



Logística verde: recuperación del PET en Medellín y su Área Metropolitana

Liliana Janneth Restrepo Montoya

Didier Alexis Restrepo Gutiérrez

Institución Universitaria Esumer
Facultad de Estudios Internacionales
Medellín, Colombia

2012

Logística verde: recuperación del PET en Medellín y su Área Metropolitana

Liliana Janneth Restrepo Montoya

Didier Alexis Restrepo Gutiérrez

Trabajo de investigación presentado para optar al título de:
Especialista en Logística Internacional

Director:

Pablo Zuluaga, Esp.

Codirector (a):

Alejandro Rozo, Esp.

Línea de Investigación:

Logística y gestión de la cadena de abastecimiento

Institución Universitaria Esumer
Facultad de Estudios Internacionales
Medellín, Colombia
2012

Resumen

Este trabajo de investigación establece una alternativa de solución al complejo problema de la contaminación provocada por los desechos de envases de plástico PET, en la ciudad de Medellín y su Área Metropolitana. Es tanta la magnitud del problema de los residuos generados en la zona objeto del estudio, que la masa crítica de los residuos sólidos urbanos alcanzan a estar compuestos hasta en 11% por elementos plásticos.

Ante esta situación y el grave impacto que está generando al deterioro acelerado de nuestro medio ambiente, la investigación que se presenta, establece propuestas de reciclaje y aprovechamiento de envases PET como una alternativa logística que puede aportar a la disminución del deterioro ambiental y en concordancia con lo anterior, se establecen las diferentes opciones de reciclaje PET y las oportunidades de uso del mismo en la industria del plástico, la cual, indudablemente es la gran beneficiada con las propuestas aquí expresadas.

Palabras clave: logística verde, PET, reciclaje, plástico, residuos, medio ambiente.

Abstract

This research establishes an alternative solution to the complex contamination problem, which is caused from waste plastic containers (PET) in the city of Medellin and its metropolitan area. The problem of waste in Medellin is critical; 11% of the solid domestic waste is made of plastic elements.

Due to the severe impact that this situation is causing to our environment, this research sets recycling proposals such as PET containers use, as an alternative that might reduce the environmental degradation. Different recycling options were

exposed on this research, as well as the ways that PET can be used in the plastic industry, which is undoubtedly the most benefited area with the ideas expressed on this research.

Keywords: Green logistics, PET, recycling, plastic, waste, environment.

Contenido

Lista de figuras.....	X
Lista de tablas	XI
Lista de Símbolos y abreviaturas.....	XIII
Introducción	1
1. Formulación del Proyecto	5
1.1 Antecedentes.....	5
1.1.1 <i>Estado del Arte</i>	6
1.2 Planteamiento del problema	8
1.3 Justificación	10
1.3.1 <i>Justificación teórica</i>	10
1.3.2 <i>Justificación social</i>	10
1.4 Objetivos.....	11
1.4.1 <i>Objetivo general</i>	11
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i>	11
1.5 Marco metodológico	11
1.5.1 <i>Método</i>	11
1.5.2 <i>Metodología</i>	11
1.6 Alcance.....	12
2. Ejecución del Proyecto	13
2.1 Marco teórico.....	13
2.1.1 <i>El PET</i>.....	13
2.1.1.1 <i>Evolución y desarrollo del PET</i>	13
2.1.1.2 <i>Propiedades y estructura del PET</i>	15
2.1.1.3 <i>Acondicionamiento del PET</i>	16
2.1.1.4 <i>Beneficios del PET</i>	17
2.1.1.5 <i>PET: envases amistosos con el medio ambiente</i>	19
2.1.1.6 <i>El PET y su disposición inadecuada</i>	20
2.1.1.7 <i>Usos y aplicaciones del PET</i>	21
2.1.1.8 <i>Hoja de manejo y seguridad del PET</i>	23

2.1.2	<i>Logística verde</i>	26
2.1.2.1	<i>Origen de la logística verde</i>	27
2.1.2.2	<i>Inductores de la logística verde</i>	28
2.1.2.3	<i>Componentes de la logística verde</i>	29
2.1.2.4	<i>Beneficios de la logística verde</i>	30
2.1.2.5	<i>Análisis de la situación</i>	31
2.1.2.6	<i>Logística verde en el mundo</i>	31
2.1.2.7	<i>Logística verde en Latinoamérica</i>	33
2.1.2.8	<i>Logística verde en Colombia</i>	34
2.1.3	<i>Consumo de PET</i>	35
2.1.3.1	<i>En el mundo</i>	35
2.1.3.2	<i>En Colombia</i>	37
2.1.4	<i>Reciclaje en América Latina</i>	41
2.1.5	<i>Política ambiental en Colombia</i>	50
2.1.5.1	<i>Normatividad legal</i>	50
2.1.5.2	<i>Leyes, decretos y resoluciones vigentes en el ámbito nacional:</i>	52
2.2	PET y reciclaje en Medellín y su Área Metropolitana	57
2.2.1	<i>Mercado del plástico</i>	57
2.2.2	<i>Materiales reciclables y el PET</i>	59
2.2.3	<i>Perfil social del reciclador en Medellín</i>	64
2.2.4	<i>Planes ambientales en Medellín</i>	66
2.2.4.1	<i>Esquema de operación del sistema de reciclaje en Medellín</i>	66
2.2.4.2	<i>Plan de gestión integral de residuos sólidos PGIRS</i>	68
2.3	Los residuos sólidos y su tratamiento	71
2.3.1	<i>Residuos sólidos</i>	71
2.3.1.1	<i>Residuos sólidos urbanos</i>	72
2.3.1.2	<i>Composición de los residuos sólidos urbanos</i>	73
2.3.1.3	<i>Manejo integral de residuos sólidos</i>	73
2.3.1.4	<i>Gestión integral de residuos sólidos</i>	74
2.3.2	<i>Reducción en la fuente</i>	77
2.3.2.1	<i>Recolección y separación de residuos plásticos</i>	79
2.3.3	<i>Recuperación y reciclaje de PET</i>	80
2.3.3.1	<i>Reciclaje mecánico pos-industrial (primario)</i>	80
2.3.3.2	<i>Reciclaje mecánico pos-consumo (secundario)</i>	81
2.3.3.3	<i>Reciclaje químico (terciario)</i>	82
2.3.4	<i>Recomendaciones para el Reciclado del PET</i>	83
2.4	Logística verde y la gestión de los residuos plásticos	85
2.4.1	<i>Elementos generales de la gestión de residuos plásticos</i>	85
2.4.1.1	<i>Disposición Final de residuos plásticos</i>	87
2.4.1.2	<i>Situación de la disposición final de residuos sólidos en Colombia</i>	89
2.5	Aprovechamiento del PET	91

2.5.1	<i>Situación ambiental del sector plástico</i>	91
2.5.2	<i>Aprovechamiento y valorización de los residuos plásticos</i>	93
2.5.3	<i>Propuestas de aprovechamiento del PET</i>	93
2.5.3.1	<i>Aplicación de los residuos del RPET (PET reciclado)</i>	96
3.	Conclusiones y recomendaciones	103
3.1	Conclusiones	103
3.2	Recomendaciones	104
	Referencias bibliográficas	107

Lista de figuras

	<u>Pág.</u>
Figura 1. Consumo de plásticos por sectores	39
Figura 2. Composición de residuos sólidos Medellín y Área Metropolitana	61
Figura 3. Manejo integral de residuos sólidos	74
Figura 4. Esquema para la gestión integral de residuos sólidos	75
Figura 5. Separación en la fuente: código de colores	76

Lista de tablas

	<u>Pág.</u>
Tabla 1. Normatividad nacional en materia ambiental	52
Tabla 2. Consumo aparente de las principales resina plásticas en Colombia	58
Tabla 3. Precios promedio en Medellín por tipo de material recuperado	60
Tabla 4. Volumen de reciclables que se genera en Colombia	62
Tabla 5. Datos generales de recuperación en Medellín	63
Tabla 6. Proyección de residuos recuperados en el Área Metropolitana	64
Tabla 7. Principales indicadores de la población de recicladores en Medellín	65
Tabla 8. Técnicas de aprovechamiento y disposición de residuos sólidos	88

Lista de Símbolos y abreviaturas

Lista de símbolos

- C. Indica el símbolo del Carbono.
- H. Indica el símbolo del Hidrogeno.
- O. Indica el símbolo del Oxígeno.

Lista de abreviaturas

- ANDI.** Asociación Nacional de Empresarios de Colombia.
- A-PET.** PET transparente.
- C-PET.** PET cristalizado.
- PC.** Policarbonato.
- PE.** Polietileno.
- PEAD.** Polietileno de alta densidad.
- PEBD.** Polietileno de baja densidad.
- PET.** Polietileno Tereftalato.
- PGIRS.** Plan Integral de Gestión de Residuos Sólidos.
- PO.** Polietileno orientado.
- PP.** Polipropileno.
- PS.** Poliestireno.
- PVC.** Policloruro de vinil.

RPET. PET reciclado.

Introducción

Actualmente, los materiales de plástico desempeñan un papel muy importante, debido a sus propiedades físicas y químicas como: elasticidad, maleabilidad, resistencia química y mecánica, impermeabilidad y resistencia al enmohecimiento, que no se encuentran en ninguno de los materiales que ofrece la naturaleza. Adicionalmente, sus bajos costos de producción con relación a otros materiales (por ejemplo, el vidrio), y la falta de normatividad ambiental y control en su uso, lleva a una extensa oferta de productos plásticos, a tal punto que se puede encontrar este material en cualquier lugar.

El uso intensivo de estos materiales está generando una problemática ambiental que tiene dos importantes variantes:

- La explotación de un recurso natural no renovable: el 4% del petróleo que se extrae en el mundo se utiliza para la fabricación de plásticos.
- Problemas de disposición y tratamiento de residuos: de acuerdo a proyecciones internacionales, dentro de los residuos urbanos los plásticos representan tan sólo el 7% en peso, frente a otros materiales como: textiles, vidrio, papel, cartón, metales y orgánicos; pero su baja densidad incide en que, en términos de volumen, los porcentajes se disparen hasta valores del 23%. Adicionalmente se tiene la acumulación de este tipo de residuos en los sitios de disposición, debido a que el tiempo de descomposición de los plásticos oscila entre 100 y 450 años.

Las soluciones a esta problemática son complejas y requieren en principio involucrar a todos los actores de la sociedad: gobierno, los diferentes sectores

industriales y los ciudadanos; es necesario generar cambios en los procesos productivos y en los hábitos de consumo, encaminados siempre hacia la búsqueda de un desarrollo sostenible de las ciudades y a una gestión adecuada de los residuos plásticos.

El fin de la logística verde es la coordinación de todas las actividades de la cadena de suministros, para satisfacer las necesidades del mercado, pero considerando otros gastos relacionados con el cambio climático, la contaminación y el deterioro del nivel de vida. Las operaciones logísticas en la actualidad son conducidas por un régimen donde las presiones ambientales, tales como la polución del aire, agua y el suelo, eficiencia energética del consumo de combustibles y minimizaciones de los desperdicios, son factores decisivos en el negocio.

El conocimiento de esta realidad ambiental hace que las empresas busquen mecanismos para minimizar el impacto generado por las actividades logísticas en el medio ambiente. Un ejemplo sobre lo mencionado, es la implementación de las Normas de la Serie ISO 14000 que crean una nueva área en la logística que es la logística verde, y comienzan a destinar para su reciclaje los productos resultantes de sus procesos productivos que antes eran descargados en el medio ambiente o quemados a cielo abierto, pasando de ser considerados basura y catalogándolos como materia prima reutilizable.

Sin duda alguna, uno de los materiales que presenta mayor posibilidad de aprovechamiento es el PET. Aunque la basura que se genera hoy en día es de tal volumen y magnitud que no hay tiempo para tratarla, la industria colombiana está haciendo la diferencia al emplear en su producción un material que usamos y desecharnos todos los días: botellas PET. El uso efímero que le damos a las mismas no se compara con la cantidad de años que se requieren para que ese material se degrade por sí mismo. En grandes ciudades se pueden recolectar más de 2,700 envases de PET por día.

Atentas a esta situación, en Colombia existen varias empresas, por ejemplo Enka de Colombia y Eko, que basan su producción en material reciclado a partir de botellas PET.

Lo más importante y significativo de este proceso, es que se está generando un movimiento que no sólo está contribuyendo con la vida útil de los rellenos sanitarios, sino que se le está dando una ayuda al planeta al ahorrar energía, pues es más barato procesar el PET que utilizar otros materiales; y por otro lado, el gremio de empresarios y consumidores ha reaccionado de manera muy positiva. Por donde se le mire, se convierte en un negocio muy atractivo.

En ciudades como Medellín se ha encontrado que gracias al cambio de visión que se está gestando del reciclaje, al considerarlo una labor productiva, que le genera beneficios económicos y ambientales a sus comunidades, es posible desarrollar experiencias productivas que se conviertan en creadoras de empleo. Esto sumado al aprovechamiento que podría dársele al PET puede convertir a Medellín en la ciudad pionera del reciclaje de esta resina en el país.

1. Formulación del Proyecto

1.1 Antecedentes

En el boletín económico de ICE emitido en el año 2002, artículo “La logística inversa como fuente de ventajas competitivas” escrito por Unai Tamayo Orbegozo, Jose Domingo Garcia Merino y Vicente Ruiz Herran se define la logística inversa como “la reutilización, la refabricación y reciclaje de un producto” lo cual habla implícitamente de la gestión medioambiental, la cual adquiere una importancia relevante dentro de la estrategia corporativa. Mencionan que la actuación logística está directamente vinculada con el medio ambiente. Por ello consideran que los aspectos medioambientales justifican un nuevo planteamiento en esta materia. En este sentido, la configuración de un plan medioambiental logístico como elemento de mejora continua se presenta como una herramienta de gestión muy útil, es decir, que las actividades propias de reutilización, re fabricación y reciclaje de materiales implementadas en el contexto de la gestión medioambiental pueden ser generadoras de valor y fuente de ventajas competitivas. (Tamayo y Ruiz, 2002).

Posteriormente en la tesis doctoral “El sistema de logística verde en la empresa: análisis y aplicaciones” realizada por Sergio Rubio Lacoba en el 2003, el autor sostiene firmemente la idea de que la recuperación de los productos y materiales desechados por los consumidores presentan grandes oportunidades para las empresas, que pueden lograr ventajas competitivas sostenibles a través de una gestión eficiente de los mismos. (Rubio, 2003).

En el año 2006 se publica en la revista Ingeniería y Desarrollo el artículo llamado “Logística Inversa: una herramienta de apoyo a la competitividad de las organizaciones” en la cual los autores amplían los conceptos de logística inversa y logística verde, y comentan como hasta hace un tiempo, todo lo que no se consideraba normal era desechado, lo cual generaba costos, problemas y muchas otras implicaciones no convenientes para el buen desempeño; pero ahora se considera que las fuentes de mejoramiento se encuentran, precisamente en estos eventos, de los cuales se puede sacar un beneficio antes no imaginado o, por lo menos, evitar incurrir en los costos o perjuicios al desempeño que éstos puedan representar, coincidiendo con los autores anteriores en que la logística verde representa una ventaja competitiva para las organizaciones, además del beneficio que lleva a la conservación del medio ambiente.

En la tesis “Análisis de factibilidad técnico económico para el reciclaje de PET que han contenido aceite” realizada por Marcela Peñuela Morales y Laura Espinoza Gomez en 2005 se afirma que en nuestro país el crecimiento en el uso de los materiales reciclados no ha sido acorde con la tecnología desarrollada para el aprovechamiento y desarrollo de estos, por lo cual ha surgido la necesidad de crear diferentes opciones para el proceso de reciclaje con el fin de disminuir los niveles de impacto en el entorno y ofrecer nuevas alternativas de empresa.

1.1.1 Estado del Arte

En el año 2007 en la revista Scientia et Technica de la universidad tecnológica de Pereira, se publica un artículo escrito por Diana Paola Ballesteros y Pedro Pablo Ballesteros Silva en el cual confirman que la logística inversa ha comenzado el desarrollo de una fuerte revolución empresarial y puede llegar a convertirse en una muy buena oportunidad de negocios, que cumpliendo con las disposiciones legales de cada país será una estrategia corporativa para rescatar y preservar lo que nos queda del medio ambiente. Su potencial crecimiento también puede atenuar o disminuir los costos logísticos directos en las organizaciones. (Ballesteros y Ballesteros, 2007).

En la tesis “Diseño del Sistema Logístico de la Cadena de Abastecimiento del Desperdicio y Desecho del Vidrio en Colombia para Exportar a Chile” realizada en el año 2010 por Sandra Patricia Alfonso, Mariam Facio Lince e Ingrid Johanna Luis, estudiantes de la facultad de Administración de la Universidad del Rosario, se expone que existen diversos casos que se consideran que son una demostración de los diversos beneficios económicos con esta mentalidad de desarrollo sostenible (logística inversa), además de ser un tipo de motivación para que el resto de las empresas se interesen en trabajar en estos temas ambientales y así, diversos sectores se vean beneficiados.

En el país existe el Consejo Empresarial Colombiano para el Desarrollo Sostenible (CECODES), que se encuentra formado por empresas que piensan que el tema de desarrollo sostenible es una iniciativa para alcanzar una mayor rentabilidad, teniendo en cuenta que se puede mejorar el modo de vivir de los ciudadanos y también hacer una mejor utilización de los recursos naturales. Uno de los objetivos del CECODES es orientar a sus miembros con el fin de que éstos desarrollen y ejerzan actividades con las cuales puedan mejorar permanentemente y obtener una armonía entre los objetivos sociales, económicos y sobretodo ambientales, garantizando un desarrollo sostenible dentro del territorio nacional.

En el año 2010 en la página de internet CSL News “noticias y actualidad del mundo de la logística” la columnista Cyntia Aceves Gutiérrez publica el artículo llamado “La logística Verde, el nicho de oportunidad del momento”, donde se comenta que con el aumento de la conciencia ecológica en los consumidores, la consolidación del marco legal para el cuidado ambiental, y el desarrollo de materiales reciclables, la logística verde se erige como nicho de oportunidad para nuevos negocios. Además, que es necesario crear una conciencia social tanto en las empresas, como en los gobiernos en donde se implementen programas de concientización ambiental. Es importante que los responsables de las funciones

logísticas tanto a nivel empresarial como gubernamental desarrollen líneas de acción para la logística verde como: creación de MIPYMES de reciclaje, industrias de reciclaje y cooperativas de recicladores, las cuales se convierten en parte de la estrategia de reducción del impacto ambiental generado por una compañía y son parte central de su estrategia de sustentabilidad. (Aceves, 2010).

En el artículo “PET: Nuevas aplicaciones, nuevas tecnologías” de la versión digital de la revista Plástico, publicado en Agosto de 2011; el autor habla sobre el polietileno tereftalato, más conocido como PET por sus siglas en inglés, al cual se refiere como el rey indiscutible en muchas aplicaciones de empaque, gracias a sus excelentes propiedades ópticas y de barrera. Asevera además que la sostenibilidad es ahora la meta de los proveedores de tecnología: diseños que reducen el consumo de materia prima, mayor eficiencia energética en el procesamiento y nuevas alternativas en reciclaje son las tendencias que hoy rigen el mercado.

1.2 Planteamiento del problema

La ciudad de Medellín y su área metropolitana cuenta con una población de 3'591.963 habitantes, los cuales presentan una producción per-cápita de residuos sólidos en promedio de 0,39 kg./hab.-día, sin tener en cuenta la producción comercial, institucional e industrial.

Se estima que en Colombia se consumen 60.000 toneladas anuales de envases PET, de las cuales sólo se recicla el 28% (el consumo anual crece el 9% cada año), el resto se dispone en tiraderos o rellenos sanitarios. De esta manera, cuando se lleva a cabo una inadecuada disposición final de los residuos sólidos, en este caso de PET, se pueden presentar algunos de los siguientes efectos:

- Riesgos asociados a la salud de los habitantes de Medellín y su área metropolitana, debido a la conservación de residuos y contaminación en el interior de los envases.
- Saturación de los rellenos sanitarios como consecuencia de las dimensiones de las botellas de PET, y su lento proceso de degradación. Esta acumulación conlleva a la invasión de espacios públicos, zonas verdes y reduce en gran medida la utilidad de los rellenos sanitarios.
- Otros tipos de contaminación, como la visual, referente a la falta de cultura del reciclaje y el alto índice de consumo que se presenta en la ciudad y sus alrededores, que hacen que su disposición final no sea la adecuada.

La contaminación ambiental generada por los envases PET es generada en gran parte por la falta de cultura del reciclaje que poseen los habitantes de la ciudad, la cual está relacionada con el desconocimiento del impacto ambiental del residuo. Adicionalmente, se le suma la insuficiencia de los servicios de recolección municipales.

También, se pueden considerar como posibles causas:

- El alto índice de consumo de envases PET: principalmente presente en productos embotellados como: agua, jugos, gaseosas, productos de cocina y de limpieza, entre otros.
- Falta de promoción de los programas de educación en reciclaje y disposición final de residuos que tengan como objetivo la capacitación de la población.
- Falta de medidas de sensibilización para motivar la toma de conciencia en el aspecto del reciclaje.

Para resolver esta problemática se requiere una gestión integral de los residuos sólidos urbanos entre los entes gubernamentales, los habitantes de la ciudad y el gremio industrial; además de la orientación hacia la recuperación, aprovechamiento y valorización como recursos susceptibles de reutilización.

1.3 Justificación

En Colombia, específicamente en Medellín, y en el contexto internacional, el estudio, la participación y la integración para detener el deterioro ambiental es prioritario. La crisis ambiental actual trasciende las fronteras de los países y es necesario establecer estrategias a nivel nacional, departamental y local, para la utilización racional y equitativa de los recursos naturales, y minimizar los residuos de la actividad humana, como es el caso de los envases vacíos de PET, lo cual se puede lograr a través de la aplicación de herramientas de logística verde.

Esta investigación analiza los impactos ambientales, ocasionados por la disposición inadecuada de los envases de plástico PET pos-consumo, los resultados obtenidos y la problemática que representa al respecto.

