionalizando su desempeño. Para lograr esto, se adaptó el procedimiento general elaborado por Knudsen González (2005) relacionado con el diseño y gestión de una cadena de suministro al objeto de estudio en la presente investigación. El capítulo incluye la descripción de dicho procedimiento adaptado a las características de la cadena de suministro para la recolección de los RSU en una ciudad. Es importante aclarar, que aunque no se llega a implementar el procedimiento se tomó como referencia la ciudad Santa Clara.

3.1 Procedimiento para el diseño de la cadena de suministro

Al adaptar el procedimiento se estructuró en cuatro etapas agrupadas en tres fases, cada una de las cuales incluye diferentes aspectos, tal y como se muestra en la figura 3.1. En esta se observa que el procedimiento se inicia con la fase de diseño preliminar, la cual incluye la etapa de análisis de las organizaciones implicadas, donde se definen los procesos y sus requerimientos operacionales, se diseña el servicio al cliente y se establecen los compromisos de las organizaciones. La segunda fase, abarca el diseño detallado de la cadena de suministro, que incluye las etapas: determinación de las decisiones logísticas en los niveles táctico - operativo y la descripción y diseño de alternativas. La tercera fase, está dedicada a la planificación de la cadena de suministro; aquí se incluyen dos etapas: la de planificación y la de elaboración de un programa de implantación.

Fase I: Diseño preliminar

La misma contiene la etapa de análisis de las organizaciones implicadas, que incluye tres pasos: la definición de los procesos y sus requerimientos operacionales, el diseño del servicio al cliente y la determinación de los compromisos de las organizaciones en la integración de la cadena.

Etapas 1: Análisis de las organizaciones implicadas

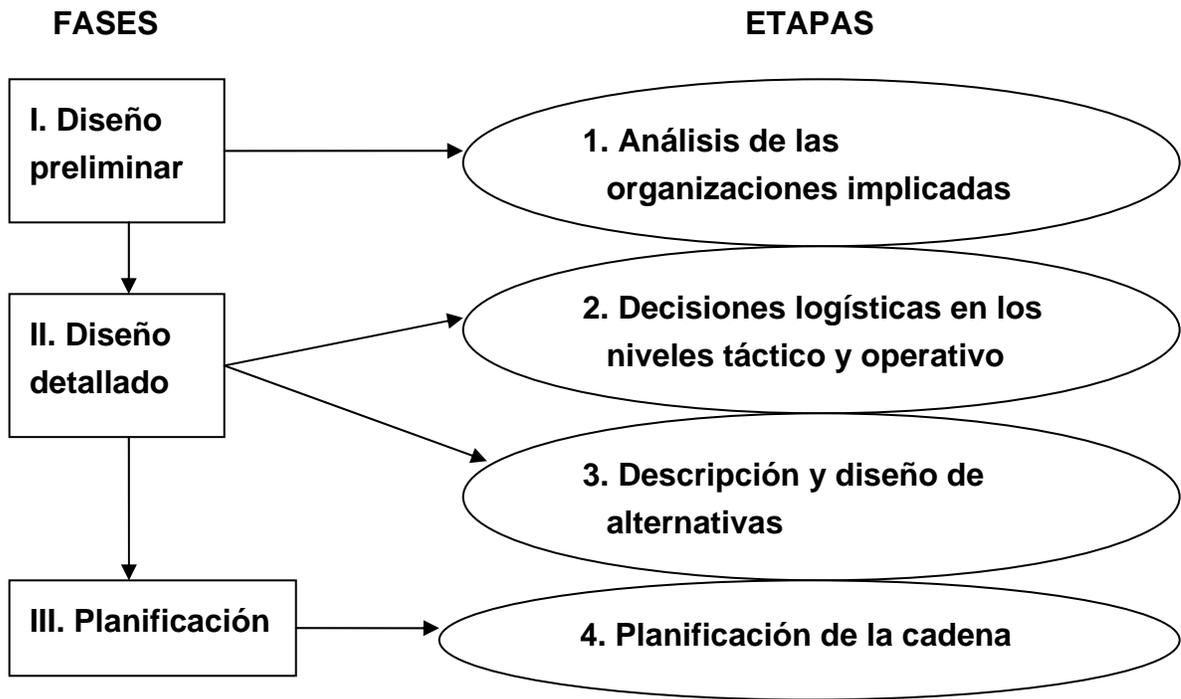


Figura 3.1: Fases y etapas del procedimiento general (Fuente: Elaboración propia)

Para el análisis de las organizaciones implicadas se proponen los pasos siguientes:

a) Definición de los procesos y sus requerimientos operacionales

Los procesos logísticos que se suceden en la misma son: clasificación de los RSU, almacenamiento interno, transporte interno, almacenamiento externo, manipulación, transporte externo, selección y disposición final. En la cadena completa se deben precisar los requerimientos operacionales siguientes: Definir la misión de la cadena que pudiera ser *contribuir a la elevación de la eficiencia de la Empresa Municipal Presupuestada Comunales y al mejoramiento de la gestión ambiental de la ciudad mediante la recolección adecuada de los RSU.*

En la tabla 3.1 se pueden observar un ejemplo de los principales procesos y misiones presentes en la cadena de suministro de los RSU en una ciudad. En el anexo 5 se muestran aspectos relacionados con el proceso de disposición final.

Un ejemplo de los requisitos de utilización de la cadena de suministro para la recolección de los RSU en la ciudad Santa Clara se muestra en el anexo 6

Definir el medio ambiente operacional

Aquí se deben incluir aspectos relacionados con: la temperatura, la humedad, el ruido, las vibraciones y la contaminación se propone un procedimiento específico. Cuyos resultados deben ser incluidos en la gestión ambiental de la empresa y de la cadena de suministro.

El procedimiento está representado en la figura 3.2.

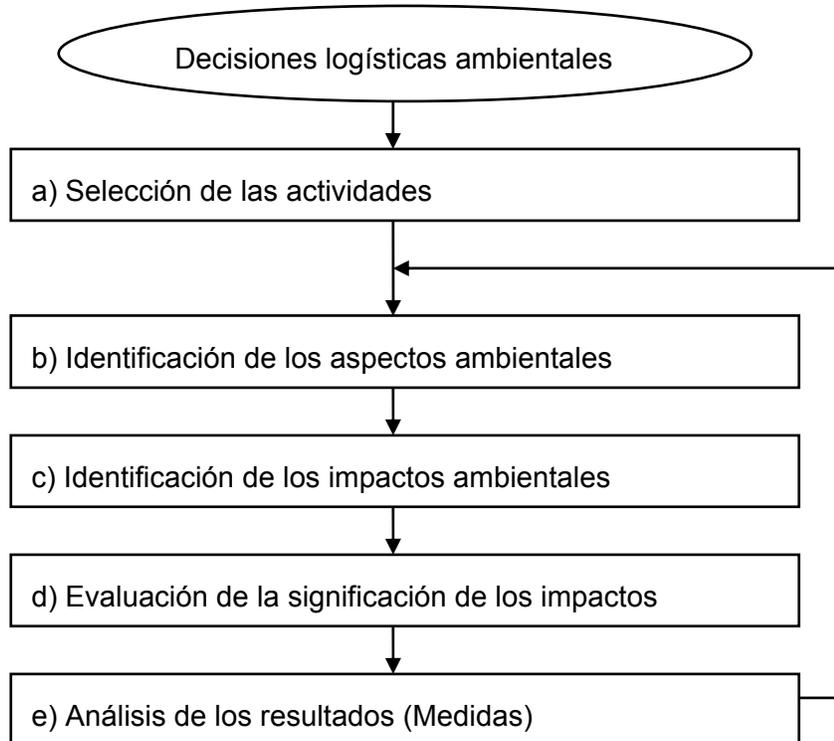


Figura 3.2: Procedimiento específico para la evaluación de la significación de los impactos ambientales en la cadena de suministro para la recolección de los RSU [Fuente: Knudsen González, 2005].

Un ejemplo de los resultados de este procedimiento se pueden observar en la tabla 3.2. En la figura 3.3 se muestran los principales procesos, lugares y actividades que se desarrollan en una cadena de suministro para la recolección de RSU en una ciudad. Se debe aclarar que el caso presentado es la ciudad Santa Clara.

Es importante en esta investigación reflejar los proveedores y clientes incluidos en la cadena, en la tabla 3.3 se muestran los principales miembros de dicha cadena.

Tabla 3.2: Determinación de los aspectos e impactos ambientales para cada actividad de la cadena de suministro

Proceso (actividad)	Producto	Aspecto	Impacto
Traslado de los RSU desde las instalaciones hasta el vertedero municipal.	Residuos sólidos urbanos	Exceso de ruido	Ambiente ruidoso
		Emisiones de escape	Emisiones al aire
		Derrames de combustibles y RSU durante el movimiento automotor	Contaminación de la superficie terrestre y las aguas.
Manipulación de los RSU	Residuos sólidos urbanos	Esparcimiento del los RSU	Contaminación de la superficie terrestre y las aguas.
		Exceso de ruido	Ambiente ruidoso
		Emisiones de escape	Emisiones al aire
Almacenamiento a corto plazo de los RSU en las estaciones de transferencias	Residuos sólidos urbanos	Esparcimiento de los RSU	Contaminación de la superficie terrestre y las aguas
		Exceso de ruido	Ambiente ruidoso
		Emisiones de escape	Emisiones al aire
Estiba de los medios de transporte con RSU	Residuos sólidos urbanos	Posibles derrames de los RSU	Contaminación de la superficie terrestre y las aguas
		Exceso de ruido	Ambiente ruidoso
		Emisiones de escape	Emisiones al aire
		Derrames eventuales de combustibles durante el movimiento automotor.	Contaminación de la superficie terrestre y las aguas.
<ul style="list-style-type: none"> • Separación de los RSU. • Agrupamiento en el vertedero. • Acarreo en las trincheras. • Apisonamiento • Tapado con tierra 	Residuos sólidos urbanos	Posibles derrames del producto.	Contaminación de la superficie terrestre y las aguas
		Emisiones de escape	Emisiones al aire
		Derrames eventuales de combustibles y RSU durante el movimiento	Contaminación de la superficie terrestre y las

		automotor.	aguas
--	--	------------	-------

[Fuente: Elaboración propia]

