

# Sector Plásticos

Principales procesos básicos de transformación de la industria plástica y Manejo, aprovechamiento y disposición de residuos plásticos post-consumo

## GUIAS AMBIENTALES



Libertad y Orden

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial  
Viceministerio de Ambiente  
Dirección de Desarrollo Sectorial Sostenible  
República de Colombia

Bogotá, Colombia. Julio de 2004



Libertad y Orden

#### REPUBLICA DE COLOMBIA

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

#### PRESIDENTE DE LA REPUBLICA

Alvaro Uribe Vélez

#### MINISTRA DEL MEDIO AMBIENTE

Sandra Suárez Pérez

#### VICEMINISTRA DE AMBIENTE

Carmen Elena Arévalo Correa

#### VICEMINISTRO DE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL

Beatriz Uribe Botero

#### DIRECTORA DESARROLLO SECTORIAL SOSTENIBLE

Liliana Gaitán Pérez

#### COMITE TECNICO

Elmer Cardozo Guzmán

Jairo Hómez Sánchez

Carlos Jairo Ramírez

Luz Stella Rojas Hernández

Elías Pinto Martínez

#### DISEÑO Y ARMADA ELECTRONICA

Oficina de Prensa y Comunicaciones

Wilson Garzón M.

José Roberto Arango R.

#### FOTOGRAFIAS

Ajover S.A.; Andercol S.A.; Biofilm S.A.; C.I. Geon Polimeros Andinos S.A.; Husky IMS Ltd.; Industrias Estra S.A.; Petco S.A.; Proplas S.A.; Vanyplas S.A.

#### IMPRESION

Xpress Estudio Gráfico

#### PRESIDENTE

Carlos Alberto Garay Salamanca

#### DIRECTORA DE PROYECTOS ESPECIALES

Ana Rita Cárdenas Mendoza

#### SECRETARIA GENERAL

Marta Espinosa Galindo

#### COORDINADORA JURIDICA Y AMBIENTAL

Paula Fernandez Gómez

ISBN 958 - 97393 - 4 - 2

# Contenido

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>11</b>
1.1	Objetivos de las guías .....	11
1.2	Alcance de las guías .....	11
<b>2.</b>	<b>MARCO GENERAL .....</b>	<b>13</b>
2.1	El origen y desarrollo de los plásticos .....	14
2.2	Resinas plásticas más comunes y sus principales aplicaciones .....	15
2.3	La industria de los plásticos en Colombia .....	17
2.4	Situación ambiental del sector .....	17
2.4.1	Composición de los residuos sólidos urbanos .....	18
2.4.2	Consumo de plásticos y generación de residuos plásticos urbanos .....	18
2.4.3	Reducción en la fuente .....	19
2.4.4	Aprovechamiento y valorización de los residuos plásticos .....	20
2.5	El manejo de residuos plásticos en Colombia .....	20
2.6	Aportes del sector de los plásticos al desarrollo sostenible .....	22
2.6.1	Aportes en lo social .....	22
2.6.2	Aportes en lo ambiental .....	23
2.6.3	Aportes en lo económico .....	24
<b>3.</b>	<b>MARCO JURIDICO NACIONAL .....</b>	<b>25</b>
3.1	Introducción .....	26
3.2	Política de Producción Más Limpia .....	26
3.3	Política de gestión integral de residuos sólidos .....	27
<b>4.</b>	<b>CRITERIOS PARA LA GESTION AMBIENTAL EMPRESARIAL .....</b>	<b>29</b>
4.1	Introducción .....	30
4.2	Compromiso social y ambiental de la industria de los plásticos en Colombia .....	30
4.3	Orientaciones para el establecimiento de sistemas de gestión ambiental .....	31
<b>5.</b>	<b>DIRECTRICES PARA PROCESOS DE TRANSFORMACION DE PLASTICOS .....</b>	<b>33</b>
5.1	Generalidades .....	34

5.2	Identificación de aspectos ambientales en procesos para termoplásticos .....	35
5.2.1	Extrusión .....	37
5.2.2	Extrusión- espumado .....	39
5.2.3	Calandrado .....	40
5.2.4	Recubrimiento .....	40
5.2.5	Moldeo por Inyección .....	41
5.2.6	Moldeo por compresión .....	43
5.2.7	Moldeo por extrusión-soplado .....	43
5.2.8	Moldeo por inyección-soplado .....	44
5.2.9	Rotomoldeo .....	45
5.2.10	Termoformado .....	45
5.3	Identificación de aspectos ambientales en procesos para termoestables .....	47
5.3.1	Moldeo abierto por aspersión .....	49
5.3.2	Moldeo abierto por contacto .....	49
5.3.3	Moldeo por embobinado .....	49
5.3.4	Poltrusión .....	50
5.3.5	Transferencia de resina al molde .....	50
5.4	Identificación de los impactos ambientales asociados y medidas de manejo .....	51
5.5	Consideraciones relativas a la seguridad industrial y salud ocupacional .....	54
5.6	Consideraciones especiales sobre el manejo de aditivos .....	58
5.6.1	Agentes espumantes .....	59
5.6.2	Retardantes de la llama .....	59
<b>6.</b>	<b>DIRECTRICES PARA EL APROVECHAMIENTO Y VALORIZACION DE RESIDUOS PLASTICOS .....</b>	<b>63</b>
6.1	Generalidades .....	64
6.2	Recolección y alistamiento de residuos plásticos aprovechables .....	65
6.2.1	Recolección selectiva .....	65
6.2.2	Separación y clasificación .....	68
6.2.3	Limpieza y acondicionamiento .....	71
6.2.4	Transporte y almacenamiento .....	71
6.3	Aprovechamiento y valorización de los residuos plásticos .....	72
6.3.1	Reciclaje mecánico .....	73

6.3.2	Reciclaje químico .....	77
6.3.3	Incineración con recuperación de energía .....	80
6.4	Impactos ambientales asociados al aprovechamiento de residuos plásticos y medidas de manejo .....	83
6.4.1	Identificación y valoración de impactos ambientales .....	83
6.4.2	Impactos potenciales del proceso de reciclaje de residuos plásticos .....	84
6.4.3	Riesgos sanitarios de los residuos plásticos destinados para reciclaje mecánico .....	86
6.4.4	Medidas para asegurar la calidad del producto y reducir sus impactos ambientales .....	94
6.4.5	Manejo de los impactos ambientales en la incineración con recuperación de energía .....	96
6.5	Consideraciones sobre la disposición de residuos plásticos en rellenos sanitarios .....	97
6.5.1	Biodegradación y los rellenos .....	99
7.	<b>SEGUIMIENTO, EVOLUCION Y MONITOREO AMBIENTAL .....</b>	<b>101</b>
8.	<b>RELACION DE TRAMITES EXISTENTES ANTE LA AUTORIDAD AMBIENTAL .....</b>	<b>105</b>
9.	<b>ANEXO .....</b>	<b>107</b>
10.	<b>GLOSARIO DE TERMINOS .....</b>	<b>112</b>
11.	<b>GLOSARIO DE ABREVIATURAS.....</b>	<b>119</b>
12.	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>121</b>

# Agradecimientos

---

Las presentes "Guías Ambientales para el Sector Plástico" son el resultado del acuerdo suscrito entre el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y ACOPLASTICOS, y su elaboración contó con la activa participación entre otros, del Instituto de Investigación y Capacitación del Plástico y el Caucho (ICIPC), y de las empresas:

Ajover S.A., Anhídridos y Derivados de Colombia -Andercol-S.A., Compañía Iberoamericana de Plásticos S.A., Dexton S.A., Fundación Codesarrollo, Geon Polímeros Andinos S.A., Industrias Estra S.A., Industrias Vanyplas S.A., Intecplast Ltda., Carvajal S.A., Multidimensionales S.A., Pavco S.A., Petroquímica Colombiana S.A., Polipropileno del Caribe S.A., Proquinal S.A., Reciclene S.A., Responsabilidad Integral, y la publicación Tecnología del Plástico, quienes destinaron recursos económicos, técnicos y logísticos indispensables para adelantar tan valioso proyecto.