1.3.1 Justificación teórica

A través de esta investigación se podrá realizar un aporte sobre el concepto y aplicación de la logística verde tanto para las empresas como para los ciudadanos del común, contribuyendo así a la identificación de esta nueva modalidad de la logística como una herramienta de competitividad y la oportunidad para generar nuevos negocios a través de su implementación.

1.3.2 Justificación social

A través de esta investigación será posible dar a conocer la definición de logística verde y su aplicación, generando conciencia sobre el medio ambiente y su protección. Al mismo tiempo se pretende que a través de la aplicación de la logística verde se generen oportunidades de negocio que conlleven a la generación de empleo de rentabilidad para la sociedad colombiana.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Identificar mediante el proceso de logística verde el potencial de utilización que se puede encontrar con el reciclaje del PET en Medellín y su Área Metropolitana, y plantear diferentes escenarios para el aprovechamiento del residuo.

1.4.2 Objetivos específicos

- Estimar la generación de residuos sólidos, específicamente de PET que se generan en Medellín y su Área Metropolitana.
- Promover la clasificación en la fuente.
- Utilizar la logística verde para la recolección del PET.
- Plantear propuestas de aprovechamiento para mitigar el impacto en el medio ambiente.

1.5 Marco metodológico

1.5.1 Método

Esta investigación está orientada bajo el método deductivo, ya que se pretende a partir del concepto general de logística verde determinar estrategias de aprovechamiento del PET y sus residuos.

Está clasificada según su objetivo en bibliográfica, ya que está dirigida a una investigación documental y al desarrollo de una aplicación que servirá de apoyo para una organización y/o grupo de personas interesadas en la adaptación de la logística verde en la cadena de suministro.

1.5.2 Metodología

Inicialmente se aborda la investigación con la definición de los términos propios y/o relacionados con la logística verde.

Luego, se procede con la investigación bibliográfica, con el fin de conocer que se ha escrito acerca de la logística verde y su relación con la oportunidad de aprovechar los productos y desechos generados durante el ciclo de la cadena de suministro.

En esta parte se abarcan tres fuentes principales: primaria, secundaria y terciaria. Para este caso, se aborda el tema de acuerdo a las recomendaciones de Hernandez Sampieri para la búsqueda de la bibliografía de interés:

- Acudir directamente a las fuentes primarias u originales, cuando se conozca bien el área de conocimiento en donde se realiza la revisión de la literatura.
- Acudir a expertos en el área para que orienten la detección de la literatura pertinente y a fuentes secundarias, y así localizar las fuentes primarias.
- Acudir a fuentes terciarias para localizar fuentes secundarias y lugares donde puede obtenerse información, y a través de ellas detectar las fuentes primarias de interés.

Posteriormente se procederá con la elaboración de estrategias y técnicas para el análisis del proceso de logística verde, con el fin de identificar oportunidades de aprovechamiento o de negocio.

A medida que se vaya abordando esta metodología se elaboraran informes parciales mensuales y se asistirá a las asesorías programadas con el director de tesis.

1.6 Alcance

Este trabajo realiza el análisis del consumo de PET en Medellín y su Área Metropolitana en la última década, contrastado con el uso de la logística verde como herramienta para el aprovechamiento de los residuos generados en el consumo de PET, y apoyado en la legislación ambiental colombiana.

2. Ejecución del Proyecto

2.1 Marco teórico

2.1.1 El PET

2.1.1.1 Evolución y desarrollo del PET

El Polietileno Tereftalato (PET), fue patentado como un polímero para fibra por J. R. Whinfield y J. T. Dickson en 1941. La producción comercial de fibra de poliéster comenzó en 1955; desde entonces, el PET ha presentado un continuo desarrollo tecnológico hasta lograr un alto nivel de sofisticación basado en el crecimiento de la demanda del producto a escala mundial y a la diversificación de sus posibilidades de uso.

Desde 1941 Whinfield y Dickson junto con los inventores W. K. Birtwhistle y C. G. Ritchie they crearon la primera fibra de poliéster llamada Terileno. La segunda fibra de poliéster en aparecer fue el Dacrón de DuPont. Unos años después, a mediados de la década de los 50, se comienza a utilizar el PET para la fabricación de láminas. Las fibras y laminas de PET y las botellas fabricadas por inyección-soplado se someten a estiraje durante la misma fabricación, alcanzando una resistencia mecánica excelente y evitando de esta manera llegar a ser un material quebradizo.

En los inicios del uso del PET no era posible inyectarlo ni extruirlo ya que las piezas de pared gruesa tenían estructura macrocristalina irregular, ya que la velocidad de cristalización de este material es lenta. En 1966 se consiguió fabricar productos con alto grado de cristalinidad (C-PET), con estructura microcristalina uniforme, con la introducción de aditivos y productos idóneos.

Posteriormente se logro también fabricar las variantes amorfas y completamente transparentes (A-PET).

A partir de 1976 se comenzó a usar el PET para la fabricación de envases ligeros, transparentes y resistentes principalmente para bebidas, sin embargo el PET ha tenido un desarrollo extraordinario para empaques. A lo largo de los años que lleva en el mercado, el PET se ha diversificado en múltiples sectores sustituyendo a materiales tradicionales o planteando nuevas alternativas de envasado impensables hasta el momento.

Esta diversificación tan importante ha originado que el PET haya experimentado un gran crecimiento en su consumo y que siga siendo el material de embalaje que actualmente presenta las mayores expectativas de crecimiento a nivel mundial.

El PET ha tomado forma como el material a escoger para recipientes no utilizados para alimentos. Un rápido decrecimiento en los precios de las resinas desde mediados de 1996, ha estimulado esta dinámica entre los productores y sus clientes. Así como en la industria de alimentos y bebidas ya se había descubierto, el PET también ofrece un rango amplio de propiedades para productos de sectores diferentes al de alimentos, que permiten que los requerimientos de procesamiento, funcionales, estéticos y de mercado converjan en una estrategia de negocios unificados.

Los precios de la botella de PET se encuentran en un nivel competitivo frente a resinas como el Policloruro de vinil (PVC), Polietileno (PE) y Polipropileno (PP) en una base global, en áreas de aplicación como cosméticos, industria farmacéutica, cajas y productos para el cuidado personal y de salud; anteriormente el PET era excluido de muchas de estas aplicaciones. Esta diferencia de precios se hace más significativa en el campo de recipientes no utilizados para alimentos, debido a los pequeños montajes de producción y a los diseños más especializados.

La inclinación hacia el PET para empaques viene en gran parte a expensas del PVC, PE, PP para extrusión y moldeo por soplado, los cuales han sido

tradicionalmente los materiales usados para estas aplicaciones. Sin embargo esas resinas continúan siendo fuertes contenedores a pesar del crecimiento del PET.

2.1.1.2 Propiedades y estructura del PET

El PET es un material fuerte de peso ligero de poliéster claro. Se usa para hacer recipientes para bebidas suaves, jugos, agua, bebidas alcohólicas, aceites comestibles, limpiadores caseros, y otros. Es denominado como un material “cristalizable”, es decir, que se puede mantener amorfo o semicristalino, dependiendo de las condiciones de proceso utilizadas.

Propiedades

- Propiedades térmicas: la temperatura de transición vítrea (T_g), que es la que permite el aumento de la densidad, la dureza y la rigidez, puede cambiar apreciablemente dependiendo del contenido de humedad del polímero. La humedad reduce el valor de T_g .
- Propiedades eléctricas: es un material con muy buenas propiedades eléctricas, indicadas por su alta rigidez dieléctrica y resistencia transversal. Es un buen aislante térmico.
- Propiedades ópticas: la transparencia y la permeabilidad a la luz en todos los rangos de longitud de onda del PET pueden ser muy diferentes dependiendo de la estructura química de éste. En general, posee una permeabilidad a la luz en el rango visible, del orden del 80% al 90%, valor comparable con el vidrio.
- Permeabilidad a los gases: es muy resistente al paso de aromas, tiene buena resistencia al paso del CO_2 . La permeabilidad del PET al vapor de agua y al oxígeno es buena.
- Resistencia a agentes químicos: resistente a ácidos y bases débiles, aceites, grasas, hidrocarburos alifáticos y aromáticos, tetracloruro de carbono. No resiste ácidos y bases fuertes, fenoles, ni la acción prolongada de agua caliente (hidrólisis). El PET es una sustancia no polar.

- Resistencia a la intemperie: aunque es buena, se puede mejorar por la estabilización del polímero con negro de humo.
- Combustibilidad: arde con hollín y su llama es amarillo-naranja, gotea y produce un olor aromático dulce.
- Compatibilidad fisiológica: se considera fisiológicamente inerte.

Estructura del PET

La unidad estructural es la unidad repetida, mientras más alto es el peso molecular (n) mejores son las propiedades; típicamente “n” estará dentro del rango de 100 a 200.

Siendo un polímero, las moléculas de tereftalato del polietileno consisten en cadenas largas de unidades repetidas que sólo contienen el carbono (C), oxígeno (O) e hidrógeno (H), todos elementos orgánicos.

Formula química: $\text{HO} - [(\text{CH}_2)_2 - \text{OOC} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{COO}]_n - (\text{CH}_2)_2 - \text{OH}$.

Formula molecular: $(\text{C}_{10}\text{H}_8\text{O}_4)_n$.

2.1.1.3 Acondicionamiento del PET

El PET absorbe fácilmente humedad del ambiente, por tanto debe ser secado adecuadamente antes de ser procesado, con el fin de prevenir la degradación hidrolítica del polímero, la cual se refleja en una pérdida de sus propiedades por efecto de una disminución de la viscosidad intrínseca, que genera un decremento del peso molecular. Debido al rompimiento de las cadenas del polímero, se disminuye la dureza y resistencia del producto final, modificando las propiedades del flujo, provocando que se adhieran partes del material al molde y aparezcan marcas sobre la superficie del artículo. El contenido de humedad final del material antes de ser transformado, debe ser del orden de 0.005% (50ppm) o menor.

En el PET la humedad no solo se encuentra en la superficie, sino que se transporta en el interior del granulo por difusión, es por esta razón que el secado es diferente al realizado en otros materiales. Debido a la penetración de la

humedad, se requieren tiempos relativamente largos y altas temperaturas de secado.

Es la fuerza del material la que contribuye para hacer del PET el éxito que es. De hecho, las bebidas suaves carbonatadas pueden generar presión dentro de la botella que alcanza los 6 bar. Tan alta presión es permitida en la botella gracias a la alineación de macro-moléculas (cristalización) ocurriendo ambos durante el proceso de hilado de la resina y el soplo-moldeado, la presión no es capaz de deformar la botella, ni de hacerla explotar.

A lo largo de los años, la industria ha asumido las preocupaciones medioambientales cada vez más, disminuyendo la cantidad de material crudo necesitado para la fabricación de botellas significativamente. Hoy día, un recipiente de PET de 1.5 litros es manufacturado con sólo 35 gramos de material. Otro rasgo llamativo de PET en el lado medioambiental es que es totalmente reciclable. Fue en 1977 que la primera botella fue reciclada y se convirtió en la base de una nueva botella. Pronto la industria de fibra descubrió la "nueva" fuente de material y empezó a usarlo para hacer textiles y alfombras. Hoy en día el proceso de reciclado está creciendo y el mercado de fibra aun es mayor para el PET recuperado.

Las razones principales que mantienen el éxito de los recipientes de PET son que, gracias a la estructura molecular del material, es irrompible. Lo que es más, el empaquetamiento con PET es ligero, transparente y resellable. Otra ventaja del material reside en sus propiedades físicas que permiten gran libertad en el diseño de empaques.

2.1.1.4 Beneficios del PET

Los envases y botellas de PET han sido considerados internacionalmente como envases de excelencia, por sus propiedades y características. Permite minimizar el uso de agua potable para el lavado de envases, También es un material

aprobado internacionalmente para su uso en productos alimenticios y otras aplicaciones. Entre sus beneficios se puede encontrar:

- Su producción es limpia y de bajo consumo de energía.
- Se requiere de cantidades mínimas de material para fabricar un envase, optimizando la relación con el envasado, lo que reduce el peso de los residuos.
- El material ofrece altos niveles de seguridad para consumidores y público en general.
- Permite optimizar la logística de transporte y distribución, por lo tanto se logra disminuir las emisiones ambientales.
- Tiene gran versatilidad y su composición química es simple.
- Los envases de PET son una gran ayuda en los desastres naturales por su resistencia.
- Son 100% reciclables.

Las características más importantes del PET virgen son:

- Alta rigidez a la dureza.
- Altísima resistencia a los esfuerzos permanentes.
- Superficie barnizable.
- Gran indeformidad al calor.
- Muy buenas características eléctricas y dieléctricas.
- Alta resistencia a los agentes químicos y estabilidad a la intemperie.
- Propiedades ignífugas en los tipos aditivados.
- Alta resistencia al plegado y baja absorción de humedad que lo hacen muy adecuado para la fabricación de fibras.
- Características favorables de creep (deslizamiento, fluencia).
- Superficie dura.
- Estabilidad dimensional.
- Buenas propiedades de deslizamiento y de desgaste (excelentes propiedades tribológicas).
- Propiedades eléctricas.

- Medianas propiedades dieléctricas.
- Resistencia química.

2.1.1.5 PET: envases amistosos con el medio ambiente

El calentamiento global y el desarrollo sustentable constituyen hoy una de las principales preocupaciones de los mercados desarrollados. En este sentido, la forma de producir, en qué se envasa y cómo se distribuye cualquier producto, ha pasado de ser una exigencia legal a una estrategia comercial.

Por estas razones, se debe poner especial cuidado en el envasado de sus productos, en envases de materiales responsables con el medio ambiente que incluso, en su proceso de producción, transporte y distribución sean lo menos contaminantes posible.

La respuesta ante este imperativo está en el uso de plásticos, en especial el PET, un "material noble" usado ampliamente en los mercados de bebidas carbonatadas, aguas minerales, jugos, aceite comestible, cervezas, licores y vinos, entre otros. Se trata de una tendencia mundial que busca desarrollar envases y/o contenedores para productos más amigables con el medio ambiente. Los argumentos esgrimidos por especialistas para masificar este tipo de envase son que estos se pueden reciclar más fácilmente, son más livianos y cuando caen tienden a rebotar en vez de romperse en pedazos.

Los beneficios de los envases PET tienen ventajas tanto en la naturaleza de su constitución de materia prima, como en toda la cadena logística de su proceso productivo: en primer lugar, el proceso de producción del PET requiere menos energía para su fabricación que otros materiales de empaque. Lo mismo ocurre en su fase de reciclaje, dado que la fundición de PET requiere menos energía que los materiales tradicionales. Otra ventaja es el transporte. El menor peso de los envases PET permite a los camiones gastar una cantidad considerablemente menor de combustible.

En este contexto, consecuencia del Tratado de Kyoto, los procesos de producción cayeron bajo la mira de las autoridades, quienes establecieron como criterios de contaminación la cantidad de material y energía utilizados durante su fabricación (medición conocida en Europa como MIPS, sigla en inglés de "Intensidad de Materiales por Unidad de Servicio", un concepto de la desmaterialización propuesto por el Instituto Wuppertal de Alemania).

Es aquí donde el PET asoma como "material noble" y toma la delantera, pues, según un estudio de la Universidad Antonio Lebrija, de Madrid, y avalado por el Parlamento Europeo, otros envases por ejemplo de 750 ml pueden llegar a ser hasta 20 veces más pesados que el de PET y consumir 77 veces más energía y material. A esto hay que sumar que los envases de PET son reciclables y hoy en día, ofrecen soluciones de barrera al oxígeno de alta efectividad, lo que permite alargar la vida útil del líquido a contener (shelf life).

2.1.1.6 El PET y su disposición inadecuada

El principal problema ambiental del PET es su disposición, ya que una vez que se convierte en residuo, es notoria su presencia en las quebradas y en los drenajes, provocando taponamiento y dificultades en los procesos de limpieza, facilitando inundaciones en las calles y generando basura en bosques, océanos y vías.

A pesar de que las características físicas y químicas que aseguran que este material es inerte en el medio ambiente, el impacto visual que produce su inadecuada disposición es alto y perceptible para la población.

Se sabe que cada año millones de botellas de PET son lanzadas a las vías públicas, bosques y playas. Una botella de PET tarda hasta 500 años en degradarse.

Es por ello, que impulsar el reciclaje nacional del PET es una medida urgente, primero por lo que respecta a la limpieza pública y el manejo eficaz de la gestión

integral de los residuos para evitar su acumulación en los rellenos sanitarios, y también por que es preciso transitar hacia una economía sustentable que ahorre materia prima y recursos energéticos.

Reducir la demanda de botellas de PET es un paso esencial en la concientización de la reducción de los residuos. De acuerdo con un estudio del Environmental Products Inc (EPI), cada segundo se tiran a la basura 1.500 botellas de PET en el mundo. También demostró que los estadounidenses consumen anualmente alrededor de 26 mil millones de litros embotellados. Lo anterior equivale a 17 millones de barriles de petróleo usados (que podrían abastecer a cien mil autos por año), la emisión de 2 millones de toneladas de gases de efecto invernadero a la atmósfera, y 100 mil millones de dólares gastados, que servirían para que cada persona en el Planeta tuviera acceso al agua potable.

2.1.1.7 Usos y aplicaciones del PET

Cada vez más se abren nuevos campos de aplicación y se desarrollan botellas PET de alta calidad y reducido peso, entre sus aplicaciones más importantes están:

Envases y Empaques:

La mayoría de los envases que se utilizan en la vida cotidiana están elaborados con PET, debido a que se protege el producto y se facilita el transporte por su resistencia y bajo peso comparado con el vidrio. Los envases tienen que reunir los nuevos requisitos que exigen los consumidores, el comercio y la protección del medio ambiente. A parte de ser aptos para su función elemental, los envases han de ofrecer la posibilidad de fabricarlos económicamente, de reutilizarlos razonablemente y de eliminarlos con seguridad al final de su ciclo de vida. El PET, conocido también como poliéster termoplástico, reúne un alto porcentaje de dichos requisitos.

El PET está reemplazando al vidrio, pero no solo eso, sino también y en medida creciente al PVC y otros plásticos con los que todavía se fabrican botellas y envases similares de consistencia sintética.

La participación del PET dentro de este mercado es en:

- Bebidas carbonatadas.
- Agua purificada.
- Aceite.
- Conservas.
- Cosméticos.
- Detergentes y productos químicos.
- Productos farmacéuticos.

Segmento electro-electrónico:

Este segmento abarca diversos tipos de películas y aplicaciones; desde las películas ultradelgadas para capacitores de un micrómetro o menos hasta de 0.5 milímetros, utilizadas para aislamiento de motores. Los capacitores tienen material dieléctrico, una película PET empleada para telecomunicaciones y aparatos electrónicos entre otros.

Fabricación de piezas técnicas:

El PET reforzado con fibra de vidrio o sin reforzar, tiene gran importancia en la fabricación de piezas resistentes al desgaste (cojinetes, piezas de cerraduras, ruedas dentadas); además se elaboran productos que requieren de sus propiedades ignífugas (incombustibles), dieléctricas, térmicas y de estabilidad dimensional.

Fibras de poliéster:

El PET es prácticamente el termoplástico comercialmente más importante en la obtención de fibras como poliéster. Normalmente estas fibras se utilizan en prendas de vestir mezcladas con algodón o lana. Debido a su resistencia, el PET

se emplea en telas tejidas y cuerdas, partes para cinturones, hilos de costura y refuerzo de llantas. Su baja elongación y alta tenacidad se aprovechan en refuerzos para mangueras. Su resistencia química permite aplicarla en cerdas de brochas para pinturas y cepillos industriales.

2.1.1.8 Hoja de manejo y seguridad del PET

Esta hoja de seguridad fue creada por el Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial y contiene información básica sobre el PET. Incluye aspectos como sus propiedades, riesgos, como usarlo de manera segura y que hacer en caso de emergencia.

I. Identificación de la sustancia

- Nombre comercial: PET
- Uso previsto: Polímero de poliéster de tipo industrial para hilos de alta tenacidad, aplicaciones de empaque, textiles y otros.

II. Composición - información sobre los ingredientes

- Polientilen tereftalato: CAS No. 25038-59-9
- Formula química: $\text{HO} - [(\text{CH}_2)_2 - \text{OOC} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{COO}]_n - (\text{CH}_2)_2 - \text{OH}$.

III. Identificación de peligros

En caso de sobreexposición, puede ser dañino por inhalación, ingestión o por contacto directo con la piel. Puede causar irritación en los ojos y en la piel.

IV. Medidas de primeros auxilios

- Por inhalación: respire aire fresco.
- Por contacto con la piel: lave con abundante agua.
- Por contacto con los ojos: En caso de contacto, inmediatamente enjuague los ojos con abundante agua al menos durante 15 minutos. Consulte un médico.
- Por ingestión: No es toxico. Lave la boca con agua y consulte un médico

- Por contacto con polímero fundido: Si hay quemaduras, enfríe el material fundido adherido a la piel tan rápido como sea posible con agua fría y acuda a un doctor para remover el polímero adherido.

V. Medidas de lucha contra incendios

- Medios de extinción adecuados: Agua, polvo químico o CO₂.
- Especial exposición al peligro: Use equipos de auto contenido para proteger de inhalación de humo mientras apaga el incendio.

VI. Medidas a tomar en caso de vertido accidental

- Usar respirador para vapores orgánicos, gafas tipo goggles, botas de caucho y guantes de caucho para trabajo pesado.
- Barrer y recoger el gránulo en bolsas de desecho, evitando que se levante polvo. Ventilar el área y lavar el sitio después de que se ha recogido el material completamente.

VII. Manipulación y almacenamiento

Los gránulos son suministrados en supersacos con bolsa interna de polietileno y bolsa externa de polipropileno. Cada supersaco posee 4 orejas en la parte superior. Adicionalmente, para su descarga posee dos bocas con sello de seguridad en la parte superior y en la inferior.

- Manipulación: Los supersacos deben ser manipulados con camiones adecuados o contenedores. Adicionalmente, para su adecuada manipulación se requiere de montacargas. Para su traslado, deben ser manipuladas las orejas o con la estiba. No trate de descargar el material por la parte inferior de los supersacos, abriéndolos cuando estén izados; en el caso que procedimientos similares sean requeridos, se deben adecuar medidas de protección necesarias.