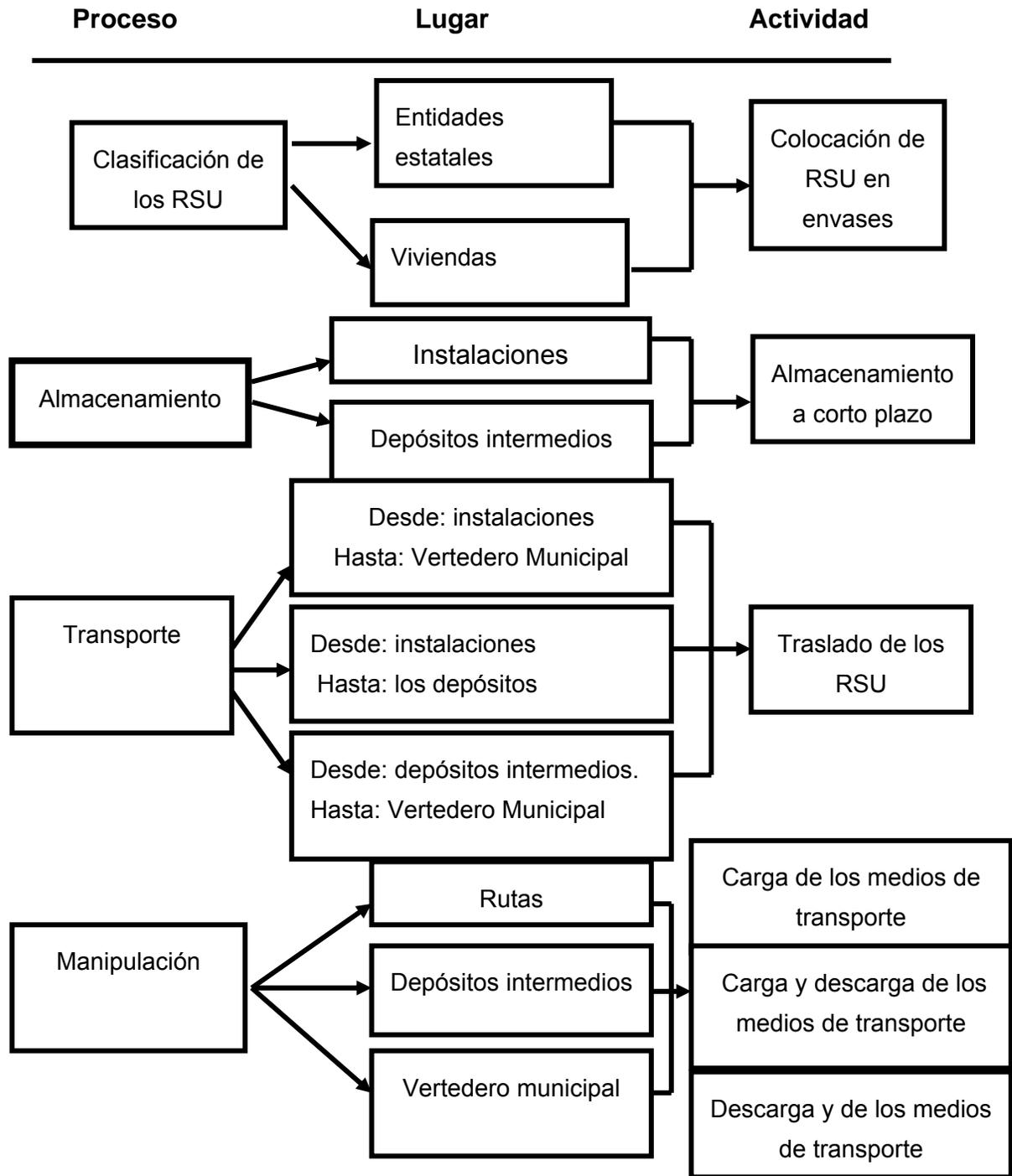


Figura 3.3: Principales procesos, lugares y actividades que se desarrollan en una cadena de suministro para la recolección de RSU en una ciudad. Caso Santa Clara (Fuente: Elaboración propia).

Tabla 3.4: Principales miembros de una cadena de suministro de los RSU para su utilización y las componentes claves que demandan sus clientes

Miembro de la cadena	Descripción	Ejemplo	Componentes claves
Cliente final	Es la organización ó lugar que demanda el producto obtenido después de transformado el residuo.	Comprador de residuos y vertedero municipal	Entrega de la cantidad de RSU combeniados
Cliente principal	Es el lugar que demanda el residuo objeto de estudio	Estaciones de transferencias.	Maximizar la recuperación de los RSU, minimizar los costos logísticos y el nivel de inventario.
Proveedor principal	Es el lugar capaz de proporcionar al cliente principal u otro cliente el residuo demandado.	Depósitos intermedios.	-
Proveedor inicial	Es cualquiera instalación capaz de satisfacer las demandas del proveedor principal o de otros clientes.	Entidades estatales y viviendas.	Entrega de los Residuos clasificados.

(Fuente: Elaboración propia)

b) Diseño del servicio al cliente

Para el diseño del servicio al cliente se adoptará el mismo procedimiento específico para la proyección del nivel de servicio al cliente en los niveles táctico y operativo de la cadena de suministro elaborado por Knudsen González (2005), el cual se muestra en la anexo 7. A continuación se describen los pasos del mismo.

Para la caracterización de la cadena de suministro objeto de estudio se propone como herramienta de trabajo los aspectos resumidos en el anexo 8. Un ejemplo de la aplicación de este procedimiento específico se puede apreciar en el **epígrafe 2.3 del capítulo 2**.

Una vez caracterizada la cadena de suministro se prosigue con los otros pasos del anexo 7.

La recopilación de información es el segundo paso de este procedimiento específico. En dependencia del residuo analizado en la cadena y su destino, se requerirán informaciones tecnológicas. Un ejemplo se muestra en la tabla 3.5.

Tabla 3.5: Ejemplo de informaciones tecnológicas necesarias para las cadenas de suministro de los RSU

Fuente	Información necesaria
Datos imprescindibles acerca de los residuos sólidos urbanos	Características de los residuos, clasificación, volumen de los RSU, distancia a recorrer.
Modo de tratamiento adecuado para los residuos sin afectaciones al medio ambiente.	Sanearamiento, trabajo mecanizado, reciclaje, normas cubanas

(Fuente: Elaboración propia)

El siguiente paso para la proyección del servicio al cliente (ver anexo 7) es el establecimiento de las **decisiones estratégicas**, las cuales pueden ser una entrada también del procedimiento general (figura 3.1).

En la tabla 3.6 se muestra la clasificación de las decisiones estratégicas elaboradas por la autora de esta investigación a partir de lo establecido por Castillo Coto (2000) y Knudsen González (2005) en sus respectivas investigaciones.

Tabla 3.6: Clasificación de las posibles decisiones estratégicas en una cadena de suministro para la recolección de los RSU en una ciudad

Área de Decisión	Decisión
Nivel de servicio	Garantizar la limpieza total de la ciudad.
	Disponibilidad de vehículos y de la fuerza de trabajo.
Política de inventario	Minimizar los costos de recursos y de consumo
Ubicación de los puntos origen- destino	Localización de los depósitos y estaciones de transferencia. Elaboración de las rutas de recolección para todas las zonas da la ciudad

	Maximizar el buen funcionamiento del desempeño laboral.
Selección de los medios de transporte	Selección preliminar del medio de Transporte

(Fuente: Elaboración propia)

La **selección de los segmentos de mercado objetivo** debe incluir el análisis preliminar del mercado de los residuos ofertados, como resultado de su revalorización.

La **caracterización de los clientes y estudio de la demanda de su servicio**. La primera debe incluir quienes son, residuos o productos que demandan y sus variaciones, frecuencia y características de las entregas, entre otros aspectos. En la segunda se deben establecer las demandas de cada uno de los miembros de la cadena, principalmente la de los clientes finales y principales para cada uno de los horizontes de tiempos establecidos para la cadena.

La caracterización de los clientes para el caso de la cadena de suministro para la recolección de los RSU en la ciudad Santa Clara fue hecha en el epígrafe 2.3 del capítulo 2.

Al respecto se debe señalar que en los marcos del reciclaje indirecto no siempre es interés de los proveedores principales satisfacer la demanda de los clientes principales, por lo que en la definición de sus componentes claves (ver tabla 3.4) debe estar implícita la necesidad de estos residuos.

La **proyección de la meta y del nivel de servicio a garantizar** debe ser lo suficientemente clara y precisa, con el objetivo de poder controlar su cumplimiento; respondiendo en todo momento al diseño de la oferta y promoción del servicio, el cual permita medir el nivel de satisfacción de los clientes.

Considerando la valoración de la satisfacción de los clientes aportada por Tompking [2000], en la cadena de suministro de los RSU, se realizará para los principales componentes.

c) Compromiso de las organizaciones

Se analiza la existencia de contratos y/o convenios entre las organizaciones, los cuales de una forma u otra deben responder a los pasos anteriores y a la selección y gestión de las alianzas con los integrantes de la cadena. La selección se hace a partir de las

posibilidades reales que existan en la cadena de suministro objeto de estudio, y teniendo en cuenta los procesos y actividades comentadas anteriormente.

A continuación se enumeran algunos convenios de trabajo desarrollados entre entidades de la cadena de suministro para la recolección de los RSU en la ciudad Santa Clara. Estos son:

- Contratos de trabajo con las entidades estatales de la ciudad.
- Convenio de trabajo con las unidades asistenciales de salud.
- Convenios de trabajo con diferentes organizaciones de políticas o masas.
- Convenio con los CDR y FMC.
- Convenio con la Empresa Recuperadora de Materias Primas.

La colaboración entre los miembros de la cadena de suministro comienza cuando los mismos llegan a interiorizar que el éxito de cada uno de los miembros depende de los otros y de cómo se logra satisfacer al cliente final y al principal, contribuyendo al mejoramiento de la gestión ambiental en la ciudad.

Fase II: Diseño detallado

El diseño detallado permite la continuidad de la primera fase del procedimiento general mostrado en la figura 3.1. En esta se incluyen como etapas, la determinación de las decisiones logísticas en los niveles táctico y operativo para la integración de la cadena y la descripción y diseño de alternativas. Ambas etapas serán descritas a continuación.

Etapas 2: Determinación de las decisiones logísticas en los niveles táctico y operativo para la integración de la cadena

El objetivo fundamental de esta etapa es crear las bases para la posterior determinación de los principales parámetros en la integración de la cadena de suministro. En el anexo 9 se muestra la clasificación por niveles y por áreas de las principales decisiones logísticas en los procesos de transporte, almacenamiento y manipulación.