Asimismo, se hace extensivo el agradecimiento a las Corporaciones Autónomas Regionales Corantioquia y CVC que contribuyeron con sus aportes al análisis y revisión de las Guías.

## Prólogo

**E**n desarrollo de los principios de la política de crecimiento económico sostenible propuesta en el Plan Nacional de Desarrollo “Hacia un Estado Comunitario”, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en asocio con los sectores productivos del país, realizan esfuerzos orientados al diseño e implementación de instrumentos de gestión y autorregulación ambiental, que permitan el mejoramiento de los procesos de producción, racionalicen el uso de los recursos naturales y reduzcan los impactos ambientales originados por sus actividades.

Consecuente con ello y a fin de dar viabilidad a la estrategia propuesta, el Ministerio y la Asociación Colombiana de Industrias Plásticas – Acoplásticos, suscribieron el Convenio Especial de Cooperación Científica y Tecnológica No. 035, con el objeto de elaborar dos guías ambientales relacionadas con el proceso de transformación de las materias plásticas y el manejo racional, aprovechamiento y disposición de los residuos plásticos, principalmente de pos-consumo.

Las guías que hoy tengo el gusto de presentar, construidas bajo una visión interdisciplinaria e integral, adquieren una relevancia que trasciende lo ambiental, en la medida en que la industria del plástico se constituye en un renglón importante de la producción nacional y se caracteriza por ser una de las actividades manufactureras con mayor proyección de crecimiento económico, aspectos que reportan igualmente beneficios significativos en el ámbito social, a través de aporte a la generación de empleo.

La Guía de procesos básicos de transformación de la industria plástica, provee información y directrices técnicas para el manejo y procesamiento de los polímeros, identifica sus principales impactos ambientales y define actividades de manejo precisas, asegurando que todos los procesos que conforman el ciclo de producción del plástico, se desarrollen de una forma ambientalmente sostenible.

A su vez, la guía ambiental para el manejo, aprovechamiento y disposición de residuos plásticos, principalmente de pos-consumo, se constituye en herramienta básica para orientar la actividad de todos los actores que intervienen en la gestión de estos residuos, aportando a su vez a la consolidación de una estrategia para el aprovechamiento y valoración de los mismos y el fortalecimiento de las cadenas de reciclaje.

Las autoridades ambientales regionales y locales, las instituciones académicas y todas aquellas empresas, entidades, organizaciones y personas que directa o indirectamente están vinculadas con el tema del plástico, pueden contar desde ahora con un importante insumo de consulta que oriente su gestión y permita la incorporación de

la variable ambiental en sus procesos, para que de esta forma se materialicen acciones concretas en beneficio de la promoción de sus actividades, el aumento en la productividad y competitividad del sector y la protección del medio ambiente y la salud humana.

De esta manera, el Ministerio y el sector del plástico del país congregado en su Asociación, contribuyen decididamente al mejoramiento de la gestión y desempeño ambiental de las actividades productivas y dinamizadoras de la economía nacional, eje fundamental de la política nacional de Producción Más Limpia.

**SANDRA SUAREZ PEREZ**

Ministra de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

## Presentación

**E**n las últimas décadas, ACOPLASTICOS ha llevado a cabo diversas acciones relacionadas con el fomento de procesos de autoregulación de las industrias que representa y con la promoción del reciclaje de residuos plásticos, mediante una activa participación en iniciativas de gestión con las diversas autoridades y entidades ambientales.

Es así como la Asociación ha impulsado la utilización del sistema de codificación de envases y empaques, que permite identificar las resinas plásticas utilizadas en su fabricación lo que facilita su reciclaje; ha publicado en tres oportunidades el Directorio Colombiano de Reciclaje de Residuos Plásticos, que contribuye a la valorización de los residuos plásticos aprovechables; elaboró el Manual del Reciclador de Residuos Plásticos, que facilita la capacitación de los diferentes actores que intervienen en la cadena del reciclaje de los plásticos; y permanentemente realiza campañas educativas con el objetivo de dar a conocer a los diferentes estamentos de la sociedad las virtudes de los materiales plásticos y las ventajas del aprovechamiento de los residuos pos-consumo y pos-industria.

Igualmente, ACOPLASTICOS y sus empresas afiliadas han desarrollado un esquema de trabajo conjunto en diferentes áreas, destacándose la variable ambiental en la búsqueda del desarrollo sostenible. La publicación de las presentes Guías Ambientales para el sector plástico se convierten en una herramienta más en el propósito de contribuir al mejor desempeño ambiental y a un trabajo conjunto de la industria con las autoridades ambientales.

ACOPLASTICOS



# 1. Introducción

Este documento presenta una visión general sobre los diferentes procesos de transformación de la industria plástica haciendo énfasis en los aspectos ambientales relevantes, y en la situación de los residuos plásticos, donde proporciona una serie de alternativas económicas, sociales y ambientalmente viables para su aprovechamiento.

Por medio de esta publicación, ACOPLASTICOS y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial ofrecen a la cadena del plástico, desde su proceso inicial de transformación hasta el aprovechamiento de los residuos, una importante fuente de información, necesaria para promover adecuadas prácticas de manejo y alternativas adecuadas desde la perspectiva ambiental.

## ■ 1.1 Objetivos de las Guías

Además de presentar un marco general sobre la industria del plástico en Colombia, la situación ambiental del sector y la legislación nacional vigente, las guías ofrecen información sobre los principales procesos de transformación de la industria plástica (Capítulo 5) y sobre el manejo, aprovechamiento y disposición de residuos plásticos, especialmente de pos-consumo (Capítulo 6).

El Capítulo 5 tiene por objeto proveer información y directrices técnicas para el manejo y procesamiento de polímeros, de manera que éstos se desarrollen en forma ambientalmente adecuada.

El Capítulo 6 ofrece directrices e información técnica de referencia para orientar la recolección, identificación, manipulación, transporte, aprovechamiento y eliminación de los residuos plásticos en Colombia, de manera que estos procesos se desarrollen en forma ambientalmente adecuada.

El documento también aporta una descripción general de las mejores prácticas y tecnologías disponibles para estos procesos, e identifica los impactos ambientales potenciales asociados, con énfasis en el proceso de transformación de plásticos y en el reciclaje de residuos pos-industria y pos-consumo. Asimismo, establece las prácticas de manejo que deberían adoptarse para minimizar sus efectos sobre el ambiente y la salud, lo que facilitará el buen desempeño ambiental y el cumplimiento de la legislación vigente.

## ■ 1.2 Alcance de las Guías

Las Guías son una herramienta para orientar la actividad de todos los actores que intervienen en el proceso de transformación de plásticos y en la gestión de los residuos aprovechables. Sus orientaciones son instrumentos esenciales para establecer los impactos ambientales, evaluar el desempeño de los distintos actores e identificar sus oportunidades de mejoramiento.