- Almacenamiento: Se debe almacenar en un lugar seco, fresco y protegido del sol. Requiere sistema de ventilación. El piso debe ser nivelado y firme. El arrume debe hacerse colocando los supersacos de los dos primeros niveles uno sobre otro, y el supersaco del tercer nivel apoyado sobre los dos supersacos del segundo nivel. Deje pasillos libres (de al menos 2.8 m) entre grupos de supersacos para el paso del montacargas o equipo contra incendios y un espacio libre de al menos 0.5 m entre sacos y cualquier rociador. Las personas no deben escalar los arrumes.

VIII. Controles de exposición-protección personal

Es recomendable usar respirador para vapores orgánicos, gafas tipo goggles, botas de caucho y guantes de caucho para trabajo pesado.

IX. Propiedades físicas y químicas

- Apariencia: Gránulos cilíndricos pequeños
- Olor: Inodoro
- Gravedad y densidad específica: Aprox. 1.35 - 1.40
- Punto de fusión: Máx. 2600C- Max. 500 °F
- Temperatura de autoignición: 4500C - 842 °F
- Solubilidad en agua: Insoluble

X. Estabilidad y reactividad

Es estable bajo condiciones normales.

XI. Información toxicológica

No está clasificada como peligrosa.

XII. Informaciones ecológicas

Biodegradabilidad: no es biodegradable.

XIII. Consideraciones relativas a la eliminación

Reciclabilidad: es reciclable

XIV. Información para el transporte

No clasificado como peligroso

XV. Información reglamentaria

Aprobaciones: La resina de PET es aprobada para tener contacto con alimentos, aguas, bebidas gaseosas, aceites, licores, farmacéuticos, etc.

2.1.2 Logística verde

La logística verde es la encargada de gestionar el retorno de las mercancías en la cadena de suministro, de la forma más eficiente y económica posible. Se encarga de la recuperación y reciclaje de envases, así como de los procesos de retorno de excesos de inventario, devoluciones de clientes, productos obsoletos e inventarios estacionales. Incluso tiene como tarea adelantarse al fin de vida útil del producto, con el objeto de darle salida en mercados de mayor rotación.

También se refiere a la reutilización de materiales, la sustitución de los mismos, la eliminación de residuos y desperdicios, la reparación y remanufacturación. Su creciente demanda se debe a una mayor conciencia medioambiental en los países más industrializados del planeta, que lleva a plantearse los problemas de la recolección de residuos y de productos o componentes usados y su reciclaje. Y es que en un entorno competitivo, muchas empresas se han percatado de que el flujo inverso de las mercancías puede implicar una reducción significativa de costos.

2.1.2.1 Origen de la logística verde

Históricamente, nunca se registró una preocupación tan urgente con la preservación del medio ambiente como la que se presenta desde finales del siglo XX, intensificándose en los inicios del siglo XXI.

Desde hace más de treinta años, las cadenas logísticas vienen siendo ajustadas diligentemente desde la materia prima hasta los clientes finales. Bajo diferentes enfoques, los gestores de las cadenas logísticas han venido pensando típicamente “hacia adelante” centrándose en el movimiento de productos.

Tradicionalmente los productores ignoraban el destino final de sus productos cuando éstos llegaban al final de su vida útil, y no se sentían responsables de lo que ocurría con estos productos después de su uso por el consumidor. Los productos se diseñaban de manera que los costes de material, ensamblaje y distribución se minimizaran, pero su disposición final no se tenía en cuenta. Creían que si incorporaban estos requerimientos, los costos se incrementaban; además, la mayoría de los consumidores no estaban preparados para pagar un coste adicional por consumir un producto verde. De hecho, gran parte de los productos usados terminaban en un vertedero o se incineraban, dañando así al medio ambiente.

A medida que ha ido pasando el tiempo, la sociedad (incluidos los productores) ha asumido su responsabilidad sobre los efectos en la naturaleza y ha notado que los recursos naturales se agotan. Hoy en día se ha tomado conciencia de la importancia de reutilizar muchos productos y sus embalajes, de hacer diseños de productos que faciliten su reciclaje y de valorizar el residuo cuando acaba el ciclo de vida del producto. Además, la población está cada vez más implicada en los procesos de reciclaje.

La preservación del medio ambiente está ligada a los diversos sistemas logísticos, lo que ha permitido la creación de la logística verde y ésta se puede

entender como una coordinación de las actividades de la cadena de suministros para satisfacer las necesidades del mercado a un costo mínimo, tomando en cuenta no solamente la parte económica sino también la parte que afecta al medio ambiente y al equilibrio de los recursos.

2.1.2.2 Inductores de la logística verde

La logística verde no es un capricho; existen por lo menos tres vectores para su impulso:

- Consideraciones de costo beneficio: productos mejores con costo de producción más bajo, recuperación del valor de envases, empaques, embalajes y unidades de manejo reciclables.
- Requerimientos legales: derivados de la protección a la salud y del ambiente, de consideraciones por costos de procesamiento de residuos, entre otros.
- Responsabilidad social: generalmente impulsado por organizaciones no gubernamentales y asociaciones de consumidores, que apoyados en su poder de compra buscan productos más seguros y ambientalmente amigables; obviamente las industrias nunca pierden dinero, detrás hay un posicionamiento mercadotécnico en un segmento premium orgulloso de consumir de manera “correcta”.

La utilización en envases, empaques y embalajes de materiales reciclados y reciclables es la mejor estrategia para la gestión de la basura y sus desechos; es la manera de reducir al máximo la utilización de insumos vírgenes, y de generar la menor cantidad de residuos que debe desecharse.

Entre las autoridades metropolitanas de los países de mayor desarrollo, cada vez más en concertación con las empresas se integran programas que buscan:

- Eliminar al máximo posible las necesidades de envases, empaques y embalajes.
- Reutilizar.

- Evitar el doble envase/empaque.
- Mejorar el desempeño del sistema producto-envase.
- Aligerar el envase.
- Diseñar el envase con menos materiales y más austero dentro de las normas exigidas para su desempeño.
- Incrementar la cantidad de producto ofrecida al consumidor.
- Diseñar envases, empaques y embalajes comprimibles o compactables.
- Rediseñar el producto para reducir las necesidades de envases, empaques y embalajes.

La sustitución de materiales vírgenes es donde existe más experiencia: pasando desde el cambio de vidrio por PET en botellas, para volver al vidrio; hasta el cambio de tarimas (pallets) de madera por otros de plástico o de materiales compuestos con otros reciclados.

2.1.2.3 Componentes de la logística verde

Elementos claves:

- Reducción de fuentes/conservación: menor uso. Se refiere directamente al diseño y a la etapa de fabricación de los productos, por ejemplo envases, antes de ser consumidos. Es una manera de concebir los artículos con un nuevo criterio ambiental; generar menos residuos. Esto es aplicable a todas las materias primas: vidrio, papel, cartón, aluminio y plásticos.
- Reciclar: reutilizar lo que se puede usar. Significa alargar la vida de cada producto desde cuando se compra hasta cuando se tira. La mayoría de los bienes pueden tener más de una vida útil, sea reparándolos o utilizando la imaginación para darles otro uso.
- Sustitución: usar artículos ambientalmente amigables. El incremento de la tasa de innovación en procesos de reciclado debe impulsar la sustitución de materiales con igual o superior desempeño, como es el caso en la

industria automotriz donde los plásticos están sustituyendo masivamente partes de metal y vidrio en los automóviles.

- Disposición: disponer de lo que no se puede usar. El papel, el vidrio, el cartón, el metal y el plástico, son considerados un residuo no peligroso aprovechable. Estos residuos pueden ser útiles en otros procesos como materia prima. Para su aprovechamiento deben ser entregados clasificados a las cooperativas, empresas o personas que se puedan beneficiar con este material.

2.1.2.4 Beneficios de la logística verde

Si el mundo de los negocios pudiera ver a las cadenas de valor verdes no como gasto sino como inversión, vería que se generarían los siguientes beneficios en un largo plazo:

- Recuperación y acumulación de energía.
- Menores costos logísticos operativos.
- Beneficios impositivos (deducciones/multas), regulaciones / normatividad.
- Creación de una conciencia individual y colectiva.
- Reducción de emisiones de dióxido y monóxido de carbono.
- Favorecimiento del medio ambiente (directa o indirectamente).
- Creación de instalaciones energéticamente eficientes.
- Renovación de la flota vehicular con vehículos híbridos, de biogas y eléctricos, permitiendo reducir los gases de efecto invernadero.
- Utilización de sistema de comunicación GPS, sistemas de información geográfica y ruteo en tiempo real (evaluación de la densidad del tránsito) para mejorar la planeación de las rutas.
- Nuevas ideas ecológicas, si se da al personal capacitación y sistema de incentivos para gratificarlas.
- Desarrollo, en conjunto con los clientes, de estrategias para procesos ecológicos.

- Desarrollo, en conjunto con los proveedores, para crear estrategias en los procesos verdes.
- Desarrollo, en conjunto con los distribuidores, para ahorrar costos en esta nueva tendencia.

Las externalidades generadas por la creación de cadenas de valor verdes benefician a todos los miembros de la sociedad y a todos los agentes que forman los eslabones de las mismas, y además, aseguran nuestra supervivencia a largo plazo. No se trata de un simple “capricho verde” sino de una inversión rentable.

2.1.2.5 *Análisis de la situación*

La necesidad de solucionar la gestión de los residuos sólidos urbanos está impulsando el desarrollo de sistemas alternativos de reciclado y valorización de los envases usados. El PET, uno de los materiales de envasado que más ha incrementado su consumo en los últimos años resulta, por sus características, especialmente interesante de reciclar y existe una importante demanda del producto reciclado para diversas aplicaciones. El reciclado del envase de PET pos-consumo es una realidad viable, tanto técnica como medio ambientalmente, ya que da lugar a un producto con un importante valor añadido y contribuye a disminuir la generación de residuos, principio que está directamente relacionado al propósito de la logística verde.

2.1.2.6 *Logística verde en el mundo*

La logística mueve carga a través del aire, el agua y la tierra, y en ese proceso interactúa con el medioambiente. Cada interacción con el medio se denomina un "aspecto ambiental". Algunos aspectos ambientales tienen impactos negativos, tales como la emisión de gases a la atmósfera por el transporte de carga (en algunos países el 85% del carbono emitido a la atmósfera proviene del transporte de carga. Cuatro litros de petróleo quemados por un motor producen aproximadamente 11 kilogramos de carbono a la atmósfera).

¿Por qué las empresas deciden adoptar prácticas de Logística Verde? Recientes estudios en Europa mencionan tres razones principales: para mejorar las relaciones con los clientes, mejorar las relaciones públicas con la comunidad y reducir los gastos de combustible. El 64% de las empresas europeas plantea que los temas ambientales son importantes en el marco de su estrategia, el 60% mide sus emisiones y el 21% está recurriendo a 3PLs para lograr reducir sus impactos ambientales negativos.

La Logística Verde es una realidad en el primer mundo. Europa, por ejemplo, está reglamentando que en las etiquetas de los productos se mencione la huella de carbono que éstos generan. Pero, en Latinoamérica estamos aún en la etapa de toma de conciencia.

De acuerdo al Informe Europeo de Transporte y la Logística Verde, un 91% de 400 profesionales logísticos encuestados reportaron un aumento en la investigación de sus clientes en sus estrategias corporativas del tipo ecológicas. Otro estudio reciente realizado conjuntamente por IBM, la CSC (Computer Science Corporation) y la revista Supply Chain Management Review informa que: el 78% de 250 ejecutivos que respondieron a la encuesta del estudio indica que sus empresas están actualmente evaluando o ejecutando programas para medir, conocer y disminuir su huella de carbono; el 50% de estos 250 ejecutivos dijeron que tienen un plan documentado a nivel corporativo, y que sus empresas cuentan con un representante de alto nivel en un puesto medioambiental.

Por su parte, Japón ha ordenado un esquema de etiquetado de carbono; se ha probado un esquema similar en la Unión Europea (Carbon Trust en el Reino Unido con Tesco), y es incluido en la actual legislación por debatir en el Senado de los Estados Unidos (la American Clean & Security Act, ACES). Grandes cadenas minoristas como Wal-mart están desarrollando índices de sustentabilidad de productos. En definitiva, el tema de la sustentabilidad impactará en todos los sectores de la cadena de abastecimiento.

2.1.2.7 Logística verde en Latinoamérica

Recientemente, conceptos como logística verde y logística inversa han empezado a ser estudiados y adoptados por algunas organizaciones; sin embargo, América Latina parece desconocer los beneficios en la aplicación de tales conceptos. En los últimos años, a raíz de la aparición de éstos, han surgido algunas preguntas como: ¿Es la logística inversa un tema de moda? ¿Se conoce el concepto de logística inversa y sus características? ¿Las organizaciones entienden el impacto, beneficios y limitantes de la logística inversa? ¿Las empresas están preparadas para adoptar el concepto?

Por ejemplo, en México, no existe información y datos organizados sobre los resultados que las empresas han obtenido al capitalizar la logística inversa como un área de oportunidad para reducir costos de operación o incrementar utilidades, conservar y ganar clientes, o para hacerse más competitivas; se desconoce el número preciso de compañías que la están implementando, pero expertos y consultores coinciden en que, en estos tiempos de crisis, ha habido un incremento en la preocupación de las empresas por aprovechar al máximo las ventajas que da la logística inversa y minimizar, por otro lado, los costos de la misma.

Argentina también ha dado pasos importantes en cuanto la implementación de la logística verde como alternativa para la conservación del medio ambiente. Por primera vez en el año 2010 se presentó un plan para moderar la emisión de gases de efecto invernadero.

La aspiración es ahorrar al menos siete millones de toneladas de dióxido de carbono (CO₂) con eficiencia energética y en el transporte, generación de electricidad “verde”, forestación y mejoras en la disposición de los desechos urbanos y agropecuarios.

Según el inventario de gases de 2000, ese año Argentina emitió 282 millones de toneladas de CO₂. El 47 por ciento pertenece al sector energético y el 44 por

ciento, al agropecuario. En tanto, los desechos y la industria representan el 5% y 4%, respectivamente.

2.1.2.8 Logística verde en Colombia

Logística verde es un término que se empieza a utilizar en Colombia, y se refiere principalmente a la necesidad de evaluar y replantear la cadena de abastecimiento y los procesos de producción con un enfoque en el ambiente. Sin embargo es un concepto del cual falta información que permita sensibilizar a las empresas y personas sobre su importancia en cuanto al compromiso con el medio ambiente y más aun sobre las oportunidades de negocio que esta tendencia podría generar para el país.

El informe de la Corporación Andina de Fomento CAF titulado “Sostenibilidad ambiental y desempeño financiero”, explica que no todos los recursos utilizados en los procesos de transformación empresarial son aprovechados totalmente en los productos o servicios deseados, sino que también se transforman en subproductos usualmente considerados como desechos. Tanto los productos (una vez utilizados) como los subproductos, regresan al medio ambiente ya sea en forma de energía (calor, radiación, sonido) o de desechos sólidos, líquidos o gaseosos, generando un impacto sobre éste.

La logística, sin duda representa una de las estructuras principales de toda organización, por eso a través de los años se ha consolidado en el área empresarial. Esto implica realizar una serie de actividades que aunque son importantes están siendo riesgosas, ya que las mismas abarcan toda la gestión de flujo de materiales y por ende los que se utilizan en el recorrido antes de llegar a su destino final.

Por tal motivo, las empresas están empezando a hablar de logística inversa o verde, que es la responsable de toda la gestión de flujo e información de materiales pero de una manera más responsable. Se adecúan los procesos de tal

manera que estos sean ahorrativos y ecológicos, que además de generar beneficios en costos contribuyan al cuidado del planeta.

La logística verde implica una serie de cambios en las organizaciones, pues hay que modificar o en algunos casos cambiar las etapas de investigación, producción, creación e implementación de un producto, pensar la forma de hacer que estos sean reutilizables para que se puedan reciclar.

En el caso de los servicios, implica que las empresas tengan un manejo más responsable en la recepción de los documentos, manejo de papelería interna y externa. Además, se recomienda utilizar mecanismos de transporte más ecológicos, es decir, adoptar tecnologías y equipos que disminuyan el CO₂.

Para William Andrés Ocampo Duque, director de postgrados de Ingeniería en la Universidad Javeriana de Cali, “la logística verde debe trabajarse en Colombia y en el mundo desde una perspectiva económica de ahorro para las compañías, en la medida que se optimice la carga, se reduzcan los desperdicios, se busquen fuentes alternativas de combustibles para los sistemas de transporte, se eviten los reprocesos y se minimicen los espacios vacíos en los contenedores, se contribuirá a reducir la huella ecológica que dejan los productos”.

2.1.3 Consumo de PET

2.1.3.1 En el mundo

La recolección y la recuperación del material usado es el principal inconveniente que encuentran las empresas interesadas en reciclar PET. Estas labores son la piedra fundamental para garantizar un abasto permanente y confiable, que a su vez permita el desarrollo de una industria recicladora. A pesar de que se exalta la reciclabilidad del PET como uno de sus más preciados beneficios, para la

mayoría de los mercados la cantidad de material que va a parar a un relleno sanitario o vertedero aún supera a la cantidad que se recicla.

Por ejemplo, Japón, el país más avanzado en este campo, registró una tasa de reciclaje de botellas de PET (volumen total de recolección/volumen de botellas vendidas) de 77,9 % en 2009, según datos del Consejo de Reciclaje de Botellas de PET de ese país. Por su parte, Europa tiene cifras consolidadas de 48,3%, de acuerdo con la Asociación Europea de Reciclaje de Contenedores de PET (Petcore), y Estados Unidos de 28%, según la Asociación de Resinas de PET (Petra). Brasil es el líder en Latinoamérica con una tasa de 55,6%, seguido por Argentina con 34%, según reportes de la Asociación Brasileña de la Industria del PET (Abipet).

El tema del acopio es crítico para la industria de reciclaje en América Latina, donde no hay una cultura de separación en la fuente. Aún así las cifras de recuperación muestran un gran potencial. Brasil es uno de los mayores recicladores de PET en el mundo y se precia de consumir internamente todo el material que recupera.

En Brasil creció en 2008 el consumo aparente de resinas plásticas, que superó el volumen de 4,7 millones de toneladas. Esto representa un crecimiento de 8% en relación con 2007. Según datos de la Comisión Sectorial de Resinas Termoplásticas de Abiquim (Coplast), las exportaciones, con 761 mil toneladas, tuvieron una reducción de 31,8%, mientras que las importaciones crecieron 47,4% en el año, superando el volumen de un millón de toneladas. Fueron vendidas al mercado interno más de 3,3 millones de toneladas, una cifra 5% menor que la registrada en 2007.

Por su parte en Chile 2% se contrajo la producción de la industria plástica en 2008, con respecto a 2007, según una entrevista concedida por el presidente de la Asociación Gremial de Industriales del Plástico de Chile (Asipla), Roberto

Munita, a la agencia de noticias Bussines News Americas. Según el dirigente, una de las principales causas es la competencia extranjera, especialmente de productos chinos en dicho país.

Los principales países importadores de la resina PET durante los años 2000 a 2002 fueron:

- Corea del Sur con un 36.2%.
- Estados Unidos 19.5%.
- Tailandia 12%.
- México 10.9%.
- Taiwán 10.2%.
- Venezuela 6.5%.

A pesar de la presencia de Estados Unidos como país importador durante estos tres años, este no muestra una clara tendencia como los otros países, en el papel de abastecedor del mercado colombiano.

2.1.3.2 En Colombia

En Colombia la industria del plástico se ha caracterizado por ser, en condiciones normales, la actividad manufacturera más dinámica de las últimas tres décadas, con un crecimiento promedio anual del 7%.

El consumo per-cápita de plásticos en Colombia es de 14 kilos anuales, muy por debajo del de Estados Unidos (99 kilos), Italia (65.7 kilos), Japón (97 kilos) y países latinoamericanos como México (25.5 kilos) y Venezuela (18 kilos).

La capacidad instalada para producción de resinas plásticas en Colombia es de 847.000 ton/año; de la producción local, un 35% del tonelaje global se destina a exportaciones. En la distribución del consumo por uso final y por sectores del mercado, de las diferentes resinas plásticas, el sector de envases y empaques es

el de mayor volumen, con una participación del 52% (20.000 ton/año) del mercado total colombiano.

En los últimos años, la actividad transformadora de materias plásticas registró un valor de producción de 2.215 millardos de pesos (1.061 millones de dólares) y un valor agregado de 1.073 millardos de pesos (514 millones de dólares), con una contribución al total industrial nacional del 4% en las dos variables (Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial).

En cuanto al PET, según Acoplasticos, para producir 50.000 bolsas se necesitan 453,6 kilos de polietileno. Colombia registra un consumo aproximado de 84.000 toneladas año de PET, del cual se recicla el 24% según Enka de Colombia. En el país es apenas marginal el reciclaje de los plásticos si se compara con las demás familias de materiales empleados en empaques y envases. De acuerdo con promedios históricos, cerca de 16.500 toneladas de plásticos por mes van a parar al relleno Sanitario de Doña Juana en la ciudad de Bogotá, de ahí la importancia por clasificar y contribuir en la separación y la no contaminación de este tipo de residuos.

En Colombia se aprovechan aproximadamente 1'880.000 ton/año de residuos de los cuales el 12.83% corresponden a plásticos. Aunque parezca difícil de creer, la basura representa una oportunidad de 'oro' para el país. En primer lugar, porque su manejo adecuado evita la saturación de los rellenos sanitarios; en segundo lugar, porque es la fuente de empleo para 300.000 familias colombianas; y, tercero, porque genera negocios valorados en más de \$354.000 millones al año, pues el reciclaje representa más del 50% de la materia prima que se utiliza en la producción industrial, de acuerdo con cifras de la ANDI y de la Asociación Nacional de Recicladores de Bogotá.