A partir de las decisiones estratégicas expuestas en la *tabla 3.7* y observando las *decisiones tácticas y operativas* que aparecen en el anexo 9 a continuación se exponen las decisiones que deberán adoptarse, para estos niveles, en la cadena de suministro de los RSU para su aprovechamiento como material reciclable, estas son:

1. Insertar dentro de la ejecución de la cadena un nuevo proceso llamado clasificación de los RSU, el cual sería el primero de la cadena.
2. Almacenar, manipular y transportar los RSU hasta las estaciones de transferencias, si estas quedaran más cerca que el vertedero municipal.
3. Mediante el diseño de las rutas de recolección, minimizar el consumo de combustible, el tiempo de ciclo logístico y los costos de transportación, con un elevado aprovechamiento de la capacidad de los mismos.

Tabla 3.7: Decisiones estratégicas de la cadena de suministro para la recolección de los RSU en la ciudad Santa Clara

Decisión estratégica	Observación
Definición del tipo y características de los RSU.	Se emplearán en su estado natural.
Disponibilidad de medios de transporte y de la fuerza de trabajo	Se dispone de quince vehículos tres especializados y los demás abiertos, en los cuales laboran dos brigadas
Localización de las estaciones de transferencias	Las estaciones deben ser confeccionadas en cada zona comunal y cerca de las rutas de recolección, en la circunvalante.
Selección preliminar del medio de transporte	Se dispone de quince vehículos con una capacidad equivalente 30 a 40 metros cúbicos de RSU en estado natural por cada vehículo.

(Fuente: Elaboración propia)

Etapa 3: Descripción y diseño de alternativas

En esta etapa se pueden obtener alternativas diferentes en función del flujo material establecido en la ruta de recolección que se establezcan. Es importante aclarar, que la recolección directa es aquella que se aplica en las rutas de recolección de los RSU sin un almacenamiento intermedio antes de ser llevado a las estaciones de transferencia y en el caso de la recolección indirecta estos RSU se acumulan en los llamados depósitos intermedios y luego son trasladados a dichas estaciones.

Para cumplimentar esta etapa se proponen los pasos siguientes:

- a) Selección y definición de requisitos de las alternativas.
- b) Diseño del flujo informativo logístico
- c) Elaboración de la red logística detallada.

- d) Definición de parámetros a nivel de procesos.
- e) Determinación de los recursos materiales, humanos y técnicos necesarios para garantizar el funcionamiento de la cadena de suministro.

Para la **selección de la alternativa** se propone el empleo de la tabla 3.8, la cual resume las características que diferencian las alternativas dentro de cada variante de recolección, además en la anexo 10 se aprecia la secuencia de actividades en cada proceso logístico para la recolección directa (Alternativa 1) e indirecta (Alternativa 2) de los RSU, es importante aclarar que **la variante mixta (alternativa 3) es la combinación de la alternativa 1 con la alternativa 2.**

En el ejemplo tomado de la ciudad Santa Clara se empleará la recolección los RSU desde las estaciones de transferencias hacia los vertederos y desde las propias instalaciones hasta el vertedero, por lo que la *alternativa* a seleccionar es la 3 (entrega directa e indirecta de los RSU a granel hacia el vertedero municipal).

Tabla 3.8: Características para la selección de las alternativas de cada variante de entrega de los residuos sólidos urbanos en una cadena de suministro

CARACTERÍSTICAS	Alternativas		
	Recolección Directa (1)	Recolección Indirecta (2)	Recolección Mixta (3)
Disminución de dobles manipulaciones	X		X
Aumento de dobles manipulaciones.		X	X
Disminución del tiempo de recolección	X		X
Aumento del tiempo de recolección		X	X

(Fuente: Elaboración propia)

La *definición de sus requisitos* se complementará con el balance de recursos más adelante en esta misma etapa.

Para el **diseño del flujo informativo** se propone seguir los pasos siguientes (Knudsen González, 2005):

1. Análisis del flujo informativo actual.
2. Establecimiento de las necesidades informativas de la cadena.
3. Establecimiento de los puntos de contacto entre las necesidades de información de la

cadena y el sistema informativo actual.

4. Establecimiento de las nuevas relaciones informativas en cada proceso.
5. Elaboración del Modelo General de Organización.
6. Seguimiento y control del flujo informativo.

A continuación se comentan algunos de estos pasos.

Un ejemplo del *análisis del flujo informativo actual* en la Entidad Municipal Presupuestada de Servicios Comunales detectó:

- La carencia de enfoque logístico en los problemas que surgen durante los procesos de la cadena de suministro.
- La existencia de documentos con imprecisiones en las informaciones.
- La falta de informaciones, relacionadas con los RSU, en varios modelos que se mueven a lo largo de la cadena de suministro.

Teniendo presente los procesos seleccionados en la *etapa 1* y las necesidades informativas de la cadena de suministro del anexo 11, se establecen sus puntos de contacto con el flujo informativo actual. Todo lo cual se resumen en la *tabla 3.9*.

Las *nuevas relaciones informativas* en cada proceso aparecen reflejadas en la *figura 3.4*.

Para el diseño del flujo informativo de la cadena de suministro de los RSU se propone utilizar como herramienta el *Modelo General de la Organización* (MGO), el cual permite conjugar dicho flujo con los flujos materiales y financieros. Sobresalen en este sentido los aspectos siguientes:

- Flujo material: A los depósitos intermedios llegan los RSU procedentes de todas las rutas de la ciudad Santa Clara, los cuales son transportados hacia las estaciones de transferencias donde debe ser seleccionado el material reciclable, para luego llevar el resto hacia la disposición final.
- Flujo financiero: Se caracteriza por representar los cobros y pagos, es decir los ingresos y egresos de la empresa analizada. Hasta el momento la compra de los RSU está implícita en la compra de todos los objetos por parte de todas las instalaciones.
- Flujo informativo: Debe lograrse con el mismo la representación completa de los tres flujos. Al controlar el flujo informativo se debe verificar si existen desviaciones en las decisiones adoptadas en la cadena.

- El resto de los pasos para el diseño del flujo informativo ya han sido abordados.

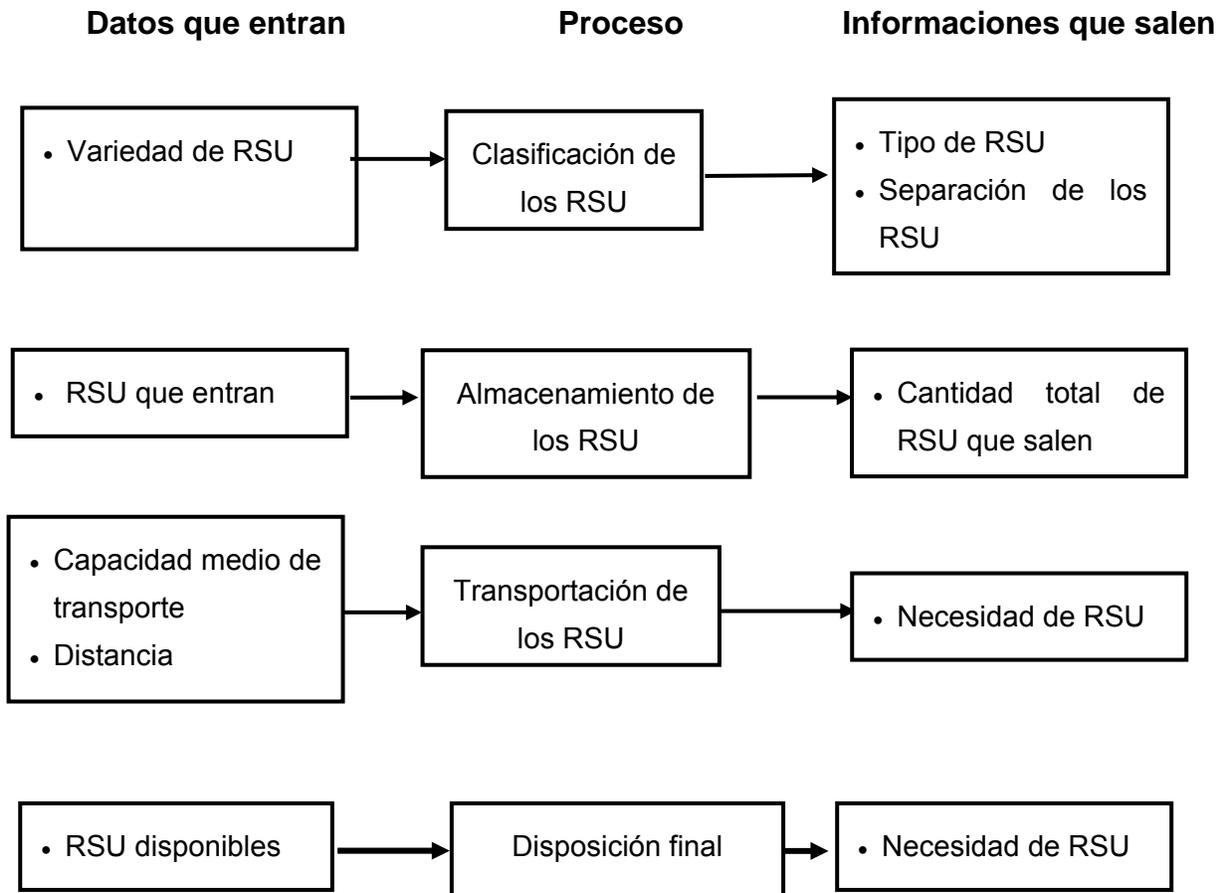


Figura 3.4: Nuevas relaciones informativas en los procesos de la cadena de suministro de los RSU (Fuente: Elaboración propia).

La **elaboración de la red logística detallada** de la cadena de suministro para la recolección de RSU en una ciudad se encuentra ilustrada en el **anexo 5**.

La **definición de los parámetros a nivel de proceso** parte de las decisiones adoptadas anteriormente (alternativa(s) seleccionada(s)). Una decisión puede tener más de un parámetro a evaluar. Como ejemplos de parámetros se pueden destacar los siguientes:

- Ciclo logístico total
- Costo agregado en cada proceso de la cadena (enfaticando en los costos logísticos).
- Niveles de inventario de los residuos en cada miembro de la cadena.
- Demanda de los clientes finales y principales de la cadena.