Las Guías están dirigidas a:

- a) Autoridades ambientales del orden nacional, regional o municipal
- b) Empresas dedicadas a la manufactura y transformación de plásticos
- c) Organismos responsables de la gestión integral de los residuos
- d) Entidades responsables de la recolección y/o tratamiento de residuos urbanos
- e) Organizaciones dedicadas al aprovechamiento y valorización de residuos plásticos
- f) Instituciones académicas y personas que trabajan sobre el tema.

Las presentes directrices técnicas ofrecen información sobre:

- a) Diversos plásticos y su composición
- b) Descripción de los procesos de transformación de plásticos
- c) La manipulación segura, la compactación, el almacenamiento y el transporte de residuos plásticos
- d) La recuperación, la reutilización, el reciclaje y la eliminación de los residuos plásticos
- e) Caracterización de impactos ambientales y medidas de manejo racional.



# Marco General

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

## 2. Marco General

### 2.1 El origen y desarrollo de los plásticos

La palabra "plástico" no se asocia únicamente a un material. Tal y como sucede con el metal, que designa otros materiales además del hierro y del aluminio, la palabra plástico debe entenderse como un término genérico que describe una gran variedad de sustancias, las cuales se distinguen entre sí por su estructura, propiedades y composición. Las propiedades de los plásticos son tantas y tan variadas que a menudo pueden sustituir a los materiales convencionales como la madera y los metales o complementarlos.

Los plásticos hacen parte de un grupo de compuestos orgánicos denominados polímeros. Están conformados por largas cadenas macromoleculares que contienen en su estructura carbono e hidrógeno. Principalmente, se obtienen mediante reacciones químicas entre diferentes materias primas de origen sintético o natural<sup>1</sup>. Dependiendo de la estructura que forma el carbono al asociarse con hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, cambian las propiedades físicas y su estructura molecular. Se dividen en termoplásticos<sup>2</sup>, materiales que se ablandan al ser calentados y se endurecen al enfriarse, y termoestables<sup>3</sup>, que adoptan una forma permanente al aplicarles calor y presión.

La producción de plásticos data de 1869 cuando se creó el celuloide que en 1884 dio origen a la película fotográfica. Sin embargo, puede decirse que la industria de los plásticos es del siglo XX. Su crecimiento, desarrollos, aplicaciones e impactos en la sociedad y la economía han tenido lugar en los últimos cien años, lo que convierte a la industria del plástico en un invaluable aporte a la historia de la civilización y a la fabricación de productos esenciales.

Desde el comienzo de la década de los 60 se produjo un marcado crecimiento en la industria de los plásticos. Actualmente, la producción mundial de plásticos es diez veces mayor que en aquella época y alcanza aproximadamente 100 millones de toneladas anuales.

La principal materia prima para la producción de plásticos, además del gas natural, es el petróleo. Cabe anotar que sólo el 5% del petróleo extraído se utiliza para la fabricación de plásticos, lo que representa una mínima cantidad de recursos no renovables, comparada con las ventajas y beneficios que se derivan de su transformación en incontables productos útiles. Adicionalmente, comparados con los materiales inorgánicos, los plásticos requieren un menor consumo energético durante su transformación porque se procesan a temperaturas de operación más bajas.

<sup>1</sup> IMPI. Enciclopedia del Plástico, 1997. Primera. Edición, México, D.F.

<sup>2</sup> Los termoplásticos (Thermos: caliente; plasto: formar) son fundibles y solubles. A temperatura ambiente pueden ser desde blandos hasta duros y frágiles. Los termoplásticos se dividen en amorfos y parcialmente cristalinos. Los primeros son transparentes y su estado molecular los asemeja al vidrio; los segundos son parcialmente cristalinos y presentan un aspecto lechoso. MICHAELI, GREIF, KAUFMANN, VOSSEBURGER. Introducción a la tecnología de los plásticos. Hanser editorial, S.L. Barcelona.p.6

<sup>3</sup> Los termoestables son duros y están reticulados estrechamente en todas direcciones. No son moldeables plásticamente, son infundibles y por ello muy resistentes a las altas temperaturas. MICHAELI, GREIF, KAUFMANN, VOSSEBURGER. Introducción a la tecnología de los plásticos. Hanser editorial, S.L. Barcelona.p.6

## 2.2 Resinas plásticas más comunes y sus principales aplicaciones

En la Tabla No.1 se encuentra la descripción de las resinas más utilizadas y sus características.

TABLA No. 1	
DESCRIPCION DE LAS RESINAS MAS UTILIZADAS	
POLIETILEN TEREFTALATO (PET)	El PET está constituido de petróleo crudo, gas y aire. Un kilo de PET es 64% de petróleo, 23% de derivados líquidos del gas natural y 13% de aire. A partir del petróleo crudo se extrae el paraxileno y se oxida con el aire para obtener ácido tereftálico. El etileno, que se obtiene principalmente a partir de derivados del gas natural, es oxidado con aire para formar el etilenglicol. La combinación del ácido tereftálico y el etilenglicol produce como resultado el PET.
POLIETILENO (PEAD-PEBD)	El polietileno se produce a partir del etileno derivado del petróleo o gas natural. El etileno se somete en un reactor a un proceso de polimerización <sup>4</sup> . Este se realiza en presencia de un catalizador, en condiciones de presión y temperatura que posibilitan la formación de polímeros, que en el producto final tienen la forma de gránulos, denominados pellets. Dependiendo de las condiciones del proceso de fabricación existen variedades de polietileno. Las más conocidas son: el polietileno de alta densidad PEAD y el polietileno de baja densidad PEBD; de éste último se producen dos tipos: el PEBD convencional y el PEBD lineal.
POLIPROPILENO (PP)	El polipropileno es un hidrocarburo que pertenece a la familia de las poliolefinas y es producido a través de la polimerización del propileno (el cual es un gas resultante como subproducto de la industria petroquímica), utilizando catalizadores de tipo Ziegler Natta o Metallocenos para su reacción. Su estructura molecular consiste de un grupo metilo (CH <sup>3</sup> ) unido a un grupovinilo (CH <sup>2</sup> ) <sup>5</sup> . El polipropileno también puede ser copolimerizado con etileno para formar los copolímeros random (mejor transparencia y brillo) y los copolímeros de impacto (buena resistencia al impacto a temperatura ambiente y bajas temperaturas).
POLIESTIRENO (PS)	El poliestireno es el polímero resultante de la síntesis orgánica entre el etileno y el benceno (hidrocarburos derivados del petróleo) para formar el monómero del estireno que se polimeriza a poliestireno. Los tipos principales de PS son el poliestireno uso general y el poliestireno de alto impacto.
CLORURO DE POLIVINILO (PVC)	El PVC es considerado el termoplástico más versátil. En su composición están presentes tres elementos naturales: carbono e hidrógeno, en forma de etileno, derivado del petróleo o gas, y cloro, obtenido a partir de la sal común. Mediante la combinación del etileno y el cloro se obtiene el monómero cloruro de vinilo, que a su vez se polimeriza mediante procesos de suspensión, emulsión o masa, para obtener como resultado el PVC en su estado de resina virgen. En una etapa siguiente la resina se mezcla con diversos aditivos para obtener compuestos que incorporan así todas las propiedades requeridas para su procesamiento y uso. Dependiendo de los aditivos seleccionados, los productos de PVC pueden ser totalmente rígidos o flexibles, transparentes u opacos y adquirir cualquier forma, textura o color.

En la Tabla No. 2 figura una relación de los tipos de polímeros más utilizados y de los productos que típicamente se manufacturan con cada uno de ellos.

<sup>4</sup> La polimerización es el proceso de formación de largas cadenas que conforman la estructura del plástico.