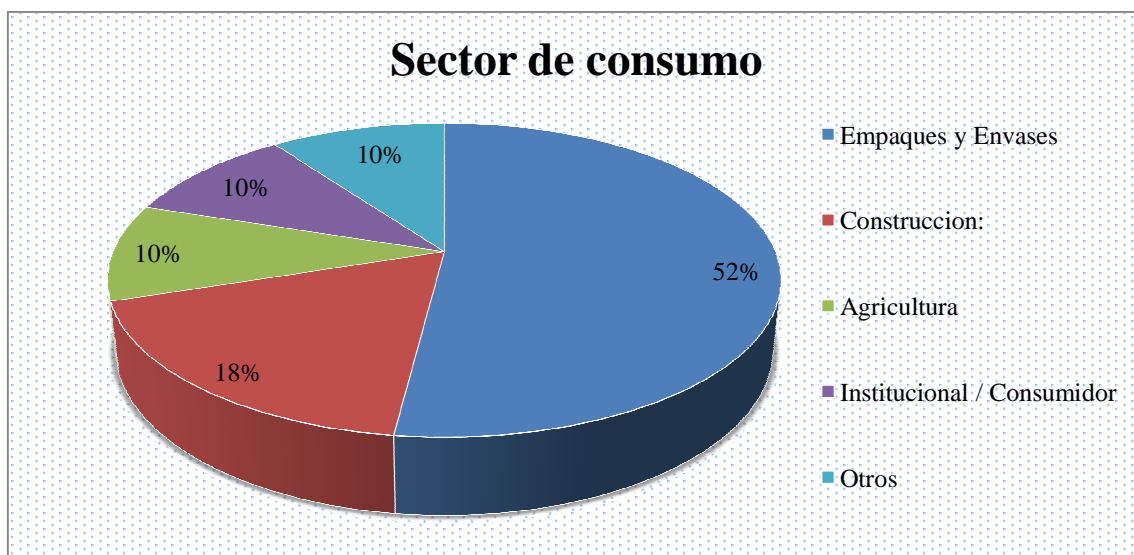
Pero, lo que se recicla en Colombia no es suficiente para satisfacer las necesidades de la industria. Según la ANDI, en el año 2008 el país demandó

cerca de 750.000 toneladas de residuos reciclables, de las cuales solo se recuperaron 645.200, lo que indica que 104.800 se quedaron literalmente en la basura.

Según el Ministerio de Ambiente, Colombia genera alrededor de 27.000 toneladas de residuos diarios (810.000 al mes), de los cuales el 85 % se generan en los hogares, y el 15% restante es producido conjuntamente por el comercio, la industria, las instituciones, las plazas de mercado y las vías públicas. Del gran total que se produce en los hogares, se calcula que solo un 20% es recuperado por los recicladores en las calles, mientras que el porcentaje restante va a parar a los rellenos sanitarios, que hoy están al punto de la saturación.

Por su lado, en cuanto al consumo de plásticos, el segmento de envases y empaques, representa el mayor volumen (52%) dentro de las innumerables aplicaciones de los plásticos y por la naturaleza de su uso, ya que siendo este uno de los de más corta vida en su servicio, pasa más pronto a la corriente de desechos sólidos.

Figura 1. Consumo de plásticos por sectores. Fuente: elaboración propia.



- Empaques y envases (52%): para productos alimenticios, productos de higiene y aseo, productos industriales, lubricantes.
- Construcción (18%): tubería, accesorios, pisos, tejas, perfiles, cables, bañeras.
- Agricultura (10%): película para invernaderos, acolchados y telas, mangueras y tubos.
- Institucional/consumidor (10%): calzado, cepillos, escobas, artículos de mesa y cocina, colchones, muebles.
- Otros (10%): laminas, partes industriales y para industria automotriz, deportes y varios.

Según la revista digital Tecnología del plástico, Enka de Colombia es ejemplo en el país ya que sus iniciativas son modelo para la Región, no sólo por su nivel tecnológico sino porque detrás de las inversiones e instalaciones hay toda una serie de estrategias para impulsar el crecimiento local del reciclaje como industria, con sus beneficios ambientales, sociales y económicos. A lo largo de su historia y en diferentes polímeros, Enka ha sido pionera en el reciclaje. Un primer caso, que lleva en la compañía más de 30 años, es la planta para la recuperación de desperdicios de Nylon para su despolimerización y producción de Caprolactama (materia prima principal para la producción de nylon).

Igualmente, se destaca cómo desde principios de los años noventa, siendo el principal proveedor de PET virgen de Colombia, Enka fue la primera en reciclar botellas de PET en el país, así como los desperdicios internos, con el montaje de una pequeña planta de producción de gránulo reciclado para mezclas, la cual operó hasta principios de 2009.

Enka de Colombia consciente de la necesidad de cerrar el ciclo de vida del PET y aprovechando su conocimiento y experiencia en la producción de esta resina y de fibras sintéticas, desarrolló un ambicioso proyecto para recuperar las botellas de PET y transformarlas mediante procesos de alta tecnología en resinas, fibras y

filamentos, los cuales son empleados en múltiples usos textiles o plásticos con propiedades similares a las de aquellos provenientes de la cadena petroquímica. De este modo, Enka está utilizando las botellas recicladas de gaseosas, aguas, aceites y otros empaques elaborados a partir de PET para la elaboración de fibras marca eko, de alto valor agregado, para la fabricación de hilos, no-tejidos y rellenos, destinados principalmente al mercado colombiano y de otros países de la Región. Posteriormente, estos productos son utilizados en la fabricación de jeans, pantalones, camisetas y ropa de hogar.

En el 2009 comenzó a operar una moderna planta para procesar 11.000 toneladas de botellas al año, para su uso en fibras, convirtiendo a Enka en el mayor reciclador de PET del país.

2.1.4 Reciclaje en América Latina

El manejo y disposición de residuos sólidos en Latinoamérica constituye un problema grave. La insuficiente recolección e inadecuada disposición final de residuos sólidos provocan contaminación de tierra, aguas y aire, y presenta riesgos a la salud humana.

La mayoría de las ciudades latinoamericanas no recolecta la totalidad de los desechos sólidos generados, y sólo una fracción de los desechos recibe una disposición final adecuada, provocando contaminación ambiental y riesgos para la salud humana. El reciclaje representa una opción más deseable que la disposición masiva de desechos en basureros o rellenos sanitarios.

Sin embargo, el reciclaje de materiales ha venido ganando aceptación y popularidad como una forma de disminuir la cantidad de residuos que necesitan disposición final en rellenos sanitarios y de reducir el impacto ambiental negativo de las actividades productivas y de consumo por medio de las cuales las sociedades contemporáneas satisfacen sus necesidades. Los residuos sólidos como problemática ambiental local y regional, se considera como un problema

común a muchos países, que debido a sus similitudes geográficas, sociales, culturales y económicas se enfocan como un todo o como una gran región de características similares, de ese modo, con el fin de destinar enfoques adecuados y soluciones acertadas para el manejo de los residuos sólidos se realizan estudios que comprometen básicamente América Latina y el Caribe (ALC), convirtiéndose en una nueva gran área de estudio.

Experiencias latinoamericanas para el fomento del reciclaje:

En el Perú se expidió la Ley 29419 de 2009 , que regula la actividad del reciclaje, con el objeto de favorecer a los trabajadores informales. Entre otros instrumentos incluye:

- Asigna a los gobiernos locales la facultad de regular las actividades de reciclaje.
- Ordena que todos los proyectos de gestión y manejo de residuos sólidos, ejecutados por los gobiernos locales, deben incluir obligatoriamente la actividad de los recicladores.
- Se ordena el registro de las asociaciones de recicladores, como requisito indispensable para el otorgamiento de autorización y certificación correspondiente, que además sirve para el acceso a los beneficios que se establezcan en su favor.
- El registro otorga el derecho a ejercer el oficio del reciclaje, pero bajo las normas reglamentarias del manejo de residuos sólidos.
- Promueve la formación de organizaciones de recicladores y microempresas especializadas en reciclaje.
- Ordena a los municipios la creación de incentivos a la separación en la fuente, que incluyen la compensación o rebaja en las tarifas, la entrega de bienes y servicios a menor costo y certificaciones ambientales a las empresas privadas.

- Promueve la creación de plantas de tratamiento en los rellenos sanitarios, donde los recicladores puedan separar los residuos reutilizables para su utilización.
- Impulsa programas de capacitación de recicladores, coordinados por el Ministerio de Ambiente y Salud.
- Ordena la creación de un Fondo de Promoción del Reciclaje, en coordinación con instituciones privadas, orientado a facilitar la formalización, la organización y el crédito.
- Ordena la conmemoración del día del Reciclador y el premio nacional de reciclaje.
- Ordena el desarrollo de programas de educación y comunicación pública orientadas al fomento de la separación en la fuente y el reciclaje.

Por otro lado, en Chile son cada vez más los Municipios en la Región Metropolitana que están incorporando al reciclaje dentro de sus contratos con las empresas que realizan la limpieza de la comuna. Según esta entidad entre 1995 y 2003 el reciclaje en la región Metropolitana paso de menos del 0.5 % al 9 %.

El modelo de reciclaje incluye:

- Disposición en puntos de acopio y recolección diferenciada por tipo de residuos en estaciones de reciclaje.

El sistema utiliza contenedores tipo iglú, especialmente para depositar botellas de vidrio, latas de aluminio, cajas de tetrapak, botellas de PET. Estos están ubicados en puntos estratégicos como supermercados, colegios, parques, plazas. Estos puntos están asociados con entidades de beneficencia como Alter Ego (aluminio), COANIQUEM y CODEFF(vidrio), CENFA (PET), Hogar del Cristo (Tetrapak), Corporación María Ayuda y amigos del Hospital Soler (Cartuchos y Toners), Todo Chilener (Computadores). De esta manera se incentiva la participación voluntaria de la comunidad.

- Separación en el origen con recolección diferenciada.

Esta alternativa considera la separación en el hogar (origen) de los residuos identificados con fines de reciclaje (botellas de vidrio, latas de aluminio, cajas Tetrapak, botellas de plástico PET, envases de plástico, papel periódico, cartones, chatarra domiciliar, metales, etc.), los cuales serán posteriormente recolectados de forma también diferenciada.

- Separación en origen con venta directa.

Se produce la separación en el hogar o en otra fuente de generación (comercial, industrial) de los residuos identificados con fines de reciclaje, los que son posteriormente trasladados por los propios generadores de dichos residuos a algún centro de venta directa que las empresas recicladoras han establecido para la realizar la comercialización de éstos.

Las empresas que desarrollan estas actividades son COPASUR (aluminio), GERDAU AZA (latas de hojalata), Cristalería Chile (Vidrio), RECIPET(PET), RECUPAC y SOREPA (Papeles y cartones). En Santiago, el sistema informal de reciclaje tiene una gran importancia, a través de cooperativas y trabajadores independientes se realiza la recolección directa en las calles y fuentes. Desde el Estado aunque se han desarrollado campañas de reciclaje han operado, principalmente como proyectos piloto, localizadas y que no tenían como propósito ser autosostenibles en el tiempo, sino posicionar el tema entre la comunidad.

Por esta razón el gran peso del reciclaje sigue siendo asumido por las organizaciones y recicladores independientes que contribuyen con el 70% de lo recolectado. No obstante las cantidades recogidas representan una fracción relativamente baja del potencial de residuos.

En mayo de 2010 el Movimiento Nacional de Recicladores de Chile, publicó un documento sobre la experiencia de inclusión social de los recicladores en tres ciudades de Chile, entre sus consideraciones señala que todavía en Chile el 60% de los residuos va a los rellenos sanitarios y que en la región Metropolitana se recicla un 14% del potencial, y en Chile el 10%. Indica que la principal razón es el bajo costo de disposición final, por esto el mercado privilegia el sistema de disposición. Así mismo indica que los bajos precios del mercado de materias primas vírgenes en comparación con el de las materiales primas reciclables desincentiva la recolección.

Por su parte, en la República de Uruguay desde el año 2006 se viene ejecutado a nivel piloto el Programa Uruguay Clasifica PUC se trata de “un proceso creciente de fortalecimiento técnico, institucional político y de experiencia en el territorio, en el conocimiento directo de la problemática y en el trato mano a mano con los y las clasificadoras y sus familias”.

Ante la evidencia de que los recicladores participaban con el 98 % de la recolección en condiciones informales y presentaban una situación de exclusión territorial de los recicladores localizados en la periferia en asentamientos irregulares, escasa valoración y reconocimiento del trabajo y alta incidencia del trabajo infantil para compensar los bajos ingresos de la actividad, se formularon desde el Estado una serie de acciones, bajo el enfoque de los derechos económicos y sociales de los recicladores, que principalmente se pueden sintetizar así:

- Cambio de las modalidades de trabajo.
- Eliminación del trabajo infantil.
- Desarrollo de capacidades de trabajo.
- Inclusión de los recicladores en la gestión pública de los residuos sólidos.

Para concretar estas acciones se crearon los circuitos limpios que implican la separación en el origen tanto de grandes generadores como de los residentes, que realizan la separación de reciclables.

En segundo lugar se realiza la recolección separada de los residuos ordinarios. A los recicladores se les carnetiza, se les entregan uniformes, herramientas, equipos de trabajo; realizan la recolección y el transporte de residuos a una planta o centro de acopio para optimizar el trabajo de clasificación.

Los ejes transversales del sistema contemplan: la promoción del trabajo grupal de recicladores, la participación de los recicladores en la gestión de los residuos, con la intervención de las autoridades municipales, las comunidades y el desarrollo de procesos de educación ambiental, destacando al Reciclador como "agente ambiental". Se instalaron mesas de trabajo del compromiso por la ciudad y la ciudadanía, pacto colectivo de autoridades, gremios, comunidades y recicladores, cuyo eje de trabajo es el Plan de acción de mediano y largo plazo que contempla:

- Registro de recicladores y sistematización de la información.
- Sustitución del transporte en vehículos de tracción animal.
- Acceso a la educación a los niños y jóvenes ex recicladores.
- Programa de capacitación de recuperadores en emprendimiento.
- Creación de cooperativas.
- Clasificación de circuitos limpios con acompañamiento técnico, crédito y recursos materiales.
- Promoción de cadenas productivas y aumento del valor agregado.

Este programa adicionalmente se complementa con actividades de aprovechamiento de la oferta institucional de ayuda y subsidios a las poblaciones vulnerables del Uruguay y la definición de una Política Pública Nacional de Reciclaje, que recoja la experiencia y extienda sus beneficios a todo el país.

Para el caso de Brasil, en la ciudad de Recife, capital de Pernambuco con una población de más de 1´400.000 habitantes, se realiza un programa con bajo costo de recogida y reciclaje de residuos sólidos. El programa apoya la recogida informal y la comercialización de productos reciclables. Los objetivos específicos son: la mejora de los vertederos y del tratamiento de los residuos sólidos urbanos en el área metropolitana de Recife, la reducción de la producción de residuos sólidos y promover el reciclaje de residuos sólidos a través de su comercialización en colaboración con el sector privado. Hombres, mujeres, niños y jóvenes trabajan en cooperativas o en otras organizaciones de base comunitarias (OBC) y generan ingresos mediante actividades sostenibles. La educación para la higiene y las actividades relativas a la educación ambiental que tienen en cuenta las diferencias de género ayudan a reducir la contaminación ambiental urbana y facilitan el funcionamiento y mantenimiento de la ciudad.

El programa se divide en varios componentes así:

- Recolección selectiva en colegios y comunidades.
- Puntos de entrega voluntaria.
- Apoyo directo a recolectores informales , callejeros y carreteros
- Apoyo a recolectores de vertederos.
- Formación de recicladores.

La autoridad municipal aporta recursos para cofinanciar el programa y promueve la aprobación de presupuestos participativos que comprometen a la ciudadanía y potencian lo mecanismos de control social de las iniciativas. En 2 años lograron incrementar en un 74% los residuos reciclados.

En el municipio de Diadora cercano a Sao Pablo a los recicladores se les reconoce una tarifa por el servicio de recolección de residuos reciclables. En Lençóis Paulista se desarrolla desde 2004 un programa se reciclaje por medio de la Cooperativa de Reciclaje de Lençóis, COOPRELP. En Recife desde 1994

opera el programa de recogida selectiva y reciclado con organizaciones de base comunitaria OBC, con un fuerte componente de participación social.

Fabricantes, distribuidores y comerciantes del estado brasileño de Paraná que venden equipos informáticos deberán, por ley, implementar un sistema de recolección, reciclaje o disposición de productos usados.

La coordinación de residuos sólidos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Hídricos del estado informará a todas las empresas de la nueva legislación y formulará estrategias para la disposición de equipos, que será responsabilidad de todos los involucrados. La nueva ley que establece la Política Nacional de Residuos Sólidos en Brasil fue expedida en agosto de 2010, y establece entre otras medidas:

- Responsabilidad compartida entre autoridades, empresas y comunidad en el manejo de residuos sólidos. Obliga a las autoridades municipales a organizar programas de manejo integral de residuos incluido el reciclaje, haciendo obligatoria para la población la separación y para las autoridades la operación de la recolección selectiva de los residuos domiciliarios y el compostaje.
- Establece la obligatoriedad de los municipios de realizar diagnóstico y establecer metas claras de reciclaje.
- Como principio de la Política Nacional de Residuos, ordena la participación formal de los recicladores vinculados a cooperativas en el sistema de aseo, en cuyo caso los municipios tienen prelación para la asignación de fondos federales.
- Se ordena a las empresas proveedoras de servicio de limpieza urbana, priorizar la organización, operación y contratación de cooperativas u otras organizaciones de recicladores formadas por individuos de bajos ingresos.
- Se ordena un sistema de contratación directa, que permite la inclusión social de los recicladores.

- Las empresas tienen responsabilidad compartida en la gestión de los residuos en todo el ciclo de vida del producto. Por ejemplo, establece la obligatoriedad de utilizar empaques y productos fácilmente reciclables.

Se espera que estos cambios generen un aumento significativo del reciclaje, que se estima en un 13%, especialmente ofreciendo oportunidades económicas y sociales a los recicladores de Brasil.

Finalmente, en el caso de México la Ley General para la Prevención y Gestión de Residuos expedida en 2003 plantea disposiciones en materia específica de reciclaje. Las entidades reguladoras y los municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, deben promover la reducción de la generación, valorización y gestión integral de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial. Dentro de estas medidas se encuentran:

- Establecer programas para mejorar el desempeño ambiental de las cadenas productivas que intervienen en la separación, acopio y preparación de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial para su reciclaje.
- Desarrollar guías y lineamientos para la separación, recolección, acopio, almacenamiento, reciclaje, tratamiento y transporte de residuos.
- Organizar y promover actividades de comunicación, educación, capacitación, investigación y desarrollo tecnológico para prevenir la generación, valorizar y lograr el manejo integral de los residuos.
- Promover la integración, operación y funcionamiento de organismos informativos en los que participen representantes de los sectores industrial, comercial y de servicios, académico, de investigación y desarrollo tecnológico, asociaciones profesionales y de consumidores, y redes intersectoriales relacionadas con el tema, para que tomen parte en los procesos destinados a clasificar los residuos, evaluar las tecnologías para su prevención, valorización y tratamiento, planificar el

desarrollo de la infraestructura para su manejo y desarrollar las propuestas técnicas de instrumentos normativos y de otra índole que ayuden a lograr los objetivos en la material.

Por otro lado, en agosto de 2009 se expidió la ley de fomento de procesos productivos eficientes en el Distrito Federal de México y en especial plantean: el uso racional o reciclable de materiales tales como productos de desecho, agua residual y calentamiento generado de procedimientos de producción.

2.1.5 Política ambiental en Colombia

Colombia maneja una de las legislaciones más completas y exigentes en el panorama mundial en lo que se refiere a la parte ambiental. Esta legislación comienza en el año 1974 y se desarrolla con base en los códigos nacionales de recursos renovables y a partir de allí se desprenden los diferentes aspectos que tienen que ver con las entidades encargadas del manejo ambiental, las empresas de servicios públicos, la descentralización y la función municipal frente a los usos de los recursos, la legislación tarifaria y la base de impuestos en esta materia.

A partir de 1993 se crea el Ministerio del Medio Ambiente, y lo concerniente al agua que venía siendo manejado por el ministerio de salud es acogido por el nuevo ministerio, el cual es llamado en la actualidad Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. El ministerio a través de los años ha creado una serie de leyes y decretos que rigen los lineamientos que deben cumplir los usuarios que directa o indirectamente tienen que ver con los recursos ambientales.

2.1.5.1 Normatividad legal

La legislación ambiental aplicable está enmarcada dentro de tres grandes bloques normativos:

- La Constitución Nacional, marco legal de carácter supremo y global que recoge los enunciados sobre manejo y conservación del medio ambiente, colocándolo en un lugar privilegiado.
- Las Leyes del Congreso de la Republica, decretos con fuerza de ley y decretos ley del Gobierno Nacional, constituyendo las normas básicas y políticas a partir de las cuales se desarrolla la reglamentación específica o normativa.
- Decretos y reglamentaciones nacionales.

El Gobierno Nacional, en la búsqueda de un mejor aprovechamiento de las potencialidades institucionales de la capacidad de los organismos existentes involucrados en el manejo de residuos, ha puesto en marcha un Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos, definido en la Política de Gestión Integral de Residuos Sólidos, con el fin de cumplir los siguientes objetivos:

- Minimizar la cantidad de residuos que se generan
- Aumentar el aprovechamiento y consumo de residuos generados, hasta donde sea ambientalmente tolerable y económicamente viable.
- Mejorar los sistemas de manejo integral de residuos sólidos
- Conocer y dimensionar la problemática de los residuos peligrosos en el país y establecer el sistema de gestión de los mismos.

Desde la perspectiva de los destinatarios, la política tiene dos grandes componentes:

- El relacionado con el saneamiento ambiental como obligación a cargo del estado, y que se orienta a establecer un marco de acción para las entidades públicas con responsabilidades en cuanto a la gestión de residuos sólidos, de manera especial a los municipios, involucrando las diferentes estrategias e instrumentos para fortalecer la acción del estado en esta materia.

- El referido a la vinculación que el sector privado tiene en cuanto a la generación de residuos.

El alcance de esta política en cuanto al sector privado, está determinado por lo referente a la minimización de residuos, con base en el desarrollo de acciones ambientales que deben adelantarse sectorialmente. La política de residuos para el sector industrial es un desarrollo específico de la política de producción limpia, de la cual toma todos sus elementos.