Es de destacar, que una decisión puede tener más de un parámetro a evaluar; y éstos pueden ser determinados en etapas anteriores.

Un ejemplo de las expresiones de cálculo empleadas para determinar el ciclo logístico total se muestran en el cuadro 3.3

Cuadro 3.3: Términos y expresiones de cálculo empleadas en la determinación del ciclo logístico total de una cadena de suministro de los RSU

Para determinar el *ciclo logístico total* se determinan por separado cada uno de los ciclos o fases que lo conforman:

T1: tiempo promedio de clasificación preliminar de los RSU

T2: tiempo promedio de almacenamiento interno en las instalaciones

T3: tiempo promedio de traslado de los RSU hasta los depósitos intermedios

T4: tiempo promedio de almacenamiento en los depósitos intermedios

T5: tiempo promedio de recolección. Se determina como:

$$T5 = tm + tr + td$$

tm : tiempo promedio de carga

tr: tiempo promedio del recorrido

td: tiempo promedio de descarga

T6: tiempo promedio de clasificación detallada de los RSU

T7: tiempo promedio de las operaciones relacionadas con la disposición final

CICLO TOTAL: $T1 + T2 + T3 + T4 + T5 + T6 + T7$

Los **costos logísticos** deben incluir la suma de todos los costos de los procesos que se definieron en la cadena de suministro. Para la determinación de los costo de transportación en particular se sugiere el empleo del software COSTOTRANS desarrollado para estos fines [Knudsen González, 2005].

Los **niveles de inventario** de los residuos en cada miembro de la cadena deben determinarse en función de la generación diaria de residuos y de las capacidades de almacenamiento interno y externo, pero no se deben olvidar las normas cubanas que establecen los ciclos de recogida de RSU.

La **demanda de los clientes finales y principales** de la cadena depende de los compromisos establecidos en la etapa 1 de este procedimiento. En este sentido se debe aclarar, que esta cadena de suministro es de empuje ya que aunque no exista demanda de los clientes hay que recoger los RSU en la ciudad, pues esta es la misión de la cadena.

El último paso de la etapa 3 es la **determinación de las necesidades de recursos materiales, humanos y técnicos en los procesos logísticos de la cadena de suministro**. Estos recursos responden a las variantes de recolección directa e indirecta de los RSU (ver tabla 3.8). Como herramientas a utilizar en esta etapa se proponen los balances de carga y capacidad, la modelación matemática (programación lineal y rutas), entre otras. Al respecto se debe aclarar que existe la posibilidad de cumplimentar este paso en la siguiente etapa unido a la planificación de la cadena.

Fase III: Planificación

Etapla 4: Planificación de la cadena de suministro

Esta etapa del procedimiento mostrado en la figura 3.1, prevé la aplicación de técnicas de gestión logística para lograr una planificación integrada de toda la cadena de suministro. Para el desarrollo de la misma se procede con un procedimiento específico, el cual se puede observar en la figura 3.5. A continuación se hará una breve referencia al mismo.

En la **recopilación de la información** de cada miembro de la cadena se incluyen datos como: capacidad de los medios de transporte, características de los residuos a transportar, los niveles de inventario de cada miembro de la cadena de suministro y la

programación de las rutas de recolección, la capacidad de procesamiento de las estaciones de transferencias y los pedidos de los compradores de residuos. El establecimiento de los niveles de inventario en la cadena se refiere a los inventarios mínimos y máximos, así como con sus variaciones en cada miembro (ver etapa anterior).

La **estimación de las cantidades de residuo a recolectar** se pueden establecer aplicando técnicas estadísticas o de pronósticos, también pueden ser válidos los estudios que al respecto realizan las empresas de servicios comunales. Por ejemplo, la estimación para la ciudad de Santa Clara es como promedio 1 100 m³/día.

El **establecimiento de los niveles de inventario en la cadena** ya fue comentado anteriormente.

Para el **diseño y gestión de las rutas de recolección** de los RSU en una ciudad se propone utilizar el procedimiento específico elaborado por Gaitán Mesa (2006), el cual ya fue implementado en la Zona 9 de la ciudad Santa Clara obteniéndose buenos resultados para la entidad encargada de este servicio.

En el anexo 12 se observa el consumo de los vehículos en cada zona de recolección

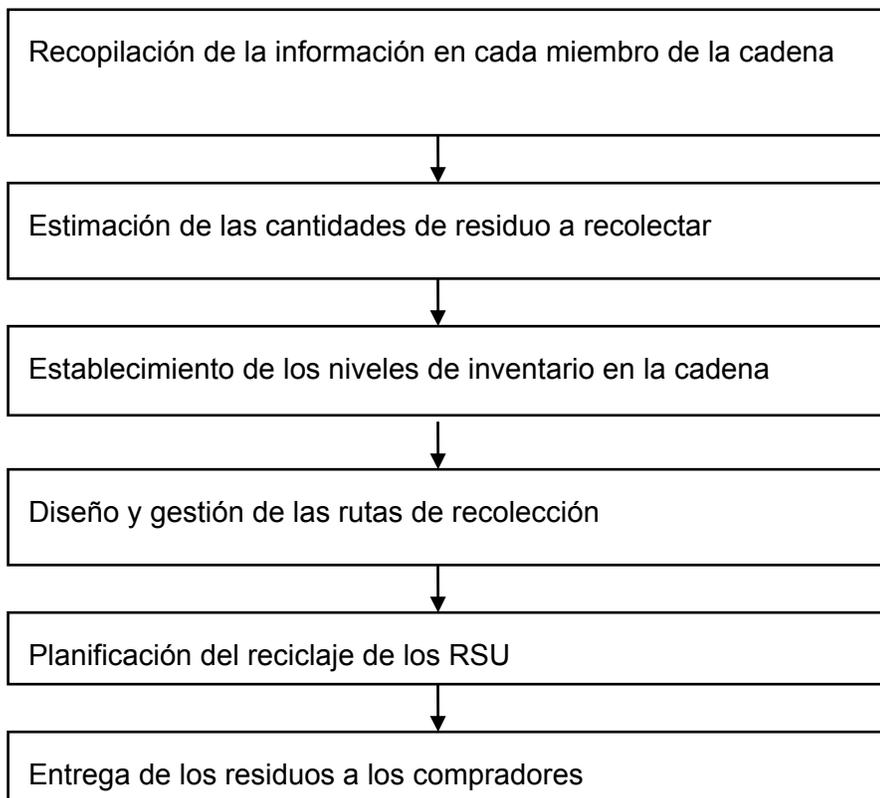


Figura 3.5: Procedimiento específico para la planificación de la cadena de suministro de los RSU [Fuente: Elaboración propia].

La **planificación del reciclaje de los RSU** se refiere a la planificación de la producción en las estaciones de transferencia.

La **entrega de residuos a los compradores** depende del convenio o contrato que se haya establecido en la etapa 1 del procedimiento general.

La última etapa del procedimiento general mostrado en la figura 3.1 es la **elaboración del programa de implantación**. Un ejemplo del mismo se muestra en la tabla 3.9.

Tabla 3.9: Actividades que incluye el programa de implantación

Actividades	Contenido
a) Capacitación del personal implicado en la cadena.	Se selecciona todo el personal implicado en la cadena y se adiestra en las funciones específicas que desempeñará en la misma.
b) Localizar las estaciones de transferencias	Ubicar las estaciones de transferencias en lugares óptimos para el mejor desempeño del trabajo
c) Estimación de la cantidad de RSU a producir en cada estación de transferencia	Considerando los estimados de la recolección de los RSU almacenados en los depósitos intermedios, se define la cantidad de RSU que se procesarán diariamente.
d) Determinación del estado en que se encuentra el parque tecnológico antes de comenzar la recolección.	Se revisan todas las instalaciones que componen la cadena y se hace un informe detallado del estado técnico de todo el transporte para definir los disponibles.
e) Determinación de la estrategia organizativa de la cadena.	Se concilian las decisiones estratégicas previstas, con las tácticas y operativas para lograr que la cadena de suministro de los RSU funcione acorde con su misión.

(Fuente: Elaboración propia)

3.2 Conclusiones parciales

Después de haber concluido este capítulo se destacan las conclusiones siguientes:

1. El procedimiento general antes explicado permite el empleo de técnicas de gestión logística, para los niveles táctico y operativo y en los residuos estudiados, que

integren los procesos y las exigencias de todos los clientes de la cadena.

2. Constituye en esta investigación una solución robusta al problema científico planteado además de un valioso aporte metodológico.
3. Con el procedimiento específico para planificar en los niveles táctico y operativo la cadena de suministro de los residuos se obtiene un plan que integra los inventarios, los procesos de transformación y el transporte. La identificación de los aspectos y evaluación de la significación de los impactos ambientales en la cadena de suministro a partir del procedimiento específico contribuye al fortalecimiento de la gestión medioambiental de las organizaciones, materializando lo expuesto en las definiciones de logística y de la aplicación del enfoque logístico al caso de los residuos.

El procedimiento específico para la proyección del nivel de servicio al cliente permitió establecer las demandas y ofertas de servicio en las cadenas de suministro objetos de estudio, teniendo en cuenta su situación actual y la aplicación del enfoque logístico al caso de los residuos. En la cadena se logró satisfacer las necesidades de los clientes principales y finales, obteniéndose una evaluación superior del nivel de servicio.

1. Las alternativas diseñadas y evaluadas permitieron proyectar los parámetros que caracterizan el funcionamiento de las cadenas, al ordenar secuencialmente y diseñar los procesos logísticos que la conforman. La alternativa predominante en las cadena estudiada fue la entrega directa e indirecta de los residuos en su estado natural.
2. El procedimiento específico para la planificación de la cadena de suministro de los residuos permitió, en las cadenas objetos de estudio, reducir los niveles de inventario, planificar los medios de transporte necesarios para el abastecimiento a tiempo, cubriendo las posibles eventualidades que surgieron en los niveles táctico y operativo en función de la misión definida para la cadena. En este sentido, se destaca la elaboración de los planes tácticos y operativos de transportación en la cadena estudiada, teniendo presente los medios de transporte que menores gastos le reportan y su disponibilidad.

En diferentes etapas del procedimiento general se emplearon como herramientas varios software, los cuales permitieron dar solución al modelo de programación lineal, las

validaciones estadísticas y a la determinación de los costos de transportación. En todos los casos se ganó en precisión en los cálculos y rapidez en el procesamiento de los datos, contribuyendo así a mejorar el proceso de toma de decisiones logísticas en los diferentes eslabones de la cadena.