<sup>5</sup> El polipropileno puede ser isotáctico, donde todos los grupos de la cadena están al mismo lado o atáctico donde los grupos metilos están distribuidos al azar a ambos lados de la cadena.

TABLA No. 2		
APLICACIONES DE LAS RESINAS MAS UTILIZADAS		
Plásticos	Código	Aplicaciones típicas
Polietilen Tereftalato (PET)		Botellas de gaseosas, agua, aceite y vinos; envases farmacéuticos; tejas; películas para el empaque de alimentos; cuerdas, cintas de grabación; alfombras; zuncho; rafia; fibras.
Polietileno de alta densidad (PE-AD)		Tuberías; embalajes y láminas industriales; tanques, bidones, canastas o cubetas para leche, cerveza, refrescos, transporte de frutas; botellas; recubrimiento de cables; contenedores para transporte; vajillas plásticas; letrinas; cuñetes para pintura; bañeras; cerramientos; juguetes; barreras viales; conos de señalización.
Cloruro de polivinilo PVC Suspensión - Rígido		Tuberías y accesorios para sistemas de suministro de agua potable, riego y alcantarillado; ductos, canaletas de drenaje y bajantes; componentes para la construcción, tales como: perfiles y paneles para revestimientos exteriores, ventanas, puertas, cielorasos y barandas; tejas y tabletas para pisos; partes de electrodomésticos y computadores; vallas publicitarias, tarjetas bancarias y otros elementos de artes gráficas; envases de alimentos, detergentes y lubricantes; empaques tipo blister.
PVC Suspensión - Flexible		Membranas para impermeabilización de suelos o techos, recubrimientos aislantes para cables conductores; empaques y dispositivos de uso hospitalario (como bolsas para almacenar suero o sangre, equipos para venoclisis), mangueras para riego, suelas para calzado, películas para empaque.
PVC-Emulsión		Papel decorativo para recubrimientos interiores de paredes, cueros sintéticos para muebles y calzado, juguetes, recubrimientos en rollo para pisos.
Polietileno de baja densidad (PE-BD, PE-LBD)		Películas para envolver productos, películas para uso agrícola y de invernadero; láminas adhesivas; botellas y recipientes varios; tuberías de irrigación y mangueras de conducción de agua; bolsas y sacos, tapas, juguetes; revestimientos; contenedores flexibles.
Polipropileno (PP)		Película para empaques flexibles, confitería, pasabocas, bolsa de reempaque, laminaciones, bolsas en general. Rafia, cuerda industrial, fibra textil, zuncho, muebles plásticos, utensilios domésticos, geotextiles, mallas plásticas, carcasas de baterías, vasos desechables, vasos plásticos, tarrinas, empaques para detergentes, tubería, botellas, botellones, juguetería.
Poliestireno (PS) Espumado Expandido		Su principal aplicación es la fabricación de envases y empaques tanto de uso permanente como de un solo uso (desechables). Aplicaciones dirigidas a la industria, como elementos para equipos eléctricos y electrodomésticos; carcasas; gabinetes interiores; contraportas de neveras; estuches para casetes de audio y video. Aplicaciones en la industria farmacéutica y accesorios médicos. Juguetería y recipientes de cosméticos. Elementos en la industria de la construcción: encofrados; concretos aligerados; difusores de luz; divisiones de baño; cielorrasos; rejillas arquitectónicas. Industria Automotriz: artículos escolares y de oficina. Elementos decorativos para el hogar; publicidad y promocionales.
Otros • Policarbonato (PC) • Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS) • Estireno • Acrilonitrilo (SAN) • Poliamida (PA) • Nylon • Acetatos (POM)		Botellones para agua Discos compactos Carcasas para computadores y equipos de tecnología Películas Envases para alimentos

## 2.3 La industria de los plásticos 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%.

En el año 2000, la actividad transformadora de materias plásticas registró un valor de producción de 2.215 millardos<sup>6</sup> 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<sup>7</sup>.

En el mismo período, la energía eléctrica utilizada fue de 614 millones de kilowatios-hora, lo que equivale al 5,7% del consumo total de la actividad manufacturera.

En el año 2003 el sector de los plásticos exportó 249 millones de dólares FOB, con un promedio de participación del 3,3% en el total de las exportaciones industriales. En el mismo año, las importaciones de productos manufacturados de plástico alcanzaron los 260 millones de dólares, equivalentes al 2,2% de las importaciones industriales<sup>8</sup>.

## 2.4 Situación ambiental del sector

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.

Por su parte, 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 lo cual 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

<sup>6</sup> Millardos: mil millones.

<sup>7</sup> Fuente: Encuesta Anual Manufacturera DANE, 2000. Datos registrados para la agrupación CIIU 356, Sector Productos de Plástico.

<sup>8</sup> Fuente: ACOPLASTICOS con base en archivos magnéticos DIAN, importaciones y exportaciones efectivas año 2002.

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, instituciones y ACOPLASTICOS han promovido diferentes campañas de sensibilización, capacitación y manejo de los residuos plásticos aprovechables (ver sección 2.5), que se traducen en casos exitosos pero de carácter aislado<sup>9</sup>.

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.

## 2.4.1 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 éstas 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.

## 2.4.2 Consumo de plásticos y generación de residuos plásticos urbanos

La industria de transformación de los plásticos, en Colombia y en el mundo, produce bienes de consumo y bienes intermedios. Dadas las múltiples aplicaciones, propiedades, características y durabilidad de las manufacturas, éstas tienen una vida útil variable, existiendo productos con una durabilidad de largo plazo (mayor a 6 años y en varios casos de 50 ó más años), otros de mediano plazo (1 a 6 años) y algunos de corto plazo (15 días a 1 año).

---

<sup>9</sup> A manera de ejemplo, la Fundación Codesarrollo, en alianza con ENKA DE COLOMBIA, operan una planta de PET, ubicada en el Municipio de Medellín, cuya finalidad es reciclar los desperdicios de poliÉster, en promedio 70 toneladas mensuales y los envases de PET provenientes de la industria, en este caso la recolección urbana es, en un promedio, de 50 toneladas mensuales, que se convierten en materia prima para diversas industrias.

En la Tabla No. 3 se pueden visualizar algunos ejemplos para el caso colombiano:

TABLA No. 3	
VIDA UTIL EN ALGUNAS APLICACIONES DE LOS PLASTICOS	
Tuberías de PVC en construcciones	Vida de la vivienda
Tuberías de PVC en infraestructura	Hasta 50 años
Cajas de polipropileno para herramientas	10 a 15 años
Cajas de polietileno de alta densidad para bebidas	5 a 7 años, en promedio
Películas de invernadero de polietileno	2 a 3 años
Envases para productos de higiene y aseo	1 a 2 años
Bolsas plásticas de polietileno	Menor de 1 año
Envases PET	Menos de 6 meses o más de 1 año si son retornables

Fuente: Pl-ásticos en Colombia 2001-2002, Acopl-ásticos, p151

Considerando el concepto de vida útil, se puede afirmar que el volumen de residuos plásticos urbanos será siempre inferior al total del consumo de plásticos. En el caso colombiano, el consumo de plásticos en el período 1997 a 2000 está alrededor de las 530.000 toneladas anuales, en tanto que el volumen de residuos plásticos urbanos estimado por ACOPLASTICOS se encuentra entre 220.000 y 280.000 toneladas / año.