2.1.5.2 Leyes, decretos y resoluciones vigentes en el ámbito nacional:

En la siguiente tabla se encuentra un resumen de las principales leyes y decretos referentes a la normatividad ambiental colombiana.

Tabla 1. Normatividad nacional en materia ambiental. Fuente: Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.

RESIDUOS SOLIDOS	
Decreto Ley 2811/74 Gobierno Nacional	Código de los Recursos Naturales Renovables. Art. 34: Manejo de residuos, basuras, desechos y desperdicios.
Ley 9/79 Gobierno Nacional	Ley Sanitaria Nacional. Artículos 23 al 31. Restricciones para el almacenamiento, manipulación, transporte y disposición de los residuos sólidos.
Decreto 2104/83 Ministerio de Salud	Derogado parcialmente por el Decreto 605/96 del Ministerio de Desarrollo. Se encuentran vigentes las consideraciones ambientales en la prestación del

	servicio y la gestión de los residuos sólidos establecidas en este decreto.
Resolución 2309/86 Ministerio de Salud	Regula todo lo relacionado con el manejo, uso, disposición y transporte de los residuos sólidos con características especiales. Establece responsables de su recolección, transporte y disposición final.
Resolución 189/94 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Regulaciones para impedir la introducción al territorio nacional de residuos peligrosos.
Resolución 541/94 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Regula el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, elementos concretos, agregados sueltos de construcción, demolición y capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación.
Ley 142/94 Gobierno Nacional	Establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios, entre los que se encuentra el servicio de aseo y reglamenta su administración a cargo de los municipios.
Ley 253/96 Gobierno Nacional	Aprobación del convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación por parte de los países generadores.

Decreto 605/96 Ministerio de Desarrollo	Condiciones para la prestación del servicio público domiciliario de aseo (recolección, transporte y disposición final). Reglamenta la Ley 142 en los aspectos ambientales involucrados en las fases de recolección, transporte y disposición final.
Resolución 11/96 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Establece reglas sobre contratos de concesión en los que se incluye el otorgamiento de áreas de servicio exclusivo para la prestación del servicio público domiciliario de aseo.
Decreto 357/97 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Manejo, transporte y disposición final de escombros.
Ley 430/98 Gobierno Nacional	Entra a regular la prohibición de introducir desechos peligrosos al país, el manejo y gestión de los generadores en Colombia y el control y vigilancia de los mismos.
Resolución 1096/00 Ministerio de Desarrollo	Sección II Título F. Definiciones, criterios de identificación de Residuos Peligrosos, métodos de caracterización fisicoquímica del laboratorio, condiciones de transporte, métodos de eliminación, criterios de ubicación de instalaciones para el tratamiento y disposición de residuos peligrosos, etc.

Resolución 970/2001 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por medio del cual se establecen requisitos, las condiciones y los límites máximos permisibles de emisión, bajo los cuales se debe realizar la eliminación de plásticos contaminados con plaguicidas en hornos de presión de Clinker en plantas cementeras.
Decreto 1602/02 Ministerio de Transporte	Reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera.
Decreto 1713/02 Ministerio de Desarrollo	Reglamenta la Ley 142/94, la Ley 632/00 y la Ley 689/01, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811/74 y la Ley 99/93 en relación con la gestión integral de residuos sólidos.
Decreto 1140/2003 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por medio del cual se modifica parcialmente el Decreto 1713/2002 en relación con las unidades de almacenamiento y se dictan otras disposiciones.
Decreto 1505/2003 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por medio del cual se modifica parcialmente el Decreto 1713/2002 en relación con los planes de gestión integral de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones.

Resolución 1045/2003 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se adopta la metodología para la elaboración de los planes de Gestión integral de residuos sólidos, PGIRS, y se toman otras determinaciones.
Resolución 1390/2005 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se establecen directrices y pautas para el cierre, clausura y restauración o transformación técnica a rellenos sanitarios de los sitios de disposición final a que hace referencia el artículo 13 de la resolución 1045 de 2003 que no cumplan las obligaciones indicadas en el termino establecido en la misma.

2.2 PET y reciclaje en Medellín y su Área Metropolitana

En este capítulo se presentan las cifras de reciclaje en Medellín y su Área Metropolitana, la relación de éstas con el PET, una breve descripción de las características de los recicladores de la ciudad y se muestran las particularidades de los planes ambientales más importantes.

2.2.1 Mercado del plástico

El mercado del plástico reciclado es uno de los más complejos y del que menos información disponible existe, ya que la demanda de este material está dispersa y fundamentalmente atiende a los micro y pequeños empresarios dedicados a producir elementos como: adornos, aisladores, separadores, carpetas, legajadores, comederos, bebederos, escobas, cepillos, estibas, ganchos, mangueras, pellets, preformas plásticas, sillas, tejas y zuncho, principalmente. Hay un segmento de pequeña y mediana empresa para aprovechamiento del PET tales como Codesarrollo, Cooperenka y Aproplast, por citar algunos casos. Como gran empresa está Enka de Colombia, que adquiere preferentemente PET. De las citadas empresas, por ejemplo, las cantidades recuperadas por la red de recolección de Codesarrollo se situaron en 2.932 toneladas de PET y 1.973 toneladas de PEAD, PEBD, PP y PS, para el año 2010.

La industria Colombiana del plástico produce principalmente bienes de consumo y bienes intermedios, ha registrado en las últimas tres décadas un crecimiento promedio anual del 7%. El consumo aparente de las principales resinas plásticas en Colombia para el año 2009 fue 859.000 toneladas. En el siguiente cuadro se muestra la evolución del consumo aparente de las principales resinas plásticas en la última década.

Tabla 2. Consumo aparente de las principales resina plásticas en Colombia en la última década (miles de toneladas). Fuente: Acoplasticos.

Consumo de las principales resinas plásticas en Colombia							
Resina	2002	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Polietileno de baja densidad	148	140	155	167	180	170	177
Polietileno de alta densidad	86	92	96	107	118	112	102
Polímeros de propileno	145	170	180	198	216	212	205
Poliestirenos	35	48	50	53	56	56	60
Policloruro de vinilo	131	130	145	163	182	175	175
Resinas PET para envases y láminas	20	30	38	46	54	58	70
Otras resinas	37	40	45	575	70	70	70
Total	602	650	709	1309	876	853	859

El cálculo realizado de los materiales plásticos que se están aprovechando alcanzó la cifra de 209.655 toneladas anuales, que corresponden al 27,5% del consumo aparente de resinas plásticas vírgenes consumidas en el país.

Debido a las múltiples aplicaciones, propiedades, características y durabilidad de las manufacturas plásticas, éstas tienen una vida útil variable, existiendo productos con una durabilidad mayor a 6 años y en varios casos de 50 o más años, otros de 1 a 6 años y algunos de días a 1 año. La prolongada vida útil y la composición de la mayoría de resinas plásticas se asocia al alto impacto ambiental de este tipo de productos, de hecho los impactos se producen principalmente durante la fase de disposición final y en menor medida en la fase de producción. Esa durabilidad del plástico también limita las posibilidades de reciclaje en ciclos cortos, porque no entran en desuso en pocos años.

Hasta hace algunos años los plásticos constituían un material no aprovechado en el país, que se disponía sin control en botaderos a cielo abierto. A partir del año de 1997, con el diseño de la Política Pública de Manejo Integral de Residuos Sólidos, se han tomado medidas para reglamentar el aprovechamiento y valorización de los residuos sólidos. Sin embargo, en la actualidad, aún existen problemas para su selección y posterior tratamiento, debido a la baja cobertura de la separación en la fuente y la gran variedad de plásticos que existen en el mercado de difícil identificación por parte del reciclador.

2.2.2 Materiales reciclables y el PET

El plástico es el material que presenta un mayor número de subproductos, desde el punto de vista del mercado de los reciclados los plásticos pueden dividirse en tres calificaciones: la primera dada por la dureza, en donde se encuentran los plásticos de película o flexibles y los rígidos, la segunda clasificación está dada por el tipo de resina y la tercera por el color. Las resinas más comercializadas en los plásticos flexibles son los polietilenos de baja (PEBD) y alta densidad (PEAD), en colores transparente, blanco (lechozo) y negro (demás colores). Dentro de éstos se encuentra también el policloruro de vinilo (PVC). En las resinas de plásticos rígidos se encuentran los polietilenos de alta y baja densidad, los polipropilenos (PP), el polietileno tereftalato (PET), el policloruro de vinilo (PVC), policarbonato (PC), nylon y acrílico.

El plástico, entre los materiales recuperados, permite el mayor número de procesos para generar valor agregado antes de ser comercializado por un comprador final, de tal manera que además de clasificar los materiales por las divisiones anteriores, se puedan realizar procesos de densificación que en los plásticos flexibles son correspondientes al material aglutinado y en los rígidos al proceso de molido, también se puede realizar un proceso de presentación del material en pellets. Esta situación ha promovido la creación de negocios microempresariales relacionados con estos procesos.

En los plásticos rígidos la resina del PET ha cobrado importancia en los últimos años y se han creado empresas importantes que demandan este producto, especialmente en Medellín y Bogotá.

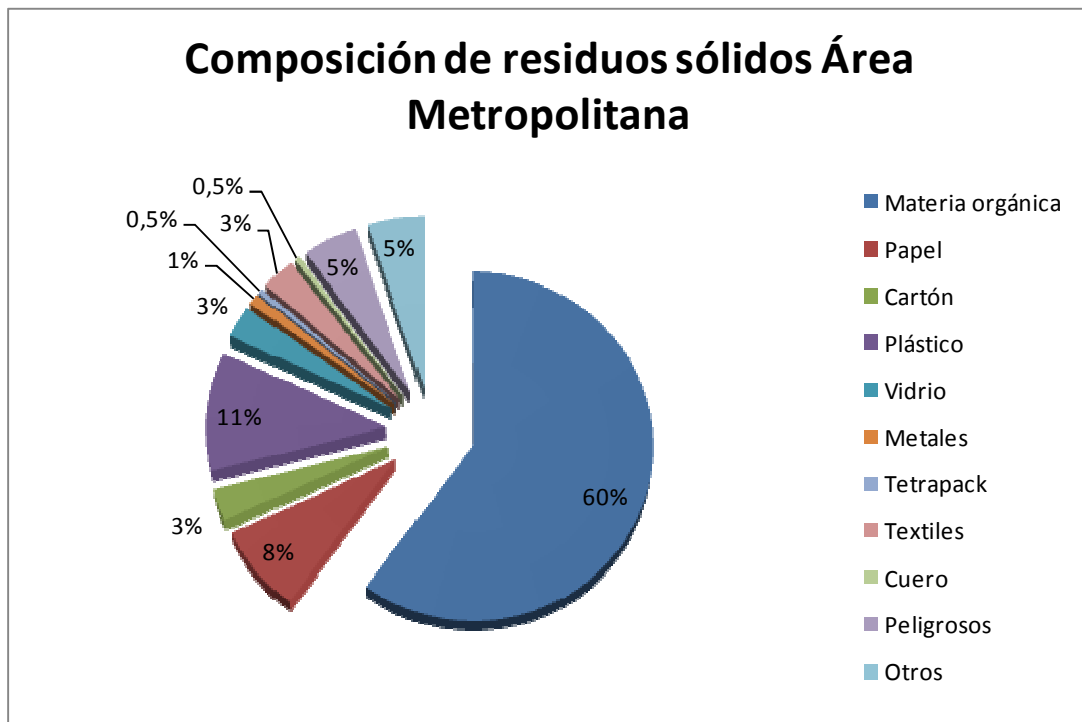
De acuerdo a las cifras recuperadas de los precios que en promedio se pagan en Medellín según el tipo de material, en el siguiente cuadro se puede observar que los precios para el PET en bodega o para un reciclador está entre un 53% y 55% por encima del valor que se paga por un plástico flexible o mezclado; y dentro del conjunto de materiales recuperables de la ciudad, el PET ocupa el cuarto puesto de acuerdo al valor pagado por kilogramo reciclado.

Tabla 3. Precios promedio en Medellín por tipo de material recuperado (\$/Kg).
Fuente: Estudio Nacional de reciclaje.

Precios promedio Medellín por tipo de material		
Material	Bodega (\$/Kg)	Reciclador (\$/Kg)
Aluminio	2.000	1.500
Bronce	8.667	4.250
Cartón	353	248
Chatarra	433	250
Cobre	9.433	5.967
Papel (archivo)	700	550
Papel (periódico)	190	153
PET mezclado y sin beneficiar	750	500
Plásticos flexibles mezclados	417	267
Vidrio (Casco)	117	40

Continuando con este análisis, y de acuerdo a la composición de residuos sólidos en Medellín y su Área Metropolitana, se encontró que los plásticos representan un 11% del total de residuos sólidos generados en la zona descrita, sólo superado por la materia orgánica (60%) y por encima de otros materiales como papel (8%) y cartón (3%).

Figura 2. Composición de residuos sólidos Medellín y Área Metropolitana.
Fuente: EMVARIAS



Ahora, considerando el volumen de reciclados en Colombia, se encuentra que para el caso de la ciudad de Medellín, éste es más alto en materiales como cartón y papel, que el volumen de reciclado de materiales plásticos, lo que indica, teniendo en cuenta las proporciones del cuadro anterior que aunque la composición de residuos tenga una mayor proporción en los plásticos, su aprovechamiento no es tan alto al momento de reciclar como si lo es el de otros reciclables como el papel o cartón.

También, cabe destacar que la ciudad de Medellín se ubica en segundo lugar, después de Bogotá, como generadora de material reciclable, hecho este atribuible a factores geográficos o demográficos de la región, tales como: extensión territorial, cantidad de habitantes, industrias instaladas en la ciudad, entre otros.

En estas cifras no están incluidos otros materiales que se recuperan y se transan en los mercados de otras materias primas (aserrín, estibas, madera, textiles,

caucho, llantas, electrónicos, etc.), ni tampoco en los mercados de usados, su cálculo es más complejo y requiere una cuantificación diferente.

Tabla 4. Volumen de reciclables que se genera en Colombia por ciudad (toneladas). Fuente: Estudio Nacional de reciclaje.

Volumen de reciclables generado en Colombia						
Ciudad	Vidrio	Cartón y papel	Chatarra	Plástico	Total día	Total anual
Bogotá	80,1	686,2	975,0	218,6	1.959,9	715.363,5
Barranquilla	11,8	100,9	143,3	32,1	288,1	105.156,5
Bucaramanga	5,5	47,1	66,9	15,0	134,5	49.092,5
Cali	18,8	161,2	229,0	51,3	460,3	168.009,5
Cartagena	9,8	84,3	119,8	26,9	240,8	87.892,0
Cucuta	2,5	21,2	30,1	6,7	60,5	22.082,5
Florencia	0,6	5,1	7,3	1,6	14,6	5.329,0
Ibagué	2,7	22,8	32,3	7,2	65,0	23.725,0
Leticia	0,2	2,0	2,8	0,6	5,6	2.044,0
Manizales	2,7	23,1	32,8	7,4	66,0	24.090,0
Medellín	26,3	225,7	320,7	71,9	644,6	235.279,0
Montería	1,4	12,0	17,0	3,8	34,2	12.483,0
Neiva	2,2	18,8	26,7	6,0	53,7	19.600,5
Pasto	1,8	15,4	21,8	4,9	43,9	16.023,5
Pereira	2,5	21,1	30,0	6,7	60,3	22.009,5
Popayán	1,6	13,8	19,6	4,4	39,4	14.381,0
Puerto Asís	0,2	1,3	1,9	0,4	3,8	1.387,0
Ríoacha	1,0	8,7	12,3	2,8	24,8	9.052,0
San Andrés	0,1	0,7	1,1	0,2	2,1	766,5
Santa Marta	2,2	18,9	26,9	6,0	54,0	19.710,0
Valledupar	2,2	18,8	26,8	6,0	53,8	19.637,0
Villavicencio	2,8	24,1	34,2	7,7	68,8	25.112,0
Total ciudades	179,0	1.533,2	2.178,3	488,2	4.378,7	1.598.225,5
Resto del país	31,6	270,3	384,1	86,1	772,1	281.816,5
Total nacional	210,6	1.803,5	2.562,4	574,3	5.150,8	1.880.042,0

Según estudio de las Empresas Varias de Medellín – EMVARIAS, la generación total de residuos al día en esta ciudad es de 1.712 Ton/día, de lo cual se concluye, considerando el volumen de reciclables generado por día, que alrededor del 37% de estos residuos son susceptibles de ser recolectados (644 Ton/día), de los cuales sólo el 49% (320 Ton/día) son efectivamente recolectados

por los recicladores de la ciudad, y el otro 61% se distribuye entre lo que se deja de reciclar y lo que recupera la empresa privada dentro de sus programa de Manejo de residuos sólidos.

Por otro lado, según las cifras reportadas por el Censo General de 2005 realizado por el DANE, la cantidad de recicladores para ese año en la ciudad de Medellín era de 3.380 personas, con una aumento del 9% para el año 2008, quedando esta cifra en 3.688 recicladores en la ciudad, según el estudio social de la Secretaría de Medio Ambiente de Medellín, en el cual se puede encontrar mayor información más adelante en el apartado: Perfil social del reciclador en Medellín.

Tabla 5. Datos generales de recuperación en Medellín. Fuente: Empresas Varias de Medellín EMVARIAS.

Datos generales de recuperación en Medellín	
Cantidad aprox. De recicladores según Censo 2005	3.380
Cantidad recolectada por reciclador/día	100 Kg/día
Cantidad total recolectada por día	320 Ton/día
Generación total	1.712 Ton/día

Continuando con el análisis del estudio de EMVARIAS, se realizó una proyección de la recuperación de residuos sólidos en Medellín y su Área Metropolitana hasta el año 2020, en la cual se observa un crecimiento promedio del 1% cada dos años en cuanto a la recuperación realizada por medio de los recicladores, llegando a un máximo del 29,2% para el año 2020, donde se esperan recuperar 197.198 toneladas en ese año de un total de 675.840 toneladas de residuos generadas para ese mismo período; es decir, que se proyecta que del total de residuos generados en el Área Metropolitana, sólo alrededor del 30% se realizará a través de recicladores de la ciudad.

Tabla 6. Proyección de residuos recuperados en el Área Metropolitana. Fuente: EMVARIAS.

Proyección de residuos recuperados en Medellín			
Año	Total residuos	Reciclaje con recicladores	
	Ton/año	Ton/año	%
2005	553,117	69,140	12,5%
2006	560,763	80,610	14,4%
2007	568,480	93,977	16,5%
2008	576,270	109,554	19,0%
2009	584,133	127,707	21,9%
2010	592,072	148,859	25,1%
2011	600,087	153,137	25,5%
2012	608,179	157,530	25,9%
2013	616,350	162,041	26,3%
2014	624,600	166,673	26,7%
2015	632,932	171,430	27,1%
2016	641,345	176,314	27,5%
2017	649,841	181,330	27,9%
2018	658,431	186,480	28,3%
2019	667,087	191,768	28,7%
2020	675,840	197,198	29,2%

2.2.3 Perfil social del reciclador en Medellín

Considerando la importancia del reciclador dentro de la cadena de recuperación de residuos sólidos, se han incluido algunas características de esta población, basadas en estudios realizados por la Universidad de Antioquia y la Secretaría de Medio Ambiente de Medellín.

Un estudio realizado sobre los recuperadores informales de Guayaquil, en 164 familias estudiadas, indica que el 66% de los recicladores eran hombres, que el horario de trabajo superaba las 11 horas diarias y que se trabajaba anticipándose a la ruta de recolección del municipio. La actividad tiene un carácter familiar, el reciclaje es heredado de padres a hijos y también involucra el trabajo de otros familiares y parientes; más del 75% tienen uno o más parientes que son o han sido recuperadores, sólo una cuarta parte de ellos refieren no haber tenido nunca un familiar dedicado al oficio.

Por su parte los principales resultados del Censo de recicladores realizado en 2005 y del estudio social de 2008, adelantado por la Secretaría del Medio Ambiente de Medellín, presenta los siguientes resultados:

Tabla 7. Principales indicadores de la población de recicladores en Medellín.
Fuente: Secretaría de Medio Ambiente de Medellín.

Indicadores recicladores de Medellín	
Número de recuperadores	3.688
Sexo	Mujeres 24,3%
	Hombres 75,7%
Edad	Menor de edad 1,0%
	Entre 18 - 30 años 25%
	Entre 30 - 40 años 21%
	Entre 40 - 50 años 27%
	Mayor de 50 años 25%
	NS/NR 1,0%
Tiempo en oficio	Menor de 5 años 29,2%
	Entre 5 - 10 años 22,7%
	Entre 10 - 15 años 19,2%
	Entre 15 - 20 años 9,0%
	Entre 20 - 30 años 12,3%
	Entre 30 - 40 años 4,6%
	Mayor de 40 años 1,4%
NS/NR 1,6%	
Jornada laboral	4 - 8 horas 32,4%
	Hasta 12 horas 58,5%
	Más de 12 horas 9,10%
Escolaridad	Primaria completa 21,8%
	Primaria incompleta 36,8%
	Secundaria completa 4,9%
	Secundaria incompleta 23,8%
	Ninguna 12%
NS/NR 0,2%	

Adicionalmente, un estudio sobre las condiciones de trabajo y salud de los recicladores urbanos realizado por la Universidad de Antioquia, señala que debe trabajar en condiciones adversas, expuestos al riesgo del tráfico vehicular, exposición a altas temperaturas y a la lluvia por el trabajo a la intemperie. Se

presentan con frecuencia pinchazos y cortaduras por la extracción directa de los reciclables de las bolsas de basura, exposición al monóxido de carbono, bacterias, virus y otros microorganismos presentes en la basura. Las principales enfermedades son: afectaciones respiratorias con el 37,1%, diarreas 8,6%, lesiones dermatológicas 5,7%, infecciones intestinales 5,7%, enfermedades bucales 2,9%.

2.2.4 Planes ambientales en Medellín

Dentro de los proyectos que tiene la ciudad de Medellín para la inclusión comunitaria dentro de los programas de manejo y recuperación de residuos sólidos se encuentran el Esquema de operación del sistema de reciclaje en Medellín y el Plan de gestión integral de residuos sólidos PGIRS.