CONCLUSIONES GENERALES

1. Los resultados obtenidos en la construcción del marco teórico – referencial de la presente investigación confirmaron la existencia de una amplia base conceptual para el diseño y la gestión de sistemas logísticos en general, y de las cadenas de suministro en particular; así como las tendencias del enfoque logístico al caso de los residuos sólidos urbanos. Sin embargo, no se encontraron precedentes de la aplicación de los sistemas de gestión logísticos a la secuencia de éstos procesos en una cadena de suministro de los RSU en los niveles táctico y operativo, ni elementos que permitieran evaluar su desempeño y la significación de los impactos ambientales en los marcos del diseño y la gestión de las mismas.
2. La aplicación del enfoque logístico al caso de los residuos sólidos urbanos objetos de estudio en esta investigación, permitió comprobar que para obtener de ellos los beneficios ambientales, económicos y sociales que se esperan de su aprovechamiento, se requiere la conjugación de las tendencias de logística del reciclaje, logística inversa y de la logística verde, las cuales permiten que estos residuos se reciclen mediante flujos directos e indirectos para garantizar su aprovechamiento y contribuir así a la preservación del medio ambiente.
3. Quedó demostrado que mediante el diseño y la gestión de la cadena de suministro de los residuos sólidos urbanos, se contribuye a elevar la integración en su desempeño, al ahorro de combustibles fósiles y al adecuado saneamiento de la ciudad. Esto por una parte, corrobora la correcta formulación del problema científico planteado, y por otra parte, confirma la necesidad actual y futura de implementar la planificación de las necesidades de distribución y de las capacidades de transportación como herramientas para el diseño y la gestión logística de ésta cadena.
4. El modelo conceptual desarrollado en esta investigación brinda una respuesta acertada al problema científico planteado ya que conjuga armónicamente las entradas procedentes del nivel estratégico con las decisiones logísticas tácticas y operativas para brindar, como salida, la medición y comparación del desempeño actual con el mejorado en una cadena de suministro, todo ello soportado en un conjunto de factores integrados en un indicador que facilita la integración,

Conclusiones generales

coordinación y racionalidad de los procesos logísticos.

5. La elaboración del procedimiento general para el diseño y la gestión de la cadena de suministro de los residuos sólidos urbanos en los niveles táctico y operativo, incluyendo los procedimientos específicos para la proyección del nivel de servicio al cliente, el diseño del flujo informativo y la planificación de la cadena de suministro en los niveles táctico y operativo y su posterior validación en las cadenas objeto de estudio, permitió el cumplimiento de los objetivos propuestos.
6. En varios de los procedimientos específicos se emplearon los métodos matemáticos, utilizando los *software* correspondientes en cada uno de los casos con el objetivo de ganar precisión y rapidez en las soluciones brindadas, y a la vez justificar técnicamente las decisiones adoptadas. También se elaboró el software COSTOTRANS para facilitar la determinación de los costos de transportación de cada uno de los medios de transporte analizados.

RECOMENDACIONES

Como parte de la continuidad de este trabajo investigativo se recomienda:

1. Localizar y ubicar las estaciones de transferencias para la facilitación de la recolección de los RSU
2. Ejecutar el cumplimiento del indicador integral para la demostración del desempeño de la cadena de suministro.
3. Continuar desarrollando de forma continua el control de las cadenas de suministro de los residuos sólidos urbanos objeto de estudio en esta investigación, con el objetivo de ir tomando las medidas pertinentes que contribuyan al mejoramiento continuo de los procesos logísticos que incluyen la cadena y a su funcionamiento integral.
4. Continuar la divulgación de los resultados de esta investigación a través de eventos científicos, mediante la presentación de artículos científicos.
5. Desarrollar un *software* que ayude en la planificación de la cadena de suministro a partir del procedimiento desarrollado en esta investigación, lo cual permitiría ahorrar tiempo, ganar en precisión en los cálculos y la posibilidad de evaluar la mayor cantidad de alternativas posibles.
6. Extender la aplicación del procedimiento general a otras cadenas del país, que utilicen los residuos objetos de estudio en esta investigación u otros, con el objetivo de contribuir con la estrategia de desarrollo de la industria azucarera cubana en los próximos años.
7. Continuar investigando en las afectaciones ambientales que producen los procesos logísticos en estas cadenas de suministro, llegando a determinar la magnitud de los impactos ambientales que se producen en la misma para poder regularlos y contribuir así al desarrollo sostenible que demanda hoy día la sociedad cubana.
8. Darle continuidad al procedimiento para el desarrollo, a nivel operativo, de las etapas de regulación y control, donde se puedan tomar decisiones más rápidas ante cualquier anomalía en el desempeño de las cadenas de suministro objetos de estudio.

9. Estudiar otras características de calidad particulares de cada uno de los residuos y algunas características de calidad del producto terminado, las cuales puedan ser incorporadas al indicador integral para garantizar una mejor evaluación del desempeño de la cadena.

BILIOGRAFÍA

1. Agenda 21 (1992). Gestión ecológicamente racional de los desechos sólidos y cuestiones relacionadas con las aguas cloacales. Capítulo 21. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Río de Janeiro, República Federativa del Brasil.
2. Ballou, H. R. (1991) La logística empresarial. Control y Planificación. Ediciones Díaz de Santos. Madrid.
3. Caldwell, B. (2001). *Untapped opportunities exist in returned products, a side of logistics few businesses have thought about- until now.* En <http://www.informationweek.com /729/logistic.htm>.
4. CEPIS. (1996) Guía para el manejo de residuos sólidos en ciudades pequeñas y zonas rurales. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Lima.
5. Cepón Castro, R. & Amador Orellana, María Auxiliadora. (2003). Administración de la cadena de suministros. Manual para estudiantes de la especialidad de Ingeniería Industrial. Universidad Tecnológica Centroamericana de Honduras. UNITEC. Tegucigalpa.
6. CLM-UN (2003). *What is Reverse Logistics? Center for Logistics Management University of Nevada, Reno.* En <http://www.rlec.org/clmun.htm>
7. CMA (2002). Instalaciones necesarias en cada zona. Centro de Medio Ambiente de España. Consultado 20/5/07, En: http://www.cma.gva.es/areas/residuos/res/pir/directiva_general/revpir5b.html
8. CMDS (2002). De las propuestas a la acción. Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible. Johannesburgo, Sudáfrica. Consultado 12/4/07 En: <http://www.cinu.org.mx/eventos/conferencias/johannesburgo/wssd.htm>
9. Comas Pullés, R. (1996) Logística, origen, desarrollo y análisis sistémico. Logística Aplicada No 1. pp.3-9. Ciudad de la Habana.
10. Conejero González, H. C. (1996). Desarrollo de la manipulación y el almacenamiento en las bases de recuperación de desechos no metálicos. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. Santa Clara. Tesis presentada en

- opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas.
11. DCA (2001). Plan Nacional de Valorización de Residuos. Dirección de Calidad Ambiental. Ministerio de Salud y Ambiente. Argentina. Consultado 22/3/07 En: <http://www2.medioambiente.gov.ar/calidad/programas/asentamientos/pnvr/default.htm>
 12. Delgado Pérez Ana María. (2006). Procedimiento general para el diseño, la implementación, la evaluación y el control del subsistema de formación por competencia para la implantación del sistema de gestión de la calidad del Grupo Logística ETECSA Villa Clara.
 13. ERMP (1995) Recuperación de desechos. Editado por la Empresa de Recuperación de Materias Primas. Ciudad de la Habana.
 14. Feitó Madrigal, D. (2006). Procedimiento general para el diseño y la gestión de la cadena de suministros de los productos utilizados en el sector de las telecomunicaciones en Villa Clara. Universidad central Martha Abreu de las Villas. Tesis presentada en opción al título de master en Administración de negocios.
 15. FSRO (1999). *4R Environment. Facilities and Services-Recycling Office. University of Toronto.* En <http://www.facilities.utoronto.ca/BLDGGROU/WASTEMAN/4Renviro.htm>
 16. García Ramos, M. (2003). Gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos: La logística inversa una gestión optimizada y económicamente viable. ECOTOOL. PRICEWATERHOUSECOOPERS
 17. Gómez Acosta Marta Inés & Acevedo Suárez, J. A. (2001) Logística moderna y la competitividad empresarial. Ed. Centro de Estudio Tecnología de Avanzada (CETA) y Laboratorio de Logística y Gestión de la Producción (LOGESPRO). Ciudad de la Habana.
 18. González Vasallo, S. (1998). Envase y medio ambiente. Cubaenvase. Nro 8, pp. 23-28. Ciudad de la Habana
 19. Huete, Estibaliz (2004) Residuos sólidos urbanos. Vertederos controlados. Escuela superior de ingenieros. Ciencias de la tierra y del medio ambiente. <http://www.tecnun.es/asignaturas/ecologia/Hipertexto/13residuo/112Vertc.htm>
 20. Isaac Godínez, C. L. (2001). El análisis del ciclo de vida del producto, una

- herramienta para el desarrollo de la logística reversa en la empresa. Evento Logística 2001. Ciudad de la Habana.
21. Knudsen González, J. (2005). Diseño y gestión de la cadena de suministro de los residuos de la agroindustria de la caña de azúcar. Aplicación a los residuos agrícolas cañeros, el bagazo y las mieles. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. Santa Clara. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas.
22. León Velazco, N. (1998). Sistema de gestión ambiental. Cubaenvase Nro 7. p. 23. Ciudad de la Habana
23. Matos Rodríguez, H. (1997). Modelo para el diseño y mejoramiento del sistema de reciclaje de residuos de envase en zonas turísticas. Universidad Camilo Cienfuegos de Matanzas. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas.
24. Murphy, P. R. & Poist, R. F. (2000). *Green Logistics Strategies: An Analysis of Usage Patterns*, *Transportation Journal*. American Society of Transportation & Logistics, Inc. Vol 40. Nro 2. pp.5-16.
25. NC 133: (2002) Residuos Sólidos Urbanos – Almacenamiento, Recolección y Transportación – Requisitos Higiénicos Sanitarios y Ambientales. Primera Edición. Oficina Nacional de Normalización. Ciudad de la Habana.
26. NC 134 (2002). Residuos sólidos urbanos. Tratamiento-Requisitos higiénico-sanitario y ambientales. Primera Edición. Oficina Nacional de Normalización. Ciudad de la Habana.
27. NC: 135 (2002). Residuos sólidos urbanos, disposición final. Requisitos higiénicos sanitarios y ambientales.
28. Pérez Moran, R. (2002) Residuos sólidos urbanos. Revista Cubasolar. En <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia31/HTML/articulo04.htm>
29. Rogers, D. S. & Tibben-Lembke, R. S. (1998). *Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices*. Pittsburgh, PA: RLEC Press, p.2.
30. SCB (1993). Secretaría del Convenio de Basilea Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Consultado 2/2/07 En: www.ine.gob.mx/ueajei/asuntos/download/Con199320.pdf

Bibliografía

31. Santos Norton, María Lilia (1996). Concepción de un enfoque en sistema para la gestión de los aprovisionamientos. Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echevarría”. Ciudad de la Habana. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas.
32. Schwartz, B. (1999). *Reverse Logistics. Untapped opportunities exist in returned products, a side of logistics few businesses have thought about--until now.* Information Week. Issue 729, p. 48.
33. Tompkins, J. A. (2000). *No boundaries. Moving Beyond SCM.* Tompkins Press. North Carolina, USA.
34. Torres Gemeil, M. et al. (2003). Logística. Temas Seleccionados. Tomo I. Primera Edición. Editorial Feijoo. Ciudad de la Habana.