### 2.4.3 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 las manufacturas plásticas (que en Colombia ya es realizada por varias industrias transformadoras, líderes en la utilización de resinas 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 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 y los nuevos materiales disponibles, hoy en día, es posible la fabricación de productos con mejores propiedades mecánicas, físicas y químicas, y con espesores menores en sus paredes. 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 cm<sup>3</sup>, tenían un peso promedio de 6,5 gramos. Para 1990, el mismo tipo de vaso pesaba en promedio 3,5 gramos. ( APME 1999).
- Envases de dos litros para líquidos en Polietileno de Alta Densidad - PEAD: El peso promedio ha pasado de 120 gramos en la década del 70 a 67 gramos en la década del 90. (PLASTIVIDA, 1999).
- 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.
- En la 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.

#### 2.4.4 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 destacan:

- a) Los grandes volúmenes de residuos plásticos domiciliarios generados;
- b) 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;
- c) 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 (ver capítulo 6).

### ■ 2.5 El manejo de residuos plásticos en Colombia

En Colombia, la tecnología más utilizada para el aprovechamiento de los residuos plásticos es el reciclaje mecánico. En una proporción no muy significativa, se están dando también experiencias en el reciclaje químico y se está evaluando la incineración con recuperación de energía para el manejo de algunos empaques y envases plásticos contaminados con agroquímicos.

Desde la década de los ochenta ACOPLASTICOS viene adelantando en Colombia una serie de acciones para promover la incorporación de la variable ambiental en las actividades de las empresas del sector de los plásticos.

■ **Sistema de codificación de envases plásticos**

Este sistema, utilizado internacionalmente, ayuda a identificar en los envases, botellas, contenedores y recipientes en general, el tipo de material plástico usado para su fabricación. Ello facilita notablemente la selección, recuperación, y reciclaje de las diferentes resinas y compuestos plásticos, permite disminuir la cantidad de materiales que se incineran o se desechan en rellenos sanitarios y genera empleo a través de la industria de recuperación.

El símbolo universal del reciclaje se compone de tres flechas que forman un triángulo con un número en el centro y letras en la base, donde el número y las letras indican la resina usada.

El sistema de símbolos utilizado lleva a una fácil identificación de las diferentes resinas plásticas presentes en los envases, los cuales, al ser reciclados, pueden transformarse en artículos para otras aplicaciones de uso durable, con todos los beneficios que esto conlleva.

A través de este sistema, la industria de plásticos demuestra su compromiso con la protección del medio ambiente y establece una acción concreta para educar a los usuarios y contribuir a la solución del manejo de residuos sólidos.

**TABLA No. 4**

**SISTEMA DE IDENTIFICACION DE ENVASES Y EMPAQUES**

Tereftalato de Polietileno PET	Polietileno de alta densidad PEAD	Policloruro de vinilo PVC	Polietileno de baja densidad PEBD	Polipropileno PP	Poliestireno PS	Otros
						

■ **Manual del Reciclador de Residuos Plásticos**

La publicación del Manual del Reciclador de Residuos Plásticos, cuya primera edición se realizó en 1998, facilita la capacitación de los diferentes actores que intervienen en la cadena del reciclaje de los plásticos, ofreciéndoles información sobre las bondades de estos materiales, la forma sencilla de identificar los diferentes tipos de resinas plásticas y la importancia de realizar el reciclaje de los residuos plásticos de manera selectiva, es decir, por tipo de resina.

El Manual destaca los beneficios que se derivan de la actividad del reciclaje y la importancia de mejorar la calidad de los materiales plásticos recuperados mediante operaciones tales como clasificación, reducción de tamaño, limpieza, secado, granulación, peletización o molido; estos procesos generan un mayor valor agregado y aumentan los ingresos de los recicladores. La obtención de resinas recuperadas de buena calidad y el conocimiento de los mercados facilitan la transformación y comercialización de nuevos productos.

■ **Directorio Colombiano de Reciclaje de Residuos Plásticos 2002-2003**

A través del Directorio Colombiano de Reciclaje de Residuos Plásticos, ACOPLASTICOS ofrece a la cadena de reciclaje de los plásticos una importante fuente de información, necesaria para promover el aprovechamiento de los residuos de estos materiales y para contribuir a que su disposición final en los rellenos sanitarios sea cada vez menor.

El Directorio da a conocer información sobre las empresas vinculadas a las actividades de recuperación y reciclaje de residuos, originados en diferentes tipos de materiales plásticos.

■ **Programas de capacitación**

ACOPLASTICOS viene desarrollando diversas campañas educativas en universidades, colegios, centros comerciales, ciclovías, ferias y otras entidades, orientadas a crear conciencia sobre la importancia y necesidad de separar los residuos sólidos reciclables para facilitar su posterior aprovechamiento. Estas campañas contribuyen a difundir los beneficios que se derivan de esta actividad como son: la conservación de los recursos naturales, la reducción de los costos de las materias primas, la disminución de la contaminación por reducción de la cantidad de residuos lanzados al medio ambiente, la disminución de los costos de manejo y disposición de los residuos sólidos, la generación de empleo y la prolongación de la vida útil de los rellenos sanitarios.

■ **Convenios de cooperación**

ACOPLASTICOS celebra convenios de cooperación con fundaciones y otras entidades de apoyo a los recuperadores, para adelantar estudios de viabilidad del reciclaje de las diferentes resinas plásticas y poner en marcha programas piloto de reciclaje.

■ **Actividades de apoyo**

ACOPLASTICOS colabora permanente con diferentes universidades en la orientación y desarrollo de investigaciones y tesis de grado en el campo del reciclaje y del aprovechamiento térmico de los residuos plásticos, así como el suministro de información relacionada con el aprovechamiento de los residuos plásticos.

## ■ 2.6 Aportes del sector de los plásticos al desarrollo sostenible

### 2.6.1 Aportes en lo social

En Colombia, según la Encuesta Anual Manufacturera del DANE, 461 establecimientos se dedican a la actividad transformadora de materias plásticas, que corresponden al 6,3% del total de la industria manufacturera, con 31.349 personas empleadas directamente. Así, el sector aporta el 5,9% de los puestos de trabajo en la industria<sup>10</sup>.

De otra parte, por su desempeño y progreso, cada día se usan más plásticos y de características tan variadas, que sus aplicaciones están en casi todos los campos, contribuyendo de una forma significativa al mejoramiento de la calidad de vida. Los plásticos en sectores como:

- **Empaques:** permiten diseños adecuados al producto en cuanto a forma, tamaño, materiales y duración. Son higiénicos, seguros y reducen riesgos de contaminación. Son resistentes e inertes, por lo tanto protegen y conservan su contenido. Son livianos: permiten transportar iguales volúmenes de producción con menor peso de empaque y menor costo de transporte. De acuerdo con las características, naturaleza del material y uso, muchos son reutilizables (en el caso de los envases) y casi todos se pueden reciclar.

<sup>10</sup> Fuente: Encuesta Anual Manufacturera DANE, 2000. Datos registrados para la agrupación CIUU 356, Sector Productos de Plástico.