2.2.4.1 Esquema de operación del sistema de reciclaje en Medellín

Como modelo de operación del reciclaje, y con la participación comunitaria y de la empresa privada se viene desarrollando este esquema y ha permitido incrementar la cantidad de residuos recolectados y apoyar el trabajo de las organizaciones de recicladores y a los trabajadores del eslabón básico.

Aunque no es el sistema ideal, este programa busca el cambio de actitud en la población y su intervención como actor principal en la gestión de residuos sólidos, que se materializa mediante el desarrollo de acciones específicas para cada uno de los tres pilares sobre los que se construye la gestión integral de los residuos sólidos:

- Educación y sensibilización
- Mejoramiento de las condiciones de operación
- Control y seguimiento

Los objetivos del programa buscan involucrar en el sistema integral de manejo de residuos diseñado en el PGIRS a los siguientes actores:

- Organizaciones comunitarias y sociales que están constituidas y que por su objeto social desarrollan o han desarrollado actividades en el componente ambiental.
- Organizaciones que participaron en las comisiones ambientales del Programa Presupuesto Participativo.
- Asociaciones que agremien o agrupen recicladores o recuperadores ambientales que desarrollen su actividad de recuperación en la zona de intervención.
- Juntas de Acción Comunal que tengan intereses en mejorar la calidad ambiental de las zonas.
- Personas naturales o jurídicas que comercialicen materiales reciclables por medio de Unidades Productivas de Reciclaje que se encuentren en la zona de influencia de la intervención.
- Comunidad aledaña a los puntos críticos y a las personas que han realizado solicitudes de intervención.

Educación y sensibilización

Este componente busca generar en los ciudadanos hábitos de comportamiento más apropiados con el medio ambiente y en especial con los residuos sólidos, mediante la capacitación a organizaciones sociales y comunitarias de las zonas beneficiadas.

Consiste en el desarrollo de jornadas de capacitación, donde se les proporcionan a los participantes elementos conceptuales, metodológicos y operativos para motivarlos hacia la Gestión Integral de Residuos Sólidos. Esta actividad se constituye en un proceso generador de espacios de participación ciudadana en la gestión ambiental de manera que se alcance una planeación participativa. Al finalizar esta etapa se espera definir conjuntamente metas, responsabilidades, funciones, sistemas de control e indicadores de gestión.

Mejoramiento de las condiciones de operación

Hace referencia a la optimización del quehacer de los actores; incluye la implementación de recolección selectiva, la recuperación de puntos críticos por medio de actividades comunitarias, donde además de las acciones de limpieza se realizan actividades de paisajismo y embellecimiento del entorno. Estas actividades van siempre acompañadas por el componente de educación para garantizar la sostenibilidad de los logros.

Actividades de control y seguimiento

Se constituye en una estrategia de presión para que los habitantes asimilen e incorporen las normas sobre el cuidado y protección del medio ambiente. Estas actividades también van acompañadas del componente educativo.

Las acciones del esquema están interrelacionadas y tienen como finalidad el fortalecimiento de actores comunitarios en su acción ambiental y el desarrollo de actores públicos con la generación de pactos de convivencia para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos y la recuperación de espacios públicos.

2.2.4.2 Plan de gestión integral de residuos sólidos PGIRS

El Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos se entiende como la labor de planeación de los municipios en la cual se integran objetivos, metas, programas, proyectos y actividades, para la prestación del servicio de aseo con el fin de garantizar la articulación y aplicación de la política de Gestión Integral de Residuos Sólidos.

Dicho Plan tiene un plazo para su ejecución de quince (15) años, contados a partir de su formulación (año 2005) y deberá garantizar el mejoramiento continuo de la prestación del servicio de aseo soportado en principios como la calidad del servicio a toda la población, la prestación eficaz y eficiente en forma continua, economías de escala, el desarrollo de una cultura de la no basura, el fomento al aprovechamiento, la minimización y mitigación del impacto en la salud y el medio ambiente.

Los componentes mínimos que debe abordar el PGIRS son:

- Descripción de la organización municipal para la elaboración del PGIRS.
- Diagnóstico (condiciones técnicas, financieras, institucionales, ambientales y socioeconómicas del municipio frente a la generación y manejo de los residuos).
- Proyecciones demográficas, de generación de residuos, de zonas de expansión urbana y de usos del suelo.
- Objetivos y metas generales, los cuales deberán ser conciliados con las políticas definidas por el Gobierno Nacional y las autoridades ambientales respectivas, y objetivos y metas específicas definidas a través de programas.
- Análisis y selección de alternativas basado en estudios de factibilidad.
- Estructuración del Plan
- Plan de contingencias.
- Mecanismos para la implementación, actualización, seguimiento y control.

Programación presupuestal Medellín

Las autoridades de la ciudad de Medellín, además de ejecutar en un buen porcentaje las acciones programadas en el PGIRS 2004 – 2009, se propusieron financiar en el ajuste al PGIRS entre el 2010 y el 2020 acciones que le dan continuidad a las actividades cumplidas y se incluyen los siguientes proyectos:

- Actualización del censo y diagnóstico de los recuperadores de la ciudad de Medellín: COP704,1 millones.
- Sensibilización y capacitación de los recuperadores y sus familias frente a los programas sociales y de salud tendientes a mejorar la calidad de vida: COP1.560,2 millones.
- Fortalecimiento de la actividad del recuperador a través de capacitaciones y firma de convenios con el sector comercial: COP474,8 millones.
- Visitas técnicas de seguimiento a las organizaciones y a los recuperadores (asesoría y capacitaciones en temas legales, administrativos, técnicos, logísticos y en gestión de proyectos y recursos): COP1.652,2 millones.

Aunque las asignaciones presupuestales son insuficientes para atender las demandas de la cadena básica del reciclaje, muestran un mayor compromiso y una acertada orientación hacia los distintos eslabones para consolidar un sector y formalizar su operación sin desconocer los derechos de los recicladores.

2.3 Los residuos sólidos y su tratamiento

En esta parte de la investigación se pretende dar a conocer que son los residuos sólidos, como es el esquema general para su tratamiento, algunas estrategias de reducción en la fuente y recicalje del PET.

Residuos sólidos plásticos

La acumulación de residuos sólidos es un problema que tiene la sociedad en la actualidad, en todos los países a nivel mundial, creciente en importancia en razón a la disminución de espacios libres para vertederos y fuertes presiones ecológicas. Dentro de estos desechos, los plásticos tienen una importancia relevante como consecuencia de su baja densidad que los hace especialmente visibles.

Las posibles vías de reutilización de los plásticos son varias y de muy diferente naturaleza, abarcan desde su incineración, con posible recuperación energética, hasta su transformación en productos más nobles como el denominado reciclado químico, tales como gases de síntesis o fracciones petrolíferas.

La selección del procedimiento más adecuado para el reciclado de un determinado material no es fácil ni generalista, se deben contemplar aspectos tan diferentes como su composición, legislación medioambiental, auxilios o ayudas de las autoridades gubernamentales o locales, proximidad de refinerías, densidad de población, precio de materias vírgenes, entre otros.

2.3.1 Residuos sólidos

Los residuos sólidos son la parte que queda de un producto, el cual ya no se considera útil para el fin deseado, y es conocido también como desperdicio, desecho o simplemente basura. De manera general se puede decir que los residuos sólidos son porciones que resultan de la descomposición o destrucción de productos generados en las actividades de extracción, transformación,

producción, consumo o tratamiento, y cuya condición no permite incluirlo nuevamente en su proceso original de forma directa.

Por lo general, los residuos sólidos se forman por objetos o partículas que se acumulan en el lugar donde son producidos, y se clasifican con base en el sector de la economía responsable de generarlos; de esta manera se tienen residuos de la extracción de materias primas, de la agricultura, de la industria, de hospitales y laboratorios y los urbanos.

La variedad y características de los residuos sólidos están determinadas por la diversidad de productos que diariamente se consumen en todas las actividades desarrolladas o inducidas por el ser humano. Su composición o forma está relacionada con su origen y el uso específico a que fue destinado.

Los residuos sólidos también se clasifican como degradables y no degradables:

- Los degradables son aquellos que pueden descomponerse en unidades químicas y físicas menores, y la degradabilidad ocurre cuando este residuo se integra al medio en que se encuentra, de tal manera que deja de ser un contaminante.
- Los no degradables, conocidos también como inertes, son aquellos que no sufren cambios en su estructura físico-química, por esta característica, aun cuando son fraccionados o pulverizados por una acción externa como la lluvia o el sol, ellos siguen existiendo, tal es el caso de los plásticos.

2.3.1.1 Residuos sólidos urbanos

Los residuos sólidos urbanos son los generados en las zonas urbanas. Estos tipos de residuos están conformados por todos los materiales que las personas de una zona o localidad determinada ya no desean, debido a que están descompuestos, rotos, desgastados, fuera de moda o que son desechables.

En una definición más amplia, de acuerdo con el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos, éstos son los generados en las viviendas, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos

que provienen de cualquier actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados residuos de otra índole.

2.3.1.2 Composición de los residuos sólidos urbanos

Los residuos sólidos urbanos, conocidos también como residuos pos-consumo, varían en su composición de país a país en función de muchas variables. Entre estas se cuentan las características del consumo de bienes y el poder adquisitivo de la población, la conciencia sobre la importancia de no contaminar el medio ambiente, la cultura ciudadana existente para el manejo de los residuos, la existencia de programas de separación en la fuente y de recolección selectiva de residuos sólidos y los procedimientos o tecnologías aplicadas para el tratamiento de los residuos urbanos (incineración, reciclaje y otras alternativas).

De cualquier forma, el problema a considerar, más que la composición y participación de cada tipo específico de residuo, es encontrar la mejor opción para su recuperación o tratamiento. En el mundo de hoy, donde el cuidado ambiental y de los recursos naturales se impone, no se puede seguir considerando a estos materiales como basura, sino que se deben ver como lo que realmente son: recursos recuperables, susceptibles de ser reincorporados en el ciclo productivo.

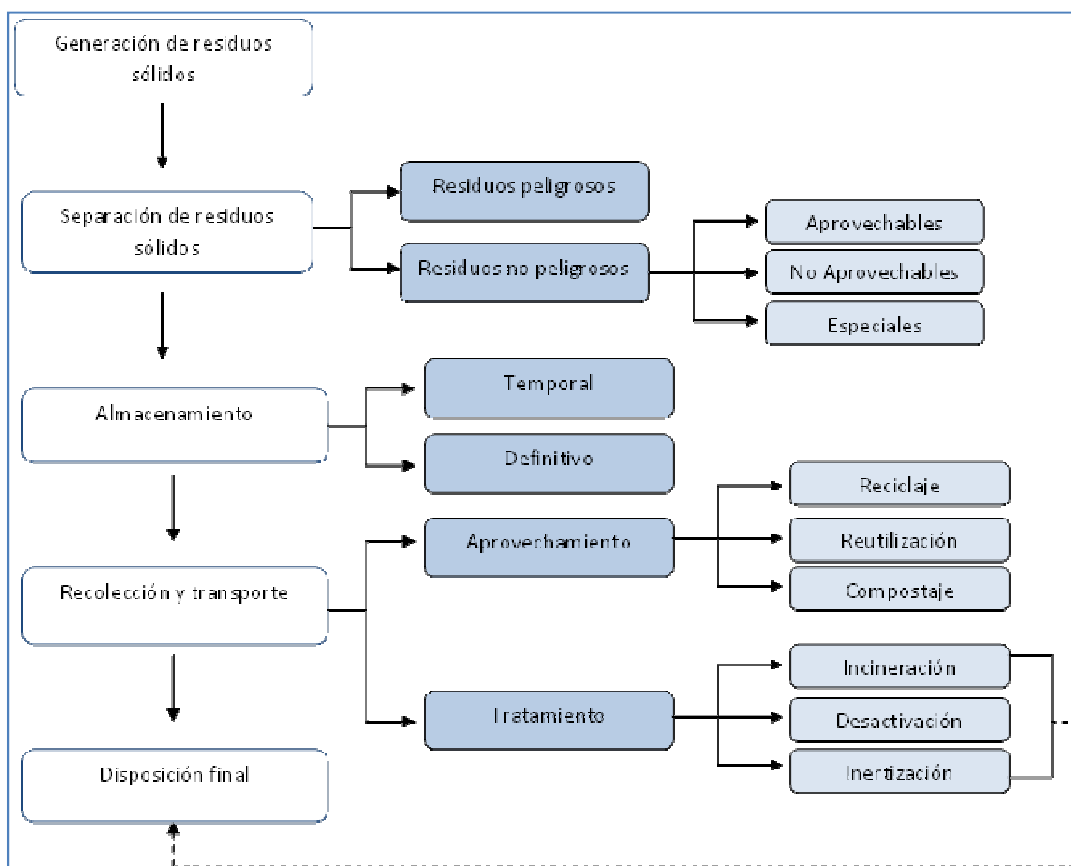
2.3.1.3 Manejo integral de residuos sólidos

Como alternativa para encausar los procesos de generación, recolección y separación de residuos, el manejo integral de éstos permite realizar una adecuada preparación con el fin de gestionar toda la cadena, lo cual implica la planeación y cobertura de las actividades relacionadas con los residuos, desde la generación hasta la disposición final, incluyendo los aspectos de separación, movimiento interno, almacenamiento, desactivación, recolección, transporte y tratamiento, con lo cual se pretende evitar y minimizar la generación de residuos

e incrementar el aprovechamiento de éstos, de tal suerte que cada vez sea menor la cantidad de residuos a disponer.

En el siguiente diagrama se puede observar el proceso completo, con sus respectivas actividades afines a cada fase.

Figura 3. Manejo integral de residuos sólidos. Fuente: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

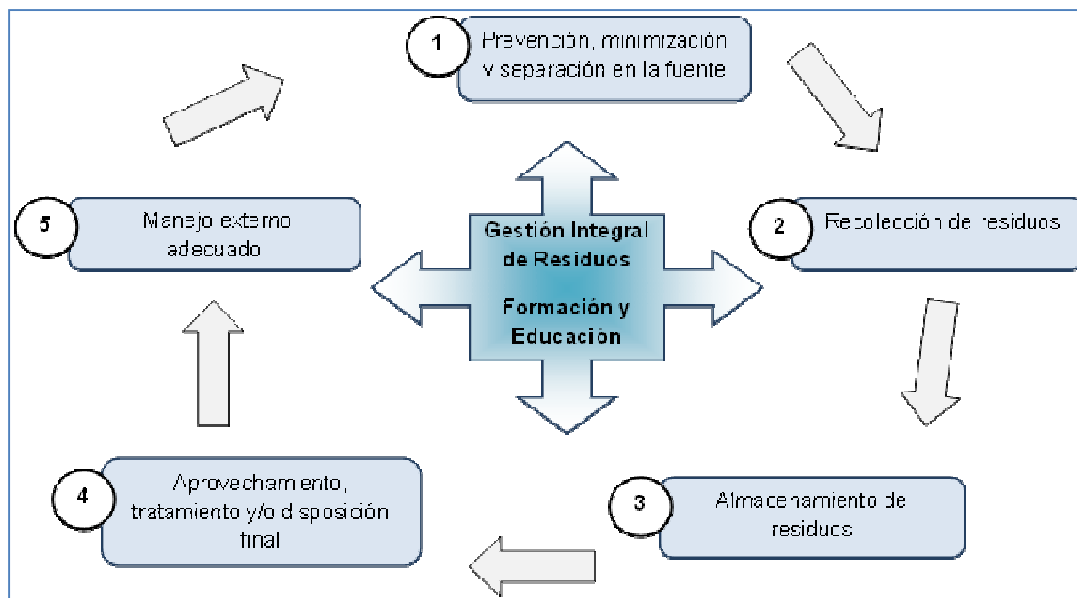


2.3.1.4 Gestión integral de residuos sólidos

Es el conjunto de operaciones y disposiciones encaminadas a dar a los residuos producidos el destino más adecuado desde el punto de vista ambiental, de acuerdo con sus características, volumen, procedencia, costos, tratamiento,

posibilidades de recuperación, aprovechamiento, comercialización y disposición final. En el siguiente esquema se presenta el proceso completo de gestión de residuos sólidos y la explicación de cada fase.

Figura 4. Esquema para la gestión integral de residuos sólidos. Fuente: Secretaría del Medio Ambiente.



Formación y capacitación

Esta primera etapa hace parte del eje que da soporte a la estructura de un esquema de manejo integral de residuos. Se deben plantear estrategias para la formación y capacitación de la comunidad en general, a través de la elaboración de cronogramas y mecanismos que permitan llevar al logro de los resultados esperados.

Separación en la fuente

Implementación de políticas que lleven a la minimización de residuos sólidos y separación de acuerdo con su clasificación; además, contar con recipientes correspondientes al tipo de residuos generados que cumplan las características de acuerdo al siguiente diagrama (código de colores).

Figura 5. Separación en la fuente: código de colores. Fuente: Metropol.



Recolección de los residuos

Se debe realizar la recolección de los residuos de acuerdo con rutas establecidas y que sean acordes con la cantidad y tipo de residuos generados, con las características de sus espacios y con la capacidad de los recipientes. Además, se debe cumplir con los horarios y frecuencias establecidas ya que esto genera hábitos de recolección en la comunidad.

La recolección de los residuos sólidos debe realizarse de manera separada de acuerdo con las características de cada residuo; en ningún caso, puede realizarse una recolección conjunta, por ejemplo, de residuos peligrosos con los no peligrosos.

Almacenamiento de los residuos

Una vez generados los residuos sólidos se deben disponer en recipientes para su almacenamiento temporal para posteriormente entregarlos a las empresas de recolección y transporte de residuos. El tamaño de las canecas o bolsas depende mucho del tipo de residuos que se generen. Los residuos de la cocina suelen tener una densidad mayor a los residuos que se pueden generar en una oficina o en el baño, lo que implica que para la cocina se requieren canecas y/o bolsas más grandes (o desocuparlas más veces).

Aprovechamiento, tratamiento y disposición final

Debe ejecutarse el aprovechamiento, tratamiento y/o disposición final de los residuos sólidos generados con base en lo identificado y establecido por la empresa recolectora, teniendo en cuenta, las características de los residuos y siempre en cumplimiento de la normatividad ambiental y de las políticas ambientales.

Manejo externo adecuado

Este manejo se debe realizar adecuadamente y en cumplimiento de la normatividad ambiental vigente aplicable para cada caso.

Adicionalmente, la empresa recolectora debe contar con copia de las autorizaciones (permisos y licencias) otorgadas por la autoridad ambiental competente para el desarrollo de estas actividades; dichas autorizaciones deben estar disponibles en caso de visitas de seguimiento y control.

2.3.2 Reducción en la fuente

La reducción en la fuente es una estrategia que involucra diversas actividades tendientes a disminuir la cantidad de material y energía utilizadas durante la producción, distribución y disposición final de productos.

Es, en otras palabras, usar menos para que los recursos naturales duren más y para que se generen menos residuos sólidos. Las principales ventajas de la reducción en la fuente aplicada a la fabricación de productos plásticos (que en Colombia ya es realizada por varias industrias transformadoras, líderes en la utilización de resinas plásticas con mejores propiedades y tecnologías de última generación) son las siguientes:

- Disminución significativa de la cantidad de residuos por la menor utilización de materias primas
- Prolongación de la vida útil de los rellenos sanitarios
- Ahorro significativo de recursos naturales y, por lo tanto, de recursos financieros
- Ahorro de energía en la producción de materias primas e insumos
- Ahorro de energía en transporte
- Reducción de la contaminación y del efecto invernadero.

Dado el extraordinario dinamismo de la industria plástica a nivel mundial, los nuevos desarrollos en el procesamiento de las resinas plásticas y los nuevos materiales disponibles, hoy en día, es posible la fabricación de productos plásticos con mejores propiedades mecánicas, físicas y químicas, y con volúmenes menores en su composición.

Por ejemplo, en el caso de los envases, su peso ha disminuido sensiblemente y ahora llega a tener un 80% menos de masa que hace 20 años. Esta reducción en la fuente contribuye en forma significativa a un tratamiento más adecuado del menor volumen de residuos plásticos. Algunos ejemplos son:

Envases de yogurt de Poliestireno - PS

A través de la reducción en la fuente, se han logrado disminuciones de hasta el 63% respecto de los primeros envases fabricados en la década del 60. En 1968

los vasos de yogurt, de 125 cm³, tenían un peso promedio de 6,5 gramos. Para 1990, el mismo tipo de vaso pesaba en promedio 3,5 gramos.

Botellas para gaseosas de dos litros en PET

Cuando fueron introducidas, a mediados de la década del 70, pesaban aproximadamente 68 gramos y ahora 53 gramos, lo cual representa un ahorro del 22% de recursos.

Industria automotriz

Cada día se utiliza más plástico en la fabricación de partes. Hoy aproximadamente el 15% de un carro es de plástico, lo que reduce su peso total en 29,2 Kg. El menor peso del vehículo genera un ahorro del 4% en combustible y disminuye el impacto que se genera sobre el ambiente.

2.3.2.1 Recolección y separación de residuos plásticos

Considerando el caso colombiano, el reciclaje se logra de dos maneras:

- La primera es mediante la separación y acopio en las industrias, comercios y grandes generadores y productores de materiales reciclables homogéneos (papel, cartón, botellas, plásticos y metales ferrosos y no ferrosos) para venderlos a recolectores privados especializados. Generalmente este tipo de reciclaje es lucrativo y ecológicamente positivo porque puede realizarse bajo condiciones que protegen la salud del trabajador.
- El segundo tipo de recolección es el practicado en la basura y generalmente consta de tres posibles tipos de intervención, la primera por los recolectores callejeros en las bolsas o recipientes colocados para su recolección; la segunda en el camión recolector por los trabajadores del servicio; y la tercera en el relleno sanitario por los recolectores informales.

El método de reciclaje mas promocionado en los países desarrollados es el de la recolección separada en la fuente domiciliaria con la participación de la

comunidad. En países con tradición de participación de la sociedad y donde el nivel educativo es alto los resultados han sido positivos, aunque algunos críticos sostienen que el costo real del material recuperado es alto y que las compañías recicladoras pagan precios subsidiados.