Anexo 5: Disposición Final de los Desechos Sólidos Santa Clara (Fuente: Archivos de la empresa)

Caracterización del municipio de Santa Clara.

- ◆ Extensión territorial: 513.7 k m².
- ◆ Habitantes: 230 860.
- ◆ Rural: 10138.
- ◆ Economía basada en el desarrollo de:

Industria:

- Planta Mecánica
- EINPUT
- Combinado Textil
- SAKENAF
- Productos Lácteos
- Planta de Harina Animal
- Gases Industriales
- Fábrica de Pienso
- Fábrica de Traviesas
- Productora de Bicicletas.

Agropecuarios:

- Agricultura
- Ganadería Avícola
- Ganadería Porcina

(Fuente: Elaboración propia)

<i>Principio</i>	<i>Característica</i>
<p>Segmente a sus clientes basado en las necesidades de servicio de los diferentes grupos y adapte la cadena de suministro para servir a estos mercados rentablemente.</p>	<p>Tradicionalmente se segmenta a los clientes por industria, producto o canal de ventas y hemos otorgado el mismo nivel de servicio a cada uno de los clientes dentro de un segmento. Una cadena de suministros eficiente agrupa a los clientes por sus necesidades de servicio, independiente de a qué industria pertenece y entonces adecua los servicios a cada uno de esos segmentos.</p>
<p>Adecue la red de logística a los requerimientos de servicio y a la rentabilidad de los segmentos de clientes.</p>	<p>Al diseñar la red de logística se debe enfocar intensamente en los requerimientos de servicio y la rentabilidad de los segmentos identificados. El enfoque convencional de crear redes monolíticas es contrario a la exitosa gestión de la cadena de suministro. Aun el pensamiento menos convencional acerca de la logística emerge en ciertas industrias que comparten clientes y cobertura geográfica que resulta en redes redundantes. Al cambiar la logística para industrias complementarias y competitivas bajo la propiedad de terceras empresas, se pueden lograr ahorros para todas las industrias.</p>
<p>Alinee la planeación de la demanda en consecuencia con toda la cadena de suministro, asegurando pronósticos consistentes y la asignación óptima de los recursos.</p>	<p>La planeación de ventas y operaciones debe cubrir toda la cadena, buscando el diagnóstico oportuno de los cambios en la demanda, detectando los patrones de cambio en el procesamiento de órdenes las promociones a clientes, etc. Este enfoque intensivo en la demanda nos lleva a pronósticos más consistentes y la asignación óptima de los recursos.</p>
<p>Busque diferenciar el producto lo más cerca posible del cliente</p>	<p>Ya no es posible que acumulemos inventario para compensar por los errores en los pronósticos de ventas. Lo que se debe hacer es posponer la diferenciación entre los productos en el proceso de manufactura lo más cerca posible del cliente final.</p>

Anexo

Maneje estratégicamente las fuentes de suministro.	Al trabajar más de cerca con los proveedores principales para reducir el costo de materiales y servicios, podemos mejorar los márgenes tanto para nosotros, como para nuestros proveedores. El concepto de exprimir a los proveedores y ponerlos a competir ya no es la forma de proceder, ahora la tendencia es "ganar-ganar"
Desarrolle una estrategia tecnológica para toda la cadena de suministro.	Una de las piedras angulares de una gestión exitosa de la cadena de suministros es la tecnología de información que debe soportar múltiples niveles de toma de decisiones así como proveer una clara visibilidad del flujo de productos, servicios, información y fondos.
Adopte mediciones del desempeño para todos los canales.	Los sistemas de medición en las cadenas de suministro hacen más que monitorear las funciones internas, deben adoptarse mediciones que se apliquen a cada uno de los eslabones de la cadena. Lo mas importante es que estas mediciones no solamente contengan indicadores financieros, sino que también nos ayuden a medir los niveles de servicio, tales como la rentabilidad de cada cliente, de cada tipo de operación, unidad de negocio, y en ultima instancia, por cada pedido.

(Fuente: Elaboración propia a partir de Cespon Castro et al, 2003)

Anexo 3: Aspectos positivos y negativos del Modelo de Éxito y procedimiento para el diseño y mejoramiento del sistema de reciclaje de residuos de envases y embalajes en zonas turísticas aportado por Matos Rodríguez [1997]

Aspectos	
Positivos	Negativos
Se consideran los residuos como un recurso.	El modelo sólo se ajusta a residuos de envase y embalajes.
Están concebidos para el ciclo de vida del producto “de la cuna a la tumba”	No se especifica el destino final que tendrán los residuos de envases y embalajes una vez que estos hayan sido clasificados, tratados y almacenados.
Establece los requerimientos de éxito para cada eslabón y las barreras a vencer entre el estado actual y el mejorado.	A pesar de que se adoptan decisiones en la cadena estas no están en función de las áreas de decisiones logísticas.
Se fundamenta en: Las estrategias de la “10 R” (<i>reordenamiento</i> del proceso ambiental, <i>reducción</i> de los residuos, <i>reformulación</i> de los sistemas de fabricación y comercialización, <i>reutilización</i> de los envases y embalajes, <i>reciclaje</i> de los materiales constitutivos, <i>refabricación</i> , <i>recuperación</i> de energías y materiales, <i>rediseño</i> de productos y operaciones, <i>recompensar</i> y <i>desincentivar</i> económicamente, y <i>renovar</i>	

<p>concepciones, mentalidades y actuaciones en productores, consumidores y gobernantes en relación con el medio ambiente)</p> <p>Los principios guías (desarrollar un nuevo enfoque de ordenación ambiental, aplicación de “el que contamina paga”, racionalidad y reversión).</p>	
<p>Tiene predeterminadas las metas y los objetivos.</p>	

(Fuente: Elaboración propia)

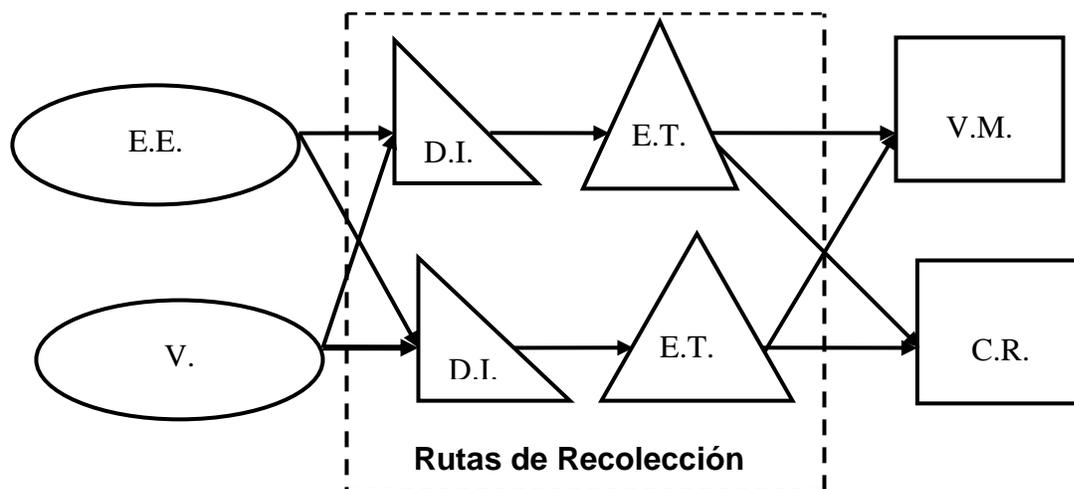
Anexo 2: Resumen de algunas definiciones de logística inversa

Fuente bibliográfica	Definición
Stock [1998] [2001] & Poist [2000]	Es el papel de la logística en el retorno de los productos, en la reducción de las fuentes, en el reciclaje, en la sustitución y reutilización de materiales, en la distribución de los residuos y en el reproceso.
Rogers & Tibben-Lembke [1998] & Lacerda [2002]	Son los procesos de una eficiente planificación, implementación y control del flujo efectivo de los costos de materias primas, inventarios en proceso, productos terminados y la información relacionada desde el punto de consumo hasta el punto de origen con el propósito de crear valor o una distribución apropiada.
REVLOG [2002]	Comprende todas las operaciones relacionadas con la reutilización de productos y materiales. [...] se refiere a todas las actividades logísticas de recolección, desensamblaje y reciclaje de materiales, productos usados, y/o sus partes, para asegurar una recuperación ecológica sostenida.
PILoT [2003]	Es la gestión del retorno de las mercancías en la cadena de suministro, de la forma más efectiva y económica posible y a la vez se encarga de la recuperación y reciclaje de envases, embalajes y residuos peligrosos; [...] los procesos de retorno, devoluciones de clientes, productos obsoletos e inventarios estacionales, incluyendo el adelanto al fin de la vida útil de un producto, con el objetivo de darle salida en mercados con mayor rotación.
RLEC [2003]	Es el proceso de trasladar productos desde su destino final típico hasta otro punto, con el propósito de por una parte, retomar el valor agotado del mismo y por otra, disponer apropiadamente de los productos.