- **Medicina:** mejoran la calidad de vida. Sin los plásticos modernos no sería posible elaborar articulaciones, venas, arterias, válvulas artificiales, suturas, implantes, equipos para tratamientos medicoquirúrgicos, audífonos y lentes. Son irremplazables en la elaboración de artículos desechables como bolsas para suero y sangre, jeringas, equipos de venoclisis, guantes y elementos para cirugía, porque reducen riesgos de contaminación e infección. Son indispensables en la fabricación de cápsulas para medicamentos, las cuales se disuelven y liberan su contenido a velocidades controladas permitiendo la administración de dosis exactas. Cumplen satisfactoriamente las normas de regulación del sector salud. Son económicos. La forma de aprovechamiento luego de su uso es la recuperación de energía.
- **Hogar:** proporcionan servicio y comodidad. Son livianos, resistentes, durables y de fácil limpieza. Son higiénicos y ayudan a conservar los alimentos. En general, son más seguros que otros materiales.
- **Construcción:** son resistentes, livianos, durables y económicos. Como ejemplos se destacan: tuberías para agua potable, aguas negras, conduit que reemplazan a otros materiales, tejas, cubiertas, paneles, perfiles, revestimientos y acabados, aislamiento contra ruido, calor o frío.
- **Industria:** son versátiles, de larga vida y ofrecen soluciones en productos como: automóviles más livianos, rápidos y seguros, aviones y embarcaciones menos pesados, computadores y equipos de telecomunicaciones, electrodomésticos, fármacos y elementos para la industria militar.
- **Agricultura:** los plásticos en este sector permiten un aprovechamiento más eficiente del agua, luz solar, energía y agroquímicos, ayudan al control de plagas, aumentan la productividad y facilitan el control de los vientos.
- **Deportes y recreación:** proporcionan comodidad y elevan el nivel de la calidad de vida. Los implementos deportivos y artículos para camping, discos para audio, video y casetes, son algunos de los ejemplos más representativos de la aplicación de los plásticos en este sector.

## 2.6.2 Aportes en lo ambiental

Los plásticos contribuyen a la protección ambiental durante todo su ciclo de vida, desde la obtención de los recursos naturales que les sirven de materia prima básica y fuente de energía, hasta el manejo de los residuos, porque permiten:

- Máxima eficiencia con un consumo mínimo de recursos naturales. Sólo el 5% del petróleo que se consume mundialmente es usado para producir plásticos. El 95% se reparte entre producción de energía, transporte, climatización, productos químicos y otros.
- Menor consumo de energía para su producción y transformación que otros materiales porque se procesan a temperaturas menores. En Colombia, la industria de productos plásticos consume el 5,7% de energía del total industrial, comparado con sectores como papel (10%), alimentos (16%), textiles (8,6%), minerales no metálicos (9,5%) e industrias básicas de hierro y acero (14%)<sup>11</sup>.
- Transportar mayor cantidad de productos empacados en plástico, reduciendo el consumo de combustible y la contaminación.

<sup>11</sup> Fuente: Encuesta Anual Manufacturera, DANE, 2000.

- Reducir el consumo de combustible y la contaminación en el transporte de otros productos elaborados con plásticos como tuberías, perfilierías y piezas para autos.
- Reducir la pérdida de alimentos mediante el uso de empaques adecuados. Los materiales plásticos son particularmente aptos para el envase de alimentos; su flexibilidad, escaso peso, transparencia, resistencia y duración, le confieren importancia fundamental para su almacenamiento.
- Reducir el volumen y el peso de los residuos plásticos en la fuente y en la etapa de producción, porque es posible seleccionar entre distintos materiales plásticos y usar menores cantidades para obtener productos de mejor desempeño. Hoy los plásticos son hasta un 80% más livianos que 20 años atrás. Esto es posible gracias a una combinación de factores: mejores materias primas, tecnología de transformación cada vez más desarrollada y diseño de envases teniendo en cuenta el medio ambiente. Un estudio llevado a cabo en Alemania demostró que sin los plásticos el consumo en peso de materia prima para envases aumentaría dramáticamente un 291%<sup>12</sup>, la energía utilizada en la fabricación de envases sustitutos se incrementaría un 108% y el volumen de los residuos al momento de su disposición aumentaría un 158%<sup>13</sup>.
- Reutilizar o usar más de una vez bajo determinadas condiciones, para prolongar la vida útil de los productos.
- Reciclar por medios mecánicos o químicos los residuos plásticos para elaborar nuevos productos o materias primas.
- Recuperar energía en forma de electricidad o calor mediante la combustión controlada de los residuos plásticos, aprovechando su alto contenido energético. Los plásticos son el componente de la basura que aporta mayor cantidad de energía por combustión. Para ejemplificar se puede señalar que 1 kilo de plástico posee un poder calorífico equivalente a la misma cantidad de gas natural<sup>14</sup>.
- Evitar la contaminación cuando son depositados en un relleno sanitario; son inertes, no se descomponen, no emiten gases, ni producen líquidos contaminantes.

Para finalizar, es conveniente notar que los kilos anuales de plásticos en los rellenos sanitarios en los últimos años no se han incrementado a pesar de haber aumentado el consumo, ya que los espesores de los envases han venido disminuyendo constantemente mediante reducción en la fuente; esto es consecuencia de la actitud que la industria ha asumido invirtiendo en investigación y diseño.

### 2.6.3 Aportes en lo económico

Es imposible imaginar las actividades de nuestra vida diaria, de la economía o la tecnología sin el uso de los plásticos. La importancia económica de los plásticos en la vida moderna se puede apreciar observando a nuestro alrededor y analizando cuántos objetos son de este material.

Los índices de crecimiento de los sectores del plástico en el mundo superan prácticamente a todos los demás sectores industriales y el consumo del plástico sólo se encuentra por debajo del consumo del hierro y el acero, aunque esto se debe a que se cuenta la masa consumida, y éstos últimos tienen una densidad mayor.

<sup>12</sup> Estudio realizado por el Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung en 1991.

<sup>13</sup> Fuente: Plastivida Argentina.

<sup>14</sup> Fuente: Plastivida Argentina.



# Marco jurídico nacional

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

## 3. Marco Jurídico Nacional

### 3.1 Introducción

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 el manejo y conservación del medio ambiente. La Constitución Política de 1991 eleva a rango Constitucional la protección del ambiente, colocándolo en un lugar privilegiado
- Las Leyes de Congreso de la República, 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.

### 3.2 Política de Producción Más Limpia

La Política de Producción Más Limpia fue aprobada por el Consejo Nacional Ambiental, con el objeto de alcanzar la sostenibilidad ambiental en el sector productivo. La producción más limpia es una estrategia, y su objetivo esencial es prevenir y minimizar los impactos y riesgos para los seres humanos y para el medio ambiente, garantizando la protección ambiental, el crecimiento económico, el bienestar social y la competitividad empresarial a partir de la introducción de la dimensión ambiental en los sectores productivos, como un desafío a largo plazo.

Los objetivos específicos de la producción más limpia son:

- Aumentar la eficiencia energética y el uso de los energéticos más limpios
- Prevenir y minimizar la generación de contaminantes
- Prevenir, mitigar y compensar los impactos ambientales sobre la población y los ecosistemas
- Adoptar tecnologías más limpias y prácticas de mejoramiento continuo de la gestión
- Minimizar y aprovechar los residuos
- Minimizar el consumo de recursos naturales y materias primas.

De igual forma abarca los procesos, los productos y los servicios. En los procesos busca: la conservación y ahorro de materias primas, insumos, agua y energía; la eliminación de materias primas tóxicas y la reducción y minimización de la cantidad y toxicidad de las emisiones y residuos. En los productos se orienta a la reducción de los impactos negativos que acompañan el ciclo de vida del producto, desde la extracción de las materias primas hasta su disposición final; y en los servicios busca una dimensión ambiental, tanto en el diseño como en la prestación de los mismos.

Dentro de sus principales estrategias se destacan:

- Integración con otras políticas gubernamentales
- Fortalecimiento institucional del Sistema Nacional Ambiental
- Establecimiento de calidad ambiental
- Promoción de la producción más limpia en los sectores productivos nacionales
- Promoción de la autogestión y la autorregulación
- Implementación de instrumentos económicos
- Evaluación y monitoreo de la política.