En América Latina este método se aplica parcialmente y solo en algunas ciudades de países como Argentina, Colombia, Brasil y México. La diferencia se debe a la desocupación y pobreza de Latinoamérica que genera existencia de recicladores, grupo social que no existe en los países desarrollados donde la separación la hace directamente la comunidad en la fuente generadora.

La ejecución de la recolección en las áreas metropolitanas y grandes ciudades es realizada mediante contratos con el sector privado o mediante el otorgamiento de concesiones a consorcios privados; observándose una mayor productividad en el sector privado que en los servicios de la municipalidad. En Colombia por ejemplo, mientras Cali emplea 0.4 operarios por 1.000 habitantes bajo el sistema de recolección municipal, Bogotá requiere 0.17, Barranquilla 0.15, y Santa Marta 0.12 por cada 1.000 habitantes bajo el sistema privado.

2.3.3 Recuperación y reciclaje de PET

El reciclado de los envases de PET se consigue por dos métodos; el químico y el mecánico, a los que hay que sumar la posibilidad de su recuperación energética.

El primer paso para su reciclado, es su selección, desde los residuos procedentes de recolección selectiva o recogida común.

2.3.3.1 Reciclaje mecánico pos-industrial (primario)

Es el que tiene lugar dentro del mismo proceso en que se genera el residuo. Hace referencia al reciclaje industrial y se lleva a cabo normalmente mediante la molienda (ó densificación, según se requiera) y la reincorporación del material plástico recuperado al proceso de fabricación.

2.3.3.2 Reciclaje mecánico pos-consumo (secundario)

Se denomina así al proceso para recuperar, mediante reciclaje mecánico, los residuos de productos hechos con materiales plásticos, una vez que éstos han terminado su vida útil.

Casi todos los plásticos pueden reciclarse con éxito para segundas aplicaciones, sin que ello repercuta de manera significativa en el medio ambiente. Una vez limpios y triturados, el proceso de reciclaje mecánico de los residuos plásticos es muy parecido al proceso original de producción de las distintas aplicaciones.

Las tasas de reciclaje son más altas cuando existe un suministro constante de residuos limpios de un material único. Sólo las empresas con conocimientos en la mezcla de plásticos y aditivos pueden procesar satisfactoriamente los residuos de plástico puesto que algunas mezclas de plásticos pueden procesarse juntas, mientras que otras son incompatibles. Sin embargo, no todos los residuos plásticos recuperados pueden ser sometidos a reciclaje primario o secundario, ya sea, por presentar una alta contaminación con sustancias químicas orgánicas e inorgánicas, o por tener un alto grado de deterioro en sus propiedades mecánicas. Por ello es necesario considerar las otras alternativas de reciclaje para la gestión de este tipo de residuos plásticos.

Debe evitarse el reciclaje mecánico de residuos plásticos pos-consumo que hayan tenido contacto con productos tóxicos o peligrosos. Por ningún motivo el material recuperado puede ser utilizado para elaborar productos que tengan contacto directo con alimentos, productos del sector farmacéutico o para elaborar juguetes. Los materiales plásticos que presenten alta contaminación microbiológica o con sustancias tóxicas y que puedan presentar un riesgo a la salud pública, deben ser sometidos a procesos de combustión, técnica y ambientalmente controlados.

2.3.3.3 Reciclaje químico (terciario)

Es el tratamiento de residuos plásticos mediante procesos físico-químicos, en los cuales las moléculas de los plásticos son rotas, con el fin de obtener de ellos monómeros o productos con algún valor para la industria petroquímica y convertirlos nuevamente en materias primas.

Es aplicado principalmente a aquellas corrientes de residuos complejas de manejar a través de las técnicas de reutilización o reciclaje mecánico, tales como plásticos compuestos, partes de automóviles, cables, tapetes, textiles, etc.

Algunos procesos de reciclaje químico, como la pirólisis, ofrecen la enorme ventaja de que no requieren de una separación por tipo de resina plástica, lo que permite aprovechar residuos plásticos mixtos, es decir, aquellos provenientes de la corriente de los residuos sólidos municipales, que son separados de ésta pero no clasificados entre sí por tipo de resina.

El reciclaje químico comenzó a ser desarrollado por la industria petroquímica con el objetivo de lograr las metas propuestas para la optimización de recursos y la recuperación de residuos. Se estableció así una alternativa para el reciclaje mecánico, superando las limitaciones que éste presenta y contribuyendo a reducir los costos de recolección y clasificación, así como a la obtención de productos finales de alta calidad.

El éxito de la mayoría de tecnologías de reciclaje químico depende de la disponibilidad constante de grandes cantidades de desechos plásticos, ya que la economía de escala es determinante para que sean competitivas frente a la producción de polímero virgen. A medida que los precios del petróleo aumentan, estas iniciativas son más interesantes.

En general, el reciclaje químico se encuentra hoy en una etapa experimental avanzada. Es de esperar que, en los próximos años, pueda transformarse en una poderosa y moderna herramienta para tratar los residuos plásticos. El éxito dependerá de la conexión que pueda establecerse entre todos los actores de la

cadena: petroquímica, transformadores, grandes usuarios, consumidores y ciudades, con el fin de asegurar la unidad de reciclado y que la materia prima, es decir, los residuos plásticos, lleguen a una planta de tratamiento.

2.3.4 Recomendaciones para el Reciclado del PET

La tapa, el aro de seguridad y su empaque (liner o sello)

Se recomienda que el aro de seguridad se desprenda del cuello del envase, y el empaque de la tapa (liner), se quede en la tapa a la hora de abrir el envase. También es mejor si la tapa, el aro de seguridad y el liner son de Polipropileno (PP) o Polietileno de alta densidad (PEAD); estos materiales son preferibles al aluminio y a otros materiales. El PVC no es recomendable porque una pequeña cantidad de PVC puede contaminar grandes cantidades de PET dispuesto para su reciclado por su diferente temperatura de fusión o ablandamiento.

Las etiquetas

- Es preferible usar etiquetas de alguno de los siguientes materiales:
- Polipropileno (PP)
- Polietileno orientado (OPP)
- Polietileno de alta, media o baja densidad (PEAD, PEBD, PEMD)
- Papel

Las etiquetas metalizadas dificultan el reciclado de cualquier plástico, pues al contener metales lo contaminan. Las etiquetas deben poder desprenderse en el proceso de lavado del reciclador, por lo que es importante seleccionar un adhesivo conveniente y evaluar las etiquetas termo-ajustables o a presión.

Los sistemas de impresión serigráfica provocan que el PET reciclado y granulado tenga color, disminuyendo sus posibilidades de uso, mercados y precio. Se recomienda evitar pigmentos de metales pesados.

El color

La botella de PET transparente sin pigmentos tiene mejor valor y mayor variedad de usos; sin embargo, con una separación adecuada, el PET pigmentado tendrá ciertos usos.

Las multicapas o recubrimientos

Las capas que no son de PET en los envases multicapa, así como los recubrimientos de otros materiales, reducen la reciclabilidad del PET. Es necesario separar esta clase de envases de los de PET simple.

Las bandas de seguridad y sellos

Estos son generalmente incluidos en el diseño del producto envasado en PET, cuando se consideran necesarios, pero contaminan el PET para reciclar si no son removidos del envase desde la selección y separación del mismo. Se recomienda no usar PVC para fabricar estos elementos.

El diseño

Actualmente, los diseñadores tienen la oportunidad y la responsabilidad de entender el ciclo de vida y el impacto de los productos de PET. Por ello, la base de un buen diseño de envases es que sea lo más adecuado para su propósito, integrando lo más conveniente para el consumidor y asegurando una segunda vida útil

2.4 Logística verde y la gestión de los residuos plásticos

Luego de conocer que son los residuos plásticos, y como se deben gestionar, en esta parte de la investigación se presentan los elementos o herramientas que a partir de la logística verde se puede usar para gestionar los residuos plásticos, y de que manera se relacionan con la normatividad vigente en cuanto a su aprovechamiento y disposición final.

2.4.1 Elementos generales de la gestión de residuos plásticos

De acuerdo con la política colombiana sobre el manejo de los residuos, la gestión de los plásticos debe basarse en una jerarquización de las acciones de manejo, dando prioridad a las actividades que apuntan a la minimización de los residuos, después se deben plantear alternativas para el aprovechamiento de los materiales y finalmente, si las demás acciones no son aplicables, se debe realizar una disposición final adecuada a los mismos.

Por lo tanto, la gestión de los residuos plásticos está compuesta por cuatro elementos básicos:

- Reducción en la generación de residuos.
- Aprovechamiento para el reciclaje.
- Aprovechamiento energético.
- Disposición final controlada.

Reducción de residuos plásticos

El primer paso para lograr una gestión adecuada de este tipo de residuos, es la llamada reducción en la fuente, una estrategia que involucra diversas actividades tendientes a disminuir el uso de recursos y materias primas en la producción de artículos. Al utilizar menos materia prima se producen menos residuos sólidos y además se aprovechan mejor los recursos naturales.

En el caso de la industria del plástico, la reducción en la fuente debe aplicarse en las etapas de producción, por lo tanto, la responsabilidad recae directamente sobre los primeros actores de la cadena de gestión, es decir sobre:

- Los fabricantes de los diferentes tipos de plásticos (industria petroquímica).
- Las empresas que fabrican los diferentes productos finales (industria transformadora).
- Quienes diseñan los envases o empaques de diferentes productos.

Son ellos los que deben incluir dentro de sus sistemas de gestión ambiental, políticas enfocadas a aumentar la eficiencia en el uso de materias primas y adicionalmente deben apostar al eco-diseño para que los artículos producidos sean ambientalmente amigables.

Aprovechamiento para reciclaje

El siguiente actor en la cadena de gestión es el consumidor, quien se encarga de adquirir los diferentes productos, darles un uso y una vez que han cumplido su fin los desecha, convirtiéndose en el generador de los residuos.

En este punto es necesario que los consumidores tomen conciencia de su responsabilidad dentro de la cadena de gestión, puesto que sus patrones de consumo afectan la generación de residuos y la capacidad de aprovechamiento de los mismos. Por lo tanto un consumidor responsable es aquel que:

- Selecciona los productos no sólo con base en su calidad y precio, sino también por su impacto ambiental y social, y por la conducta de las empresas que los elaboran.
- Elige consumir sólo lo que necesita.
- Colabora de manera activa con los programas de selección en la fuente para facilitar el reciclaje de residuos.

Una vez generados los residuos, el siguiente paso dentro de la gestión de los plásticos es el reciclaje, que es llevado a cabo por iniciativas privadas o

municipales, dedicadas a esta actividad económica, que tiene como objetivo la obtención de nuevas resinas o materias primas. Gracias al reciclaje, se logra aumentar ampliamente la vida útil de dichos materiales puesto que por medio de diferentes procesos de transformación, se logra recuperar el material y utilizarlo como insumo dentro de los procesos productivos y de esta forma retrasar y/o disminuir la extracción de materia prima virgen.

Aprovechamiento energético

Cuando las alternativas descritas anteriormente han sido agotadas, los residuos de plástico pueden ser destinados a un proceso de combustión controlada, mediante el cual se aprovecha su alto poder calorífico al utilizarlos como combustibles alternativos, de esta forma es posible recuperar el valor intrínseco de dichos materiales. Este proceso al igual que el reciclaje, es realizado por entidades públicas o privadas que se dedican a esta actividad económica.

Disposición final

Aquellos residuos plásticos que por alguna razón no sean susceptibles de aprovechamiento a través de algunas de las acciones descritas anteriormente, deben ser dispuestos en un relleno sanitario operado técnicamente y cumpliendo con la normatividad ambiental vigente en el país. La disposición final es responsabilidad de las empresas prestadoras del servicio de aseo y los operadores de los rellenos sanitarios de cada municipio.

2.4.1.1 Disposición Final de residuos plásticos

La disposición final es la etapa donde se da uso a:

- Los residuos que no pueden ser reciclados y no tienen ningún uso adicional.
- La materia residual que queda después de un proceso de separación de materiales.
- La materia residual producto de procesos de conversión de energía.

Por sus características los plásticos generan problemas en la recolección, traslado y disposición final. Algunos datos dan cuenta de esto. Por ejemplo, un camión con una capacidad para transportar 12 toneladas de desechos comunes, transportará apenas 5 o 6 toneladas de plásticos compactados, y apenas 2 de plástico sin compactar.

Dentro del total de plásticos reciclables que hoy van a la basura se destaca en los últimos años el aumento sostenido de los envases de PET, proveniente fundamentalmente de botellas de agua, aceites y bebidas alcohólicas y no alcohólicas. Las empresas vienen sustituyendo los envases de vidrio por los de plástico retornables en un comienzo, y no retornables posteriormente. Esta decisión implica un permanente cambio en la composición de la basura.

De esta manera, resulta claro que la disposición de estos materiales al medio ambiente representa un grave problema ambiental.

A continuación se presentan las técnicas de aprovechamiento, tratamiento o disposición para residuos sólidos:

Tabla 8. Técnicas de aprovechamiento y disposición de residuos sólidos. Fuente: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Residuos	Tratamiento o disposición final
Ordinarios	Relleno sanitario
Biodegradables	Compostaje, lombricultura
Reciclables: plástico, vidrio, cartón y similares, chatarra.	Reciclaje
Peligrosos: con algunas restricciones dependiendo de sus características.	Aprovechamiento, incineración, rellenos de seguridad, otras tecnologías de tratamiento (como térmicos, fisicoquímicos, etc.)
Escombros	Escombreras autorizadas

2.4.1.2 Situación de la disposición final de residuos sólidos en Colombia

Durante los últimos años el Gobierno Nacional ha logrado grandes avances en materia de reglamentación y regulación de los sistemas de disposición final de residuos sólidos que se utilizan en el país, buscando con ello una visión integral de la prestación del servicio de aseo y la minimización de los impactos generados desde el punto de vista ambiental y que afectan la salud de la población.

Es así como el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, expidió las Resoluciones 1045 de 2003 y 1390 de 2005 por medio de las cuales se prohíbe a los municipios disponer en botaderos a cielo abierto u otros sistemas inadecuados, como son enterramientos, quemas o cuerpos de agua. Sin embargo para aquellos donde persistía esta situación se otorgó como fecha límite, para iniciar la disposición en un relleno sanitario, el 15 de octubre de 2008.

Por su parte, la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA), a través de sus disposiciones en materia regulatoria ha señalado que el relleno sanitario es el único sistema de disposición final a reconocer en la tarifa del servicio público de aseo; además de un incentivo hacia el aprovechamiento, bajo la condición que los usuarios no podrán ver afectada la tarifa a pagar por el desarrollo de esta actividad.

El Plan Nacional de Desarrollo, adoptado mediante Ley 1151 de 2007, en los aspectos relacionados con la prestación de los servicios públicos y en particular con la disposición final de residuos sólidos establece, en el artículo 101, la prohibición de restringir injustificadamente el acceso a rellenos sanitarios y/o estaciones de transferencia y da señales que incentivan la adopción de rellenos sanitarios regionales, que redundan en la formación de economías de escala, además de los beneficios ambientales que esto genera.

Con el propósito de regular dicho incentivo a la regionalización de los rellenos sanitarios, la CRA expidió la Resolución 429 de 2007 que incorpora al costo de

disposición final el 0,23% del salario mínimo legal vigente que se entrega al municipio donde se ubica el relleno sanitario.

Con base en lo anterior y teniendo en cuenta los resultados del estudio "Situación de la Disposición Final antes y después de la Resolución 1390 de octubre de 2005", donde se encontró que el 81.16% de los residuos producidos en el país eran dispuestos en rellenos sanitarios o plantas de tratamiento integral de residuos sólidos por parte de 543 municipios, la Superintendencia de Servicios Públicos se dio a la tarea de determinar la evolución en este sentido y por lo tanto el cumplimiento de la norma en aquellos departamentos donde se continuaba disponiendo en sitios inadecuados.

2.5 Aprovechamiento del PET

Finalmente, se presentan algunas estrategias de para el aprovechamiento del PET, con el fin de hallar nuevas posibilidades de aplicación y de negocio a partir del reciclaje, y disminuir el impacto negativo de estos desechos en el medio ambiente.

2.5.1 Situación ambiental del sector plástico

El impacto ambiental en la producción de materias primas y en la industria transformadora de resinas plásticas es poco significativo debido a factores tales como: la no utilización de combustibles fósiles, bajo consumo de energía eléctrica, poca demanda de agua, muy bajo nivel de emisiones atmosféricas y vertimientos, y facilidad de reciclar los residuos sólidos industriales, en particular los termoplásticos, dentro de sus procesos o en los de otras industrias.

Sin embargo, la disposición final de los residuos plásticos tiene un impacto ambiental en la medida en que los residuos sólidos sean eliminados en botaderos a cielo abierto; siendo ésta una práctica que predomina en la mayoría de los municipios de Colombia. Según la Política de Manejo Integral de Residuos Sólidos expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, esta práctica se ha favorecido por:

- La falta de aplicación de tecnologías alternativas para el tratamiento, aprovechamiento y disposición final de los residuos.
- Falta de coordinación interinstitucional del tema.
- Falta de recursos financieros por parte de los municipios.
- Énfasis en la determinación de los costos de recolección y transporte de forma que la tarifa de aseo no involucra los costos reales de un sistema de eliminación, tratamiento o disposición final.
- Falta de empresas de aseo consolidadas que ofrezcan alternativas en el manejo de los residuos sólidos (las empresas establecidas ofrecen las tradicionales fases de recolección, transporte y disposición final,

únicamente), entre otras; todo esto origina un desconocimiento a nivel municipal de la existencia de tecnologías alternas para el manejo de los residuos sólidos.

Desde 1997 el Estado Colombiano ha tomado medidas para reglamentar el aprovechamiento y valorización de los residuos sólidos como son:

- La Política de Manejo Integral de Residuos Sólidos
- El Decreto 1713 de 2002
- La Resolución 1045 de 2003
- Y una serie de disposiciones a nivel legal que impulsan la separación en la fuente de los diferentes tipos de residuos domiciliarios, la recolección selectiva de los residuos, la existencia de centros de acopio y el fomento de las actividades propias de la recuperación de los residuos como el reciclaje y el compostaje.

En el caso de los plásticos, la situación a lo largo de los años no ha sido muy distinta a la de los otros materiales. La falta de separación en la fuente y la gran variedad de plástico que existe en el mercado, de difícil identificación por parte del productor, representan algunos de los mayores problemas para su selección y posterior tratamiento.

En consecuencia, empresas e instituciones han promovido diferentes campañas de sensibilización, capacitación y manejo de los residuos plásticos aprovechables, que se traducen en casos exitosos pero de carácter aislado. El objetivo de estas campañas es generalizar el concepto que los residuos plásticos domiciliarios o urbanos, de pos-consumo o pos-industria, deben dejar de ser tratados como basura, y manejarse mediante alternativas diferentes a la disposición final en los rellenos sanitarios.

2.5.2 Aprovechamiento y valorización de los residuos plásticos

El aprovechamiento y valorización de los residuos plásticos, mediante diferentes procesos de recuperación o tratamiento, es consecuencia de los desarrollos tecnológicos que se adelantan desde hace varios años, principalmente en los países industrializados.

Son múltiples las razones que han motivado estas nuevas tecnologías para el tratamiento de los residuos plásticos; entre ellas se encuentran:

- Los grandes volúmenes de residuos plásticos domiciliarios generados.
- La legislación ambiental, y en general, la política y la normativa de las autoridades de los países desarrollados para controlar los volúmenes de residuos sólidos (de empaques y envases plásticos), así como para el manejo y tratamiento de los desperdicios.
- El avance en el conocimiento tecnológico de los diferentes procesos y materiales plásticos.

Las tecnologías disponibles para el tratamiento y recuperación de los residuos plásticos incluyen: el reciclaje mecánico, el reciclaje químico y la incineración con recuperación energética.

2.5.3 Propuestas de aprovechamiento del PET

El reciclaje de PET se está proyectando como parte fundamental del boom ambiental que se vive actualmente y, con esto, se está convirtiendo en una de las mayores oportunidades de negocios para toda la industria del plástico. Sin embargo, aún debe afrontar una serie de retos antes de ampliar su alcance.

El acopio de material, la volatilidad de los precios y cambiar la percepción de los consumidores frente a productos elaborados con estos materiales se constituyen

en los principales desafíos que encuentra el gremio en toda América Latina para consolidar este negocio. La recolección y la recuperación del material usado es el principal inconveniente que encuentran las empresas interesadas en reciclar PET. Estas labores son la piedra fundamental para garantizar un abasto permanente, que a su vez permita el desarrollo de una industria recicladora. A pesar de que se exalta la reciclabilidad del PET como uno de sus más preciados beneficios, para la mayoría de los mercados, la cantidad de material que va a parar a un relleno sanitario o vertedero aún supera a la cantidad que se recicla.

El mercado está comenzando a percibir el uso de materiales reciclados como una ventaja, gracias a tecnologías para hacer nuevos productos de alto valor con estos materiales. Los desafíos locales para el fortalecimiento de la industria son muchos, pero los beneficios son mayores.

El tema del acopio es crítico para la industria de reciclaje en Medellín y su área metropolitana, donde no hay una cultura de separación en la fuente. Aún así las cifras de recuperación muestran un gran potencial.

Otro asunto importante para el sector en la Región gira en torno a los precios de PET pos-consumo, que se ven distorsionados por la dinámica de exportación de materiales a grandes centros de producción en Asia y por los cambios cíclicos en los precios de la resina virgen. Esta volatilidad tiene una influencia directa y negativa en la consistencia en el acopio, cuando el ciclo de precios tiende a la baja. Así mismo, está el hecho de que algunos sectores del mercado presentan resistencia hacia el uso de materiales reciclados en algunos productos.

Sin embargo, para Carlos Lotero, Gerente de operaciones de Custom Polymers (el octavo reciclador de plástico postindustrial y postconsumo más grande de Estados Unidos), el panorama es muy positivo: “Cada año se ve más el incremento del uso del PET reciclado para varios productos en Latinoamérica. Muchas compañías en varios países están invirtiendo en maquinaria y tecnología

para dar uso al PET reciclado. Hay varias oportunidades. Brasil es el líder en todo el continente latinoamericano en uso final, seguido por México y Argentina. Además, se nota más confianza en el uso del reciclado para competir con países como China”.