Torres Gemeil et al. [2003]	Es una actividad con un enorme potencial de crecimiento, conocida como "la última frontera para la reducción de los costos en la empresa" que se ha convertido en una novedosa fuente de oportunidades.
CSCMP [2005]	Es el segmento especializado de la logística enfocado al movimiento y gestión de productos y recursos, después de ser vendidos y entregados al cliente, incluyendo el retorno de productos para su restauración.

(Fuente: Elaboración propia a partir de varias fuentes bibliográficas)

Anexo 5: Propuesta de la red logística detallada de la cadena de suministros para la recolección de RSU en la ciudad Santa Clara.



(Fuente: Elaboración propia)

Leyenda:

E.E.: Entidades Estatales

V.: Viviendas

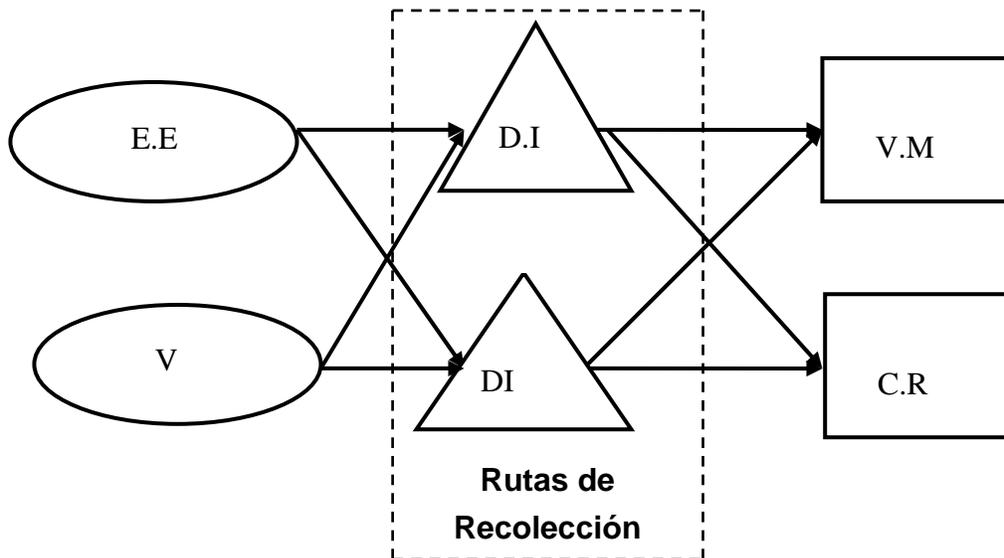
D.I.: Depósitos Intermedios

E.T.: Estaciones de Transferencia

V.M.: Vertedero Municipal

C.R.: Comprador de residuos

Anexo 4.: Red Logística detallada de la cadena de suministros actual para la recolección de los RSU en la ciudad de Santa Clara.



(Fuente: Elaboración propia)

Leyenda:

E.E.: Entidades Estatales

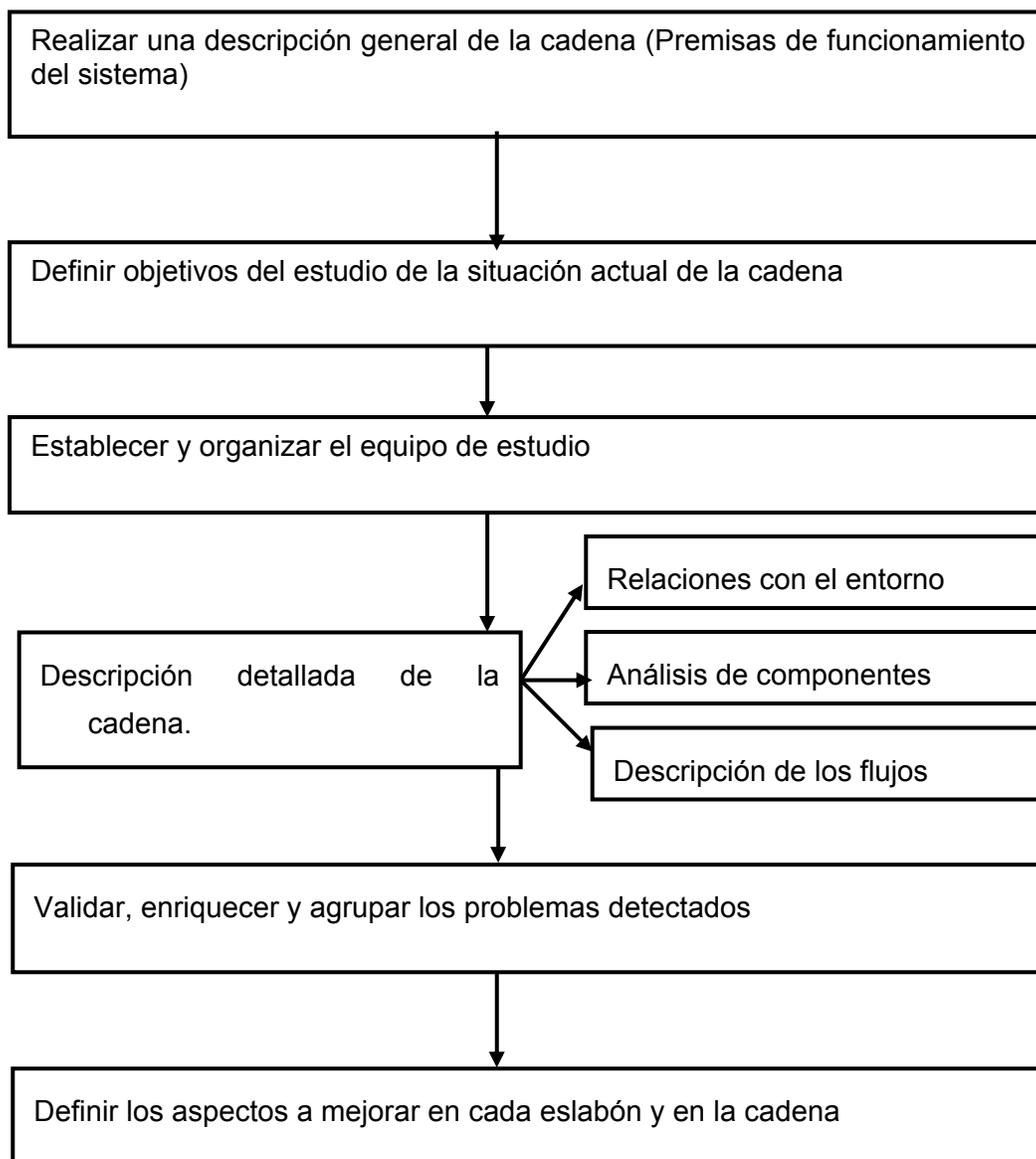
V.: Viviendas

D.I.: Depósitos Intermedios

V.M.: Vertedero Municipal

C.R.: Comprador de residuos

Anexo 8: Procedimiento para la caracterización de una cadena de suministro
(Fuente: Elaboración propia a partir de Marrero Delgado, 2001)

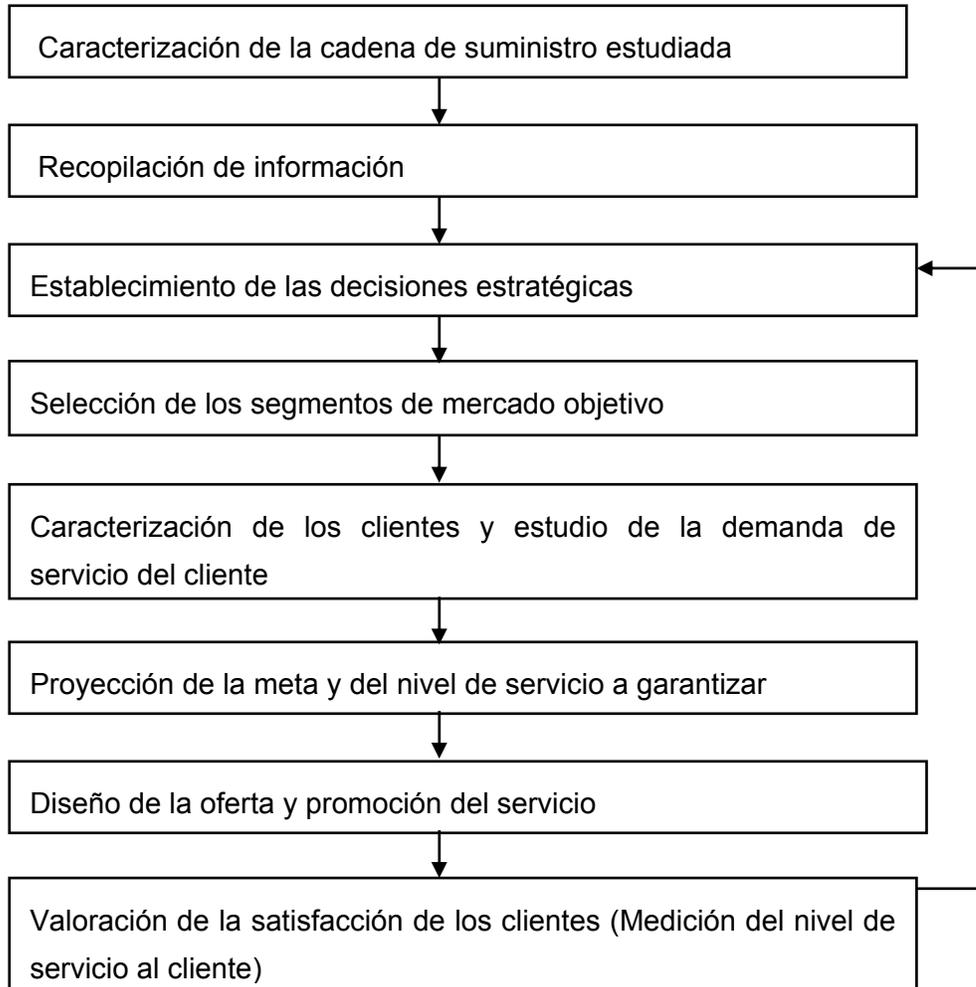


Anexo 6: Ejemplo de requisitos de utilización en la cadena de suministro para la recolección de los RSU en la ciudad Santa Clara.