### ■ 3.3 Política de gestión integral de residuos sólidos

El Gobierno Nacional, en la búsqueda de un mejor aprovechamiento de las potencialidades institucionales y 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 los 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 sus 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.; y
- 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.

El Anexo 1 contiene las Leyes, Decretos y Resoluciones vigentes en el ámbito nacional.





# Criterios para la gestión ambiental empresarial

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

## 4. Criterios para la gestión ambiental empresarial

### 4.1 Introducción

En este capítulo se establecen los alcances de la responsabilidad ambiental que deberían asumir las empresas relacionadas con: los procesos de transformación de resinas plásticas y la recolección, aprovechamiento y disposición final de residuos plásticos, así como las características de la gestión que en los dos casos se debe implementar.

Las entidades involucradas con el ciclo de vida de los empaques y envases requieren desarrollar su actividad en el marco de una gestión orientada a prevenir y minimizar los impactos asociados con las distintas opciones de manejo y procesos disponibles.

Los sistemas administrativos que se establezcan en dichas entidades deberían estructurarse de conformidad con las directrices definidas en normas internacionales reconocidas para la gestión de la seguridad, la salud ocupacional y la protección del ambiente. Las series ISO 14000 y OSHAS 18000 son parámetros de referencia para asegurar que se establezcan adecuadas prácticas de gestión.

### 4.2 Compromiso social y ambiental de la industria de los plásticos en Colombia

Las empresas transformadoras de resinas plásticas y las entidades dedicadas al aprovechamiento de los residuos plásticos deben hacer público su compromiso de trabajar bajo una ética fundamentada en la transparencia de sus actividades y responsabilidad ambiental, estableciendo unas metas de desempeño cada vez más exigentes que aseguren el cumplimiento de las normas legales nacionales, la productividad y el mejoramiento continuo.

El compromiso social y ambiental de las empresas que operen en este sector productivo es necesario reflejarlo, entre otros aspectos, en:

- El mejoramiento continuo de su desempeño en la protección de las personas y del medio ambiente
- Informar al público sobre los riesgos y beneficios de lo que producen y hacen y acerca de su desempeño, logros y retos
- Dialogar y trabajar con las partes interesadas a nivel local, nacional e internacional para entender y atender sus preocupaciones y aspiraciones
- Cooperar con gobiernos y organizaciones en el desarrollo e implantación de normas y regulaciones efectivas, y alcanzar o exceder sus requerimientos
- Exigir el cumplimiento de los principios y buenas prácticas de gestión ambiental a sus proveedores, transportadores, distribuidores, almacenadores, contratistas y clientes
- Contribuir al desarrollo sostenible de las comunidades locales y de la sociedad en su conjunto.

Estos compromisos favorecen para que el sector dedicado al aprovechamiento o disposición de residuos plásticos logre una adecuada respuesta a los retos que supone el desarrollo sostenible.

### 4.3 Orientaciones para el establecimiento de sistema de gestión ambiental

Un sistema de gestión es un conjunto de criterios y prácticas tendientes a normalizar la forma de hacer las cosas para obtener, de manera consistente y eficiente, los mejores resultados. Los sistemas de gestión ambiental establecidos según los criterios del modelo ISO 14001 contribuyen a asegurar mínimos impactos ambientales en cualquier tipo de proceso productivo.

Este modelo, como todos los sistemas modernos de gestión, considera cuatro etapas secuenciales que llevan al proceso gestionado a lograr los parámetros de desempeño esperados y el mejoramiento continuo: 1) Planear, 2) Hacer, 3) Verificar y 4) Actuar. Estas etapas se repiten cada vez que se complete el ciclo y normalmente comprenden las siguientes actividades:

#### a. Planear:

La planeación se inicia con la definición de políticas y metas por parte de la alta gerencia y la comunicación de éstas a todos los trabajadores y demás partes interesadas, la asignación de recursos y la designación de responsables específicos de cada trabajo.

Esta planeación se realiza con base en los resultados de la evaluación de la empresa frente a las exigencias legales y de sus clientes. La evaluación incluye una identificación sistemática de los riesgos ambientales que conlleva cada actividad (causas) y sus correspondientes impactos (efectos). La identificación permite priorizar y controlar todos aquellos aspectos que resulten significativos y determinar las acciones que deben adelantarse para llegar al control y cumplimiento.

Para esto se designan responsables, se determinan los recursos necesarios, el tiempo requerido y se establecen las fechas de inicio y finalización. Todo esto debe reflejarse en un Plan de Acción con metas claramente definidas.

#### b. Hacer

La segunda etapa del ciclo de mejoramiento continuo consiste en la implementación del Plan de Acción, el cual se adelanta de acuerdo con las orientaciones definidas en las políticas y actividades claves. La comunicación, divulgación, capacitación y promoción constituyen elementos esenciales para comprometer a todo el personal y alcanzar los resultados esperados.

Tanto las políticas como el Plan de Acción de la gestión ambiental se deben difundir permanentemente dentro de la organización para que cada empleado tenga claro su papel frente a éstos, asuma sus responsabilidades y haga suya la filosofía de la empresa en materia ambiental.

Los avances y resultados alcanzados se dan a conocer de manera continua a fin de mantener la motivación de los equipos de trabajo. Las actividades de comunicación, divulgación y promoción se realizan también hacia el exterior de las empresas, a fin de extender la ética empresarial del sistema de gestión ambiental a proveedores, contratistas y otras empresas, de difundir entre las entidades

gubernamentales la utilidad de este instrumento de autocontrol y autorregulación y de dar a conocer a la comunidad los esfuerzos y logros de las empresas en la protección del medio ambiente, de la seguridad y salud de los trabajadores y de la comunidad.

**c. Verificar**

Se establece un sistema formal para que las empresas midan los niveles de desempeño alcanzados en sus procesos productivos como resultado del sistema de gestión implantado

La verificación se realiza con base en las mediciones periódicas del desempeño ambiental de las empresas, a través de los indicadores que se escojan como los más significativos. El análisis de las autoevaluaciones de la empresa y sus indicadores permite identificar las oportunidades de mejoramiento y definir nuevos programas o controles

Una revisión general del desempeño se debe realizar al menos una vez por año, por parte de la alta dirección de la empresa. Esta actividad permite ajustar las prácticas de las empresas y estructurar nuevos Planes de Acción para el año siguiente, lo cual conduce a la siguiente y última etapa del ciclo del mejoramiento continuo

**d. Actuar**

Con este nombre se designa a la etapa de la gestión conducente a implementar acciones que permitan corregir las desviaciones encontradas en el desempeño, a prevenir su repetición y a mejorar los resultados.

## PRODUCCION LIMPIA

### Concepto

"UNEP define producción más limpia como la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integrada en los procesos productivos y los servicios, para reducir los riesgos relevantes a los humanos y al medio ambiente

UNEP: United Nations Environment

La producción más limpia es una estrategia que busca prevenir y minimizar los impactos y riesgos a los seres humanos y al medio ambiente, garantizando la protección ambiental, el crecimiento económico, el bienestar social y la competitividad empresarial a partir de la introducción de la dimensión ambiental en los sectores productivos como un desafío a largo plazo.

Política colombiana de Producción más Limpia



# Directrices para procesos de transformación de plásticos

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

## 5. Directrices para procesos de transformación

### 5.1 Generalidades

Los plásticos se clasifican según su estructura macromolecular, dependiendo del tipo de mecanismo de enlace que presenten.