Lo cierto es que debido a la importancia que tiene actualmente el factor ambiental, los desafíos del reciclaje de PET tienden a convertirse en oportunidades. Por ejemplo, teniendo en cuenta este aspecto, el precio no sería el único diferenciador entre un producto terminado fabricado con resina virgen o con resina recuperada. Según Jaime Cámara, Director general de PetStar S.A. (la mayor planta de reciclaje botella a botella de México), “No existe ningún parámetro que diga que el precio de la resina reciclada deba de ser menor que el de la resina virgen. En el tema de aplicaciones de PET reciclado para grado alimenticio, las especificaciones que se requieren por parte de los grandes embotelladores internacionales son muy estrictas, y esto no se puede hacer sin tener una inversión significativa, con tecnología de punta. El beneficio que se tiene que buscar es ser competitivo con la resina virgen y estar, cuando menos, a la par. En ese caso, el compromiso ambiental y la motivación ecológica serán los que determinen la toma de decisiones, y no únicamente el aspecto económico”.

Así mismo, las inversiones tecnológicas en nuevas plantas locales de reciclaje van respaldadas con acuerdos y programas que permitan promover el acopio de materias primas. Por ejemplo, Enka de Colombia, principal reciclador de PET en Colombia, ha logrado reunir los volúmenes y flujos de material reciclado necesarios a través de cooperativas y fundaciones sin ánimo de lucro comprometidas con el tema ambiental y social.

De la mano de la sostenibilidad de productos y procesos, hay un creciente interés por la recuperación de materiales para acatar la filosofía de la cuna a la cuna, en la cual cuando un producto cumple con su función es reciclado eficientemente para proveer un recurso valioso que permita iniciar un nuevo ciclo productivo. Un

estudio de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (USEPA) concluye que el reciclaje es siempre benéfico, de acuerdo con parámetros de energía y carbono.

Por su parte, la Asociación Nacional de Recursos para Envases de PET de Estados Unidos (Napcor) publicó en 2010 los resultados de un estudio de inventario de ciclo de vida (LCI) para PET y PEAD reciclados. El reporte indica que incorporar PET reciclado en la fabricación de un empaque reduce significativamente la huella de carbono del empaque en términos de energía requerida y emisiones de gases con efecto invernadero.

Para una libra de hojuelas de PET reciclado, la energía requerida es reducida en 84%, y las emisiones de gases de efecto invernadero en 71%. Este estudio confirma la relación entre reciclaje y sostenibilidad, a la vez que cuantifica los beneficios ambientales del reciclaje de PET.

De esta manera, el reciclaje podría decirse que está en su etapa dorada. América Latina ya se está moviendo hacia allá, con una industria recicladora que promete traer localmente beneficios económicos, sociales y ambientales.

2.5.3.1 Aplicación de los residuos del RPET (PET reciclado)

Los mercados para el PET reciclado pueden dividirse en dos áreas principales:

- materiales con un peso molecular relativamente alto ($IV > 0.65$)
- materiales con un peso molecular menor ($IV < 0.6$).

Uno de los factores que más está contribuyendo al desarrollo del reciclado del PET es la variedad de aplicaciones existentes, lo que determina que exista una importante demanda de este producto. Entre las más relevantes está la fibra textil, las láminas para fabricación de blísters (envases) y cajas, los flejes para productos voluminosos, los envases para productos no alimentarios, los envases multicapa para alimentos, producción de fibras, ya sea en hilos finos

para tejidos o en fibras más gruesas para material aislante, tejas, zunchos, escobas y cepillos.

Es importante precisar que el PET contaminado con otros polímeros no es apto para el reciclado mecánico, pero puede utilizarse para el reciclado como materia prima por medios químicos. Existen equipos y tecnologías para hacer reciclaje de PET llamados "botella a botella". Es decir, que el recuperado de las botellas de PET se usa para hacer nuevamente botellas para contacto con alimentos, pero bajo un estricto sistema de calidad. En estos procesos se lavan las botellas molidas con una solución de soda cáustica que elimina una capa pequeña de PET en la superficie de las botellas, eliminando así posibles contaminantes presentes en las botellas recuperadas de las corrientes de pos-consumo. Después de lavado, el PET se seca y cristaliza en vacío, de tal manera que se recupera su peso molecular y su viscosidad intrínseca. Luego, el material se peletiza y se dispone para fabricar nuevamente botellas.

Otros usos del PET reciclado son:

Alfombras

Las botellas de PET para reciclar son usadas frecuentemente en la producción de nuevas alfombras de PET. Las industrias Image (Summerville, USA) usan aproximadamente 60.000 toneladas de PET reciclado por año en éste tipo de aplicaciones.

El PET reciclado es mezclado en una relación 1:8 con Polietileno de baja densidad (PEBD) reciclado y extruído en cintas monoaxiales que luego son divididas en tiras que pueden ser tejidas para nuevas aplicaciones en alfombras.

Strapping

Strapping en inglés, es una cinta de gran tenacidad la cual puede ser producida de PET con una gran viscosidad intrínseca (>0.80) y mínima en contaminación.

Compite con el acero y el polipropileno. Éste tipo de aplicación puede aceptar botellas de PET verdes o de color.

Láminas

El PET reciclado de botellas de bebidas ha demostrado ser muy apropiado para bandejas de embalaje termo formado con buen brillo, esfuerzo de impacto y esfuerzo de tensión. Las cintas de embalaje para cámaras Polaroid están siendo producidas de láminas de PET. Las láminas de PET son un tipo de mercado en crecimiento, especialmente en Estados Unidos. Las industrias Wellman no tienen objeción alguna por parte de la FDA (Food and Drug Administration – Administración de alimentos y fármacos) para usar PET en recipientes en contacto con alimentos, por ser 100% reciclado. Éste tipo de láminas de PET termoformado además pueden ser usadas para productos como el detergente.

Rollos

Los rollos de PET que contienen PET reciclado están disponibles bajo la marca registrada ECOTM (ICI Films, Wilmington, USA). La cinta ECO 813G tiene un contenido de 25% de material reciclado y ha recibido la autorización de la FDA para aplicaciones en contacto con alimentos.

Rollos multicapas – coextrusión

Este tipo de aplicación para envases termo formados para alimentos, constan de una capa interna de PET reciclado y dos capas externas de PET virgen, se producen en Norte América y Europa.

Envases que no son para alimentos

Las botellas de PET para su aplicación pos-consumo, dependen de su calidad o si pueden ser mezcladas con resina virgen. Éstas son usadas para detergente o productos del hogar, estas botellas son de varios colores. Desde que el PET es competencia del PVC y del PEAD en este tipo de aplicaciones el mercado de precios es muy sensible.

Moldeo a inyección

El PET reciclado no reforzado no tiene gran demanda como las resinas de moldeo a inyección porque es lento en la cristalización y es propenso a ser frágil. Se ha visto que mezclando PET reciclado con un elemento modificador como el etilen-etil, incrementa significativamente la resistencia del moldeo a inyección. En general el moldeo a inyección mezclado con resinas contribuye a un incremento en la resistencia del PET.

Moldeo grande

El RPET puede ser usado para producir moldes a inyección plásticos. Desde que el PET tiene una gran módulo de flexión incluso más que la poliolefinas, la altura de los moldes se pueden incrementar comparado con los moldes PE.

Resinas de ingeniería

El RPET puede ser modernizado con elementos como la fibra de vidrio, y moldeado a inyección para producir partes para automóviles, cosas del hogar y aplicaciones computacionales como ventiladores, electrodomésticos y muebles. Los polímeros ingenieriles pueden ser producidos también de mezclas de RPET con policarbonato (reciclado de botellas de agua). Estas mezclas combinan la ductilidad y la resistencia del policarbonato con la resistencia del PET para dar como resultado un material con mejores propiedades.

Aplicaciones de fibra

La industria de fibra de PET comprende cuatro áreas de mayor aplicación: staple fibre, filament, non-wovens y fibre-fill. A continuación se describe cada uno de estas aplicaciones:

- **Staple fibre (Fibra cortada)**

El término Staple describe fibras de 5 – 150 mm de longitud y de 1 – 200 denier*. Tradicionalmente, el PET reciclado ha sido usado para la

producción de fibras de 6 denier de espesor en adelante, las cuales generalmente no son teñidas. Mientras los mercados de fibras mayores a 6 denier son significantes, el mercado mas extenso para las fibras de PET está entre el rango de 1.5 – 3 denier, el cual es usado en aplicaciones de ropa. En 1993, nuevas tecnologías de procesamiento permitieron que el PET reciclado sea usado en la producción de fibras mucho más finas (aproximadamente 3 denier). Esta fibra basada en PET reciclado ha sido comercializada bajo la marca de Ecospun™ por Wellman (Spijk, Holanda). Estas fibras requieren alta calidad de las escamas de PET pos-consumo con una consistente viscosidad intrínseca de alrededor de 0.70. Un mercado potencialmente extenso para esta categoría de PET reciclado son las fibras de unión (fibras de diferentes componentes).

*Denier: masa en gramos de 9.000 m de fibra sintética en forma de un único filamento continuo.

- **Filament (Hebra)**

Este tipo de fibra difiere de la “staple fibre” en que es vendida como una fibra continua enrollada sobre bobinas lo cual implica un precio más alto. El PET reciclado no está siendo usado significativamente para la producción de fibra filament puesto que los restos de contaminantes pueden causar la rotura de la fibra. La filtración en la fusión del PET es necesaria para asegurar alta calidad de la resina.

- **Non-wovens (Telas sin tejer)**

Los tejidos non-woven pueden ser usados como filtros, absorbentes, equipo de campamento, etc. Este tipo de fibra es producida a través de un proceso especial: los trozos de botellas PET previamente limpiados son primero secados, cristalizados y alimentados dentro de una extrusora. El material fundido es filtrado y centrifugado. Los filamentos agrupados son modelados mediante chorros aerodinámicos. Para la formación de las

redes los filamentos agrupados son extendidos y distribuidos sobre una banda transportadora la cual posee un fuerte vacío aplicado desde abajo lo que da como resultado un rápido enfriamiento por aire. Finalmente el material obtenido es comprimido, arrastrado continuamente, perforado y enrollado.

- **Fibre-fill (Fibra de relleno)**

Fibre-fill es usado como un material de relleno o aislante en chaquetas impermeables, bolsas de dormir, almohadas y cubre camas. Esta aplicación puede aceptar escamas de PET coloreado y requiere PET con una viscosidad intrínseca en un rango de 0.58 – 0.65 dl g⁻¹.

Aplicaciones de contacto con alimentos para PET reciclado

Ha existido un gran esfuerzo para obtener la aprobación del contacto con alimentos para el PET reciclado. Esto es porque, diferente del PEAD, existen menos aplicaciones de “no contacto con alimentos” para las botellas de PET.

En agosto de 1994, se adoptó una importante medida. La Food and Drug Administration aprobó el uso de RPET al 100% para envases en contacto con alimentos. Se trataba de la primera vez que la FDA aprobaba envases para bebidas y alimentos de un 100% de material reciclado. Esto significa que las botellas de PET para refrescos se podían reprocesar para obtener recipientes nuevos para comida.

Para conseguir ésta aprobación, una instalación de reciclado de Michigan tuvo que desarrollar nuevos métodos para limpiar a fondo el material de reciclaje. El nuevo tratamiento se caracteriza por lavado de alta intensidad, temperaturas de aproximadamente 260 °C y otras técnicas de limpiado. Se desconoce aún si los materiales de contenedores urbanos quedarán bastante limpios como para ser viables económicamente por esta misma vía.

Actualmente existen varios procesos que permiten utilizar el PET reciclado en este tipo de aplicaciones, entre los más importantes se tiene:

- **Proceso multicapa:** el proceso multicapa incorpora una capa de RPET entre dos capas de resina virgen. La base de este proceso es la producción de una multicapa preformada mediante un método de coinyección a través de boquillas concéntricas con inyección simultánea y secuencial.

- **Proceso de lavado SuperCycle™ (Johnson Controls, USA):** este proceso involucra un lavado de alta intensidad a elevadas temperaturas para producir resina que sea apropiada para aplicaciones de contacto con alimentos. Este tipo de proceso es menos costoso y requiere considerablemente un menor capital de inversión que el proceso multicapa.

3. Conclusiones y recomendaciones

3.1 Conclusiones

- Toda empresa debe buscar un sistema de Gestión Integral en el cual coexistan y se complementen tres factores decisivos: la satisfacción de las necesidades del cliente mediante un producto de calidad (Norma ISO 9000), un desarrollo sostenible, el cual esté basado en criterios de protección del medio ambiente (ISO 14000) y un aumento de utilidades generadas de los dos anteriormente mencionados. La interacción de estos tres factores genera una mejora continua y por ende un equilibrio, que permite una apertura y posicionamiento de la empresa en el mercado. Teniendo en cuenta estos factores, se considera que la recolección y aprovechamiento del PET reciclado, direccionado desde la logística verde, constituyen una oportunidad poco conocida como modelo de negocio o ahorro en la industria colombiana en general.
- Los residuos recuperados provienen generalmente de un acopio o botadero, de allí su alto grado de contaminación, lo cual influye en la calidad del producto final, por ello es necesario la implementación de programas de recolección en las fuentes de generación de los residuos, lo que lleva implícito un cambio de conciencia sobre el manejo de la basura en la población. Igualmente, promover la capacitación para los recicladores de Medellín, ya que son quienes aportan alrededor del 30% del reciclaje que se genera en la ciudad, y de esta manera, incluirlos dentro de los

rubros prosupuestales con el fin de mejorar sus condiciones de operación y aportar en algo al desarrollo de su calidad de vida.

- El reciclaje mecánico es la mejor alternativa para la gestión de los residuos plásticos, ya que el reciclaje químico tiene muchas limitaciones de tipo económico y técnico en nuestro país. Por ejemplo, el proceso de reciclado de PET mecánico no produce contaminación para el medio ambiente, y además, genera una materia prima de mayor valor agregado para la elaboración de productos de uso final.

3.2 Recomendaciones

- La separación de los plásticos es la etapa más complicada dentro de un sistema de reciclaje, ya que de esto dependerá la calidad del producto final. De esta manera se hace necesario una recolección diferenciada orientada a la generación de desperdicios de la misma especie o bien mezclas de productos con composiciones constantes.
- Establecer alianzas con los recuperadores para el mejor abastecimiento de residuos plásticos. De esta manera se logra la inclusión de este grupo de la población en los programas ambientales de la ciudad, y además, se promueve en la comunidad la conciencia y disposición para el reciclaje de las principales fuentes de generación.
- Se recomienda la implementación de un programa de reciclaje y separación en la fuente de generación (hogares, establecimientos comerciales, entre otros), como alternativa para la recolección de residuos plásticos en forma eficiente.

-
- Capacitar a los recolectores en lo referente a la clasificación de los residuos plásticos para optimizar la recolección diferenciada y el uso de artículos de seguridad.
 - Las propiedades de los plásticos reciclados deben ser analizadas ya que éstas disminuyen en un 5 a 10% cada vez que se recicla el material. Una alternativa es utilizarlo en combinación con material virgen.
 - Incentivar en materia de impuestos el uso y consumo de material reciclado, que favorezca la compra de éste en comparación con la de materia prima virgen.
 - Promover puntos de entrega voluntaria en la ciudad de Medellín, donde los ciudadanos se puedan acercar y depositar las botellas de PET, previamente separadas. O también, como lo han hecho en países como Finlandia, Suecia o Dinamarca, promover la instalación de máquinas recicladoras, que tienen el aspecto de los expendedores de refrescos, y que devuelven al usuario que deposita una botella de PET parte del dinero pagado por el envase.

Referencias bibliográficas

Aceves, C. (2010, Abril-Mayo). La Logística Inversa, el nicho de oportunidad del momento. *Inbound Logistics Mexico*, 5, (57), 8 – 10.

Actualidad Logística (2007). El lado verde de la logística. Recuperado de <http://www.tcc.com.co/site/SaladePrensa/ActualidadLog%C3%ADstica/Elladoverdedelalog%C3%ADstica/tabid/468/Default.aspx>

Aliado PET (s.f.). Beneficios del PET. Recuperado de <http://aliadopet.wikispaces.com/>

Arrieta, G. (2008). Análisis de la producción de residuos sólidos de pequeños y grandes productores, determinación de factores de producción de residuos sólidos de los usuarios residenciales, revisión de la regulación vigente y cálculo de costos asociados a la realización de aforo de residuos sólidos en Colombia. Comisión de regulación de agua potable y saneamiento básico – CRA – Ministerioa de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. Medellín, Colombia.

Besaure, P. (2009). PET/ Envases amistosos con el medio ambiente. Recuperado de <http://www.manualdelombricultura.com/foro/mensajes/18598.html>

Briones, M. (2012, Agosto). El costo de la logística verde. *Inbound Logistics Mexico*. 6, (83), 8 – 10.

- CEMPRE Compromiso empresarial para el reciclaje Colombia (s.f). Plásticos. Recuperado de <http://www.cempre.org.co/Documentos/Ficha%20PI%C3%A1stico.pdf>
- CSL News (2010). Logística verde. Recuperado de <http://www.grupocsl.org/wordpress/?cat=17&paged=34>
- DANE (2005). Censo general 2005. Recuperado de http://www.dane.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=307&Itemid=124
- Destisol S.A.S. (s.f.). Disposición final de residuos. Recuperado de http://www.aerocolor.com.co/index.php?option=com_content&view=article&id=58%3Adisposicion-final-de-residuos&catid=38%3Acontenidos&Itemid=56
- Dinero.com (2009). La oportunidad está en la basura. Recuperado de <http://www.dinero.com/green/seccion-patrociniros/articulo/la-oportunidad-esta-basura/84440>
- Dwyer, B. y Efrón, A. (2009). Logística verde, “un campo en desarrollo”. Recuperado de http://www.logistica.enfasis.com/interior/index.php?p=imprimir_notas&idNota=15021
- EcoJoven (s.f.). El reciclado de plásticos reciclado en la fuente. Recuperado de <http://www.ecojoven.com/cuatro/12/plasticos.html>
- Eko (2012). Una marca de Enka de Colombia. Recuperado de <http://www.eko.com.co/eko.html>

- Escrap (s.f.). La logística inversa, la base del reciclado - Parte IV. Recuperado de <http://www.escrap.com.ar/escrap-articulos-00123.html>
- García, A. (s.f.) Recomendaciones táctico – operativas para implementar un programa de Logística Inversa. Estudio de caso en la industria de reciclaje de plásticos. Grupo Eumed.net Enciclopedia Virtual.
- GS1 Perú (2011). Cuidado del medio ambiente logística verde. Recuperado de http://www.gs1pe.org/e_news/23_medio_ambiente.htm
- Guerrero, L. (s.f.). Las tres erres ecológicas: Reducir, reutilizar, reciclar. Recuperado de <http://vidaverde.about.com/od/Reciclaje/g/Las-Tres-Erres-Ecologicas.htm>
- Hermida, M. (2009). Sostenibilidad: un nuevo reto para la operación logística. Logyca. Recuperado de <http://www.webpicking.com/notas/logyca02.htm>
- López, C. (2011). Logística verde como ventaja competitiva y herramienta de desarrollo en las empresas. Casos de estudio: DHL y Avon. (Ensayo científico). Universidad Dr. José María Delgado. San Salvador, El Salvador.
- López, S. & Hernández, C. (1998). Alternativas para el uso de PET reciclado en la fabricación de artículos inyectados. (Tesis de pregrado). Universidad EAFIT, Medellín, Colombia.
- Medina, M. (2010). Reciclaje de desechos sólidos en América Latina. Recuperado de <http://www.ecodar.net/2010/08/reciclaje-de-desechos-solidos-en-america-latina/>
- Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial (2004). Guías ambientales sector plásticos. Principales procesos básicos de transformación de la industria plástica y manejo, aprovechamiento y disposición de residuos plásticos post-consumo.

- Recuperado de http://www.minambiente.gov.co/documentos/guia_ambiental_proceso_basico_para_transf_plastico.pdf
- ODS Organización para el desarrollo sostenible. (s.f.). Saneamiento ambiental. Recuperado de <http://www.ods.org.pe/RCZ/SA1.php>
- Ortega, J. (s.f.). Localización. Recuperado de <http://es.scribd.com/doc/56648120/Localizacion-machete>
- Peñuela, M. & Espinosa, L. (2005). Análisis de factibilidad técnico económico para el reciclaje de envases de PET que han contenido aceite. (Tesis de pregrado). Universidad EAFIT, Medellín, Colombia
- Publicaciones EMB (2010). Logística verde: el próximo desafío. Recuperado de <http://www.emb.cl/negociosglobales/201008/columna.mvc>
- Quiminet.com (2005). Historia del PET ¿Sabe cómo se inventó el PET? ¿Conoce las primeras aplicaciones del PET en la industria? Recuperado de <http://www.quiminet.com/articulos/historia-del-pet-2561181.htm>
- Quiminet.com (2010). Usos y aplicaciones del Polietileno Tereftalato (PET). Recuperado de <http://www.quiminet.com/articulos/usos-y-aplicaciones-del-polietileno-tereftalato-pet-42703.htm>
- Reyes, V., Zabala, D. & Gálvez, J. (2008). Una revisión del proceso de la logística inversa y su Relación con la logística verde. *Revista Ingeniería Industrial*. 2, (7), 92 – 94.
- Tecnología del plástico (2009). Al día. *Tecnología del plástico*. 24, (2), 6 – 8.

Tecnología del plástico (2011). Caso de éxito El reciclaje de PET está en su mejor momento. Recuperado de http://www.plastico.com/tp/secciones/TP/ES/MAIN/IN/ARTICULOS/doc_84014_prnIN04.html?idDocumento=84014

Tecnología del plástico (2011). América Latina: casos de éxito en el reciclaje de PET. Recuperado de http://www.plastico.com/tp/secciones/TP/ES/MAIN/IN/ARTICULOS/doc_84017_HTML.html?idDocumento=84017

Tormo Asociado S.L. (s.f.). Enka instaló planta para reciclar envases de pet. Recuperado de http://www.tormo.com.co/noticias/6932/Enka_instalo_planta_para_reciclar_envases_de_pet.html