Operaciones	Requisitos para la cadena
<ul style="list-style-type: none"> • Clasificación de los RSU 	<ul style="list-style-type: none"> · Los RSU que se generan en estas operaciones permanecerán en los envases y no se incluirán en el flujo material de la cadena.
<ul style="list-style-type: none"> • Manipulación y almacenamiento temporal de los RSU en las estaciones de transferencias 	<ul style="list-style-type: none"> · La manipulación se realiza de forma manual con vehículos especializados y vehículos abiertos. · El almacenamiento es a corto plazo (un día) se realiza a techo abierto.
<ul style="list-style-type: none"> • Estiba y desestiba de los medios de transporte. 	<ul style="list-style-type: none"> · En la estiba se emplea cajas y palas como medio de su llenado. · En la desestiba se realiza de forma mecanizada con volteo.
<ul style="list-style-type: none"> • Traslado de los RSU 	<ul style="list-style-type: none"> · Se utilizan camiones MarcaPegazo, Kamaz, DongFeing, Zil 130.Sus capacidades de carga aperecen en el anexo 7.
<ul style="list-style-type: none"> • Separación de los RSU para su posterior disposición. • Tapado de los RSU con tierra 	<ul style="list-style-type: none"> · Planta de reciclado · Se dispone de un Buldózer de marca Komatsu.

[Fuente: Elaboración propia]

Anexo 7: Procedimiento específico para la proyección del nivel de servicio al cliente en los niveles táctico y operativo de la cadena de suministro para la recolección de los RSU. (Fuente: Knudsen González, 2005)



Anexo 9: Clasificación por niveles y por áreas de las principales decisiones logísticas en procesos de transporte y almacenamiento

Decisiones Posibles	Áreas				Niveles		
	1	2	3	4	E	T	O
De transporte							
Satisfacer las necesidades (demanda) de transportación.	X				X	X	X
Mejorar el sistema de control de las transportaciones	X				X	X	X
Mejorar la calidad del servicio de transportación	X			X	X	X	X
Disminuir el tiempo de recolección en cada ruta.	X	X	X	X		X	X
Mejorar la utilización de las capacidades existentes.	X			X	X	X	X
Ubicación de los proveedores, clientes y puntos de almacenamiento a lo largo de la red logística.		X	X		X	X	
Mejorar la organización de las transportaciones.		X			X	X	
Disminución de los recorridos sin carga.		X	X			X	X
Disminución del costo de transporte			X	X	X	X	X
Selección de la ruta de transporte.			X	X		X	X
Disminución del consumo de combustible.			X	X	X	X	X
Selección de los medios de transporte.				X		X	X
Empleo de vehículos especializados.	X			X	X	X	X
De almacenamiento							
Mejorar la utilización de las capacidades existentes.		X			X	X	X
Ubicación de las estaciones de transferencias		X	X		X		
Disponibilidad de medios de transporte			X	X	X	X	X
Disminución del consumo de combustible.		X	X	X	X	X	X
De manipulación							
Disminución de manipulaciones innecesarias	X			X		X	X
Aumento de la efectividad de recolección	X	X		X	X	X	X
Aumento de disciplina tecnológica en este proceso	X	X	X	X	X	X	X

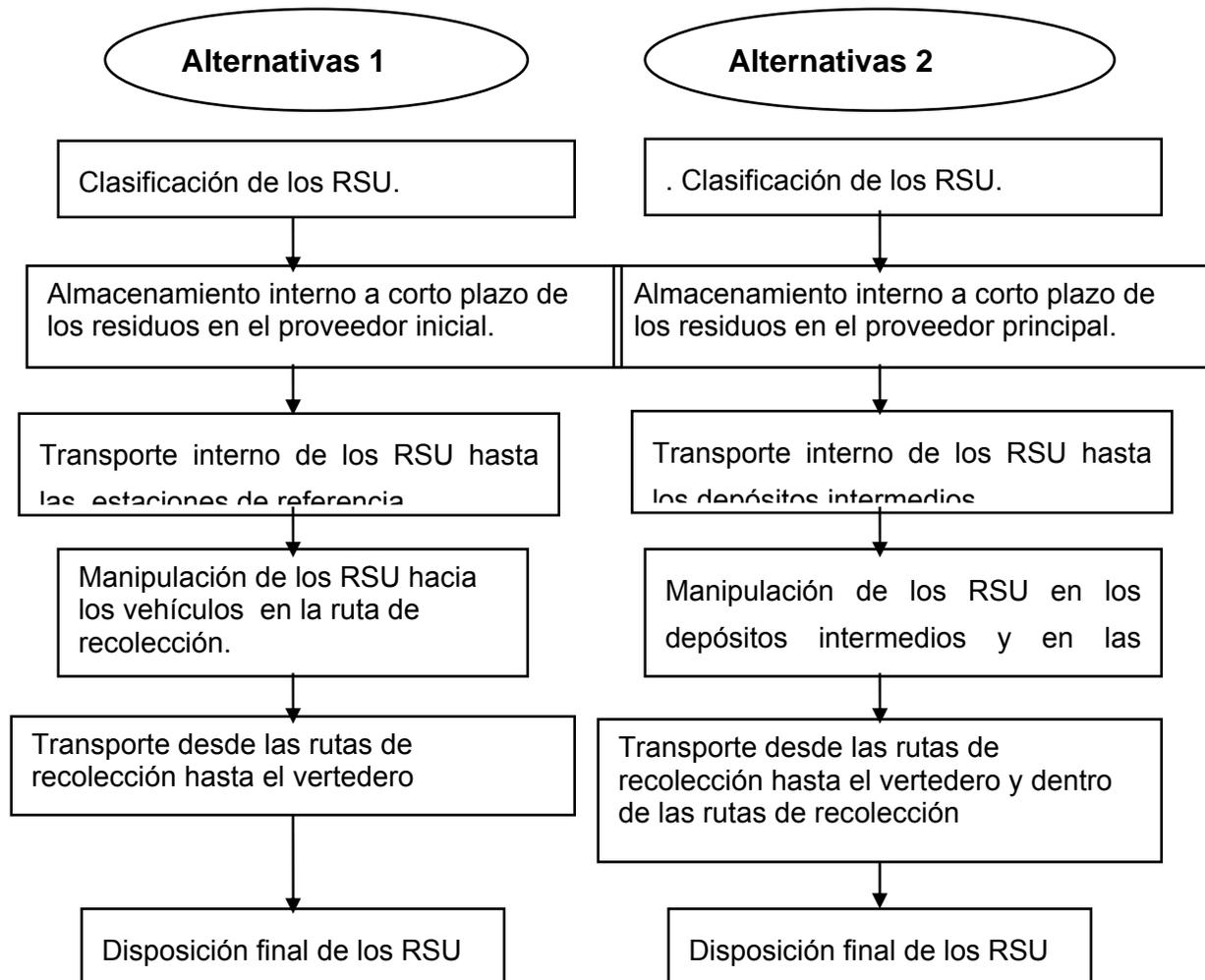
Leyenda:

1: Nivel de servicio; 2: Política de inventario; 3: Ubicación de los puntos de origen/destino; 4: Selección del tipo de transporte; E: Estratégico; T: Táctico; O:

Operativo

(Fuente: Elaboración propia)

Anexo 10: Diagramas representativos de la secuencia de actividades en cada proceso logístico para la recolección directa (Alternativa 1) y recolección indirecta (Alternativa 2) de los RSU (Fuente: Elaboración propia).



Anexo 11: Ejemplo del listado de necesidades informativas de cada uno de los componentes de la red logística en la cadena de suministro de los RSU

Componentes	Informaciones
Clientes finales	El volumen de los RSU que procesarán (vertederos). El precio de venta de los RSU reciclables.(comprador de residuos) El precio de ventas para los RSU que sean reutilizados (comprador de residuos).
Clientes principales	La cantidad de RSU que se recolecte diaria (estaciones de transferencias).
Proveedores principales	Capacidad de carga del vehículo que transporta los residuos. Las distancias desde cada centro hasta las estaciones de transferencias. Las vías de acceso a los mismos (carretera o terraplén). El equipamiento y la fuerza de trabajo disponible para la manipulación de los RSU.
Proveedores iniciales	Necesidad de envases para la clasificar de los RSU y cumplimiento de compromisos realizados
Cadena completa	Las pérdidas totales en manipulación, almacenamiento y transporte de los RSU.

(Fuente: Elaboración propia)

Anexo 12: normas de consumo de la de los vehículos en cada zona de recolección

ORIGEN	DTv (km)	DTt (Km)	DTr (km)	Cmr (Km/L)	Cmn (km/L)	Cb asg L	Tt (h)
Zona 1(mañana)	14	7	73	3.2	4.3	30	6
Zona 1 (tarde)	-	-	62	2.1	2.5	40	5.3
Zona 2	18	16	64	3.2	5.0	40	
Zona 3	16	14	67	3.2	5.0	40	5.5
Zona 4	15	14	64	3.1	2.5	30	4
Zona 5H	15	14	48	1.8	2.5	30	4.8
Zona 5SK	-	-	56	2.8	4.1	30	5.0
Zona 6N	14	13	61	2.9	4.3	30	5.3
Zona6S	14	13	58	2.5	3.1	30	5.0
Zona7V	16	14	43	1.7	2.5	40	5.0
Zona7JM	16	14	43	3.2	5.0	40	5.0
Zona8N	16	14	42	2.2	2.5	40	4.5
Zona8S	16	14	67	3.2	5.0	40	5.5
Zona9	14	12	42	1.9	2.3	60	8

(Fuente: Elaboración propia)

Leyenda:

Tt	Tiempo de transportación del medio de transporte por la ruta de recolección
DTV	Distancia total hacia el vertedero
DTt	Distancia total hacia el taller

DTr	Distancia total de recorrido
Cmr	Consumo de recogida
Cmn	Consumo normal
Cb asig	Combustible asignado

Anexo 13: Vehículos disponibles para el servicio de recolección de RSU.

Tipo de Vehículo	Marca y Modelo	Cantidad	Capacidad (m³)	Observaciones	Consumo Combustible km./litro De diesel
Camión compactador	Pegazo	2	27	Uno esta fuera de servicio.	5.
Camión compactador	Fiat Iveco	1	30		5.
Camión compactador	Chino	2	28		4
Camión	ZIL - 130	1	4	Camión plataforma con volteo	2,5.
Camión	Skoda	1	4	Camión plataforma con volteo	2,5.
Tractor	Yunz-6M	3	-		4
Carreta	Yunz-6M	2	6		

[Fuente: Elaboración Propia]