Los plásticos pueden ser:

1. Termoplásticos
  - Amorfos
  - Parcialmente Cristalinos
2. Termofijos
3. Elastómeros

■ **Termoplásticos:** son polímeros macromoleculares que constan de cadenas lineales y ramificadas, que mantienen su cohesión mediante fuerzas intermoleculares. Su intensidad depende entre otros, del tipo y número de ramificaciones o cadenas laterales. Se caracterizan principalmente porque como consecuencia del calor se vuelven moldeables. Existen dos clases: los amorfos y los parcialmente cristalinos<sup>15</sup>.

Además de los termoplásticos, existen otros grupos de plásticos en los que las moléculas están unidas entre sí como en una red (por puentes). Estos enlaces reciben el nombre de plásticos reticulados. Los grupos se diferencian entre sí por el número de puntos de entrecruzamiento y, según esta característica, se clasifican en elastómeros y termofijos. Las moléculas de estos materiales no sólo están unidas mediante enlaces intermoleculares sino, también a través de enlaces covalentes.

■ **Elastómeros:** esta clase de plásticos presenta moléculas distribuidas sin orden, con pocos entrecruzamientos. Se caracterizan por un grado de reticulación baja. A temperatura ambiente los elastómeros se comportan como el caucho. Como consecuencia de los entrecruzamientos entre las diversas cadenas moleculares disponen de movilidad limitada y configuran puentes que únicamente pueden liberarse por medio de temperaturas muy altas, pero por sus características no vuelven a formarse una vez desciende la temperatura.

<sup>15</sup> Los termoplásticos amorfos son aquellos que por su estructura molecular no pueden adoptar un estado de empaquetamiento compacto. Sus cadenas moleculares están fuertemente ramificadas, se asemejan a un ovillo de hilo, o a un trozo de algodón en el que los filamentos se encuentran entrelazados en todas las direcciones. Carece de todo orden estructural y por ello recibe el nombre de termoplástico amorfo. Por el contrario, los termoplásticos parcialmente cristalinos presentan pocas ramificaciones, escasas y cortas cadenas laterales, que determinan que algunas moléculas puedan compactarse. A diferencia de los termoplásticos amorfos, los parcialmente cristalinos nunca son transparentes, sino que como consecuencia de la dispersión de la luz tiene un aspecto turbio. MICHAELI, GREIF, FAUFMANN, VOSSEBURGER. Introducción a la tecnología de los plásticos. Editorial Hanser. Barcelona. p. 34-35 diferencia de los termoplásticos amorfos, los parcialmente cristalinos nunca son transparentes, sino que como consecuencia de la dispersión de la luz tiene un aspecto turbio. MICHAELI, GREIF, FAUFMANN, VOSSEBURGER. Introducción a la tecnología de los plásticos. Editorial Hanser. Barcelona. p. 34-35

- **Termofijos:** poseen una estructura desordenada de cadenas moleculares con un elevado entrecruzamiento entre las mismas. A temperatura ambiente estas moléculas altamente reticuladas son muy duras y rígidas y al mismo tiempo frágiles (sensibles a los golpes). Bajo la acción del calor difícilmente se reblandecen. Al igual que los elastómeros no son fundibles ni solubles por causa de su fuerte reticulación.

Como consecuencia de las características propias de la estructura de un polímero y su comportamiento específico frente a los cambios en su contenido de energía (cambios de temperatura), en términos generales se definen dos grandes tipos de procesos para su transformación:

- Procesos para polímeros termoplásticos
- Procesos para polímeros termofijos

Dentro de estos dos grandes tipos de procesos existen variaciones específicas para ciertos polímeros que así lo requieren<sup>16</sup>.

Para algunas aplicaciones es usual elaborar el producto final con más de un polímero, en cuyo caso para el proceso de transformación es preciso distinguir entre:

**Material compuesto:** cuando se utilizan aleaciones de polímeros en los que cada uno aporta sus características a un conjunto que reúne y exalta en especial alguna de éstas.

**Estructura compuesta:** cuando la estructura del producto final está compuesta por capas de diferentes polímeros. Ejemplos: Co-Extrusión (Láminas de multicapa del mismo material o de diferentes materiales), Co-Extrusión soplado (soplado de envases con dos materiales o dos colores del mismo material) e Inyección de dos componentes (piezas en las que un polímero aporta las características estructurales y otro el acabado superficial).

El uso de aditivos, tanto en polímeros termoplásticos como termofijos modifica, según el tipo de aditivo y su concentración, bien las condiciones de proceso y/o las características del producto final.

## ■ 5.2 Identificación de aspectos ambientales en procesos para termoplásticos

A continuación se presentan los diferentes procesos más comunes de transformación de termoplásticos que convierten una materia prima, "polímero", en un producto terminado o intermedio.

- Extrusión
- Extrusión-espumado
- Calandrado
- Recubrimiento
- Moldeo por Inyección
- Moldeo por Compresión

<sup>16</sup> Los polímeros "elastómeros" son estructuras intermedias entre materiales termoplásticos y termofijos, y se asimilan en su procesamiento a los procesos para termoplásticos.

- Otros Moldeos • Inyección-soplado
  - Extrusión-soplado
- Rotomoldeo
- Termoformado • Al vacío
  - A presión
  - Mecánico

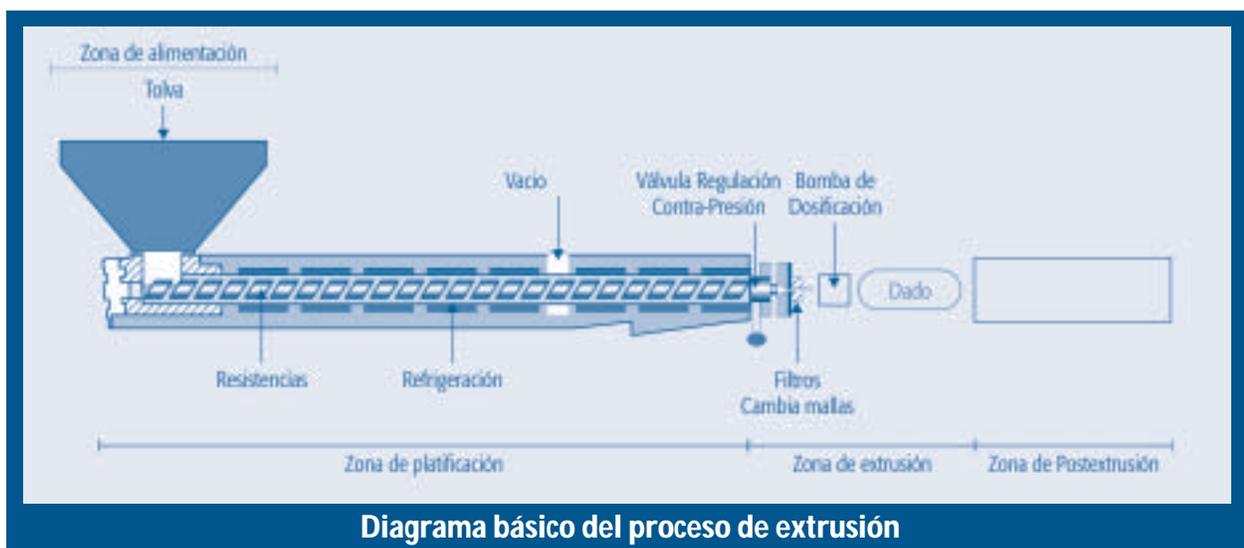
En los procesos para polímeros termoplásticos se desarrollan tres etapas fundamentales; en la primera, el polímero es llevado a su estado elasto-plástico mediante el incremento de su energía (que puede ser por suministro de energía térmica y/o trabajo mecánico) para darle la forma deseada; en la segunda etapa, el polímero se hace fluir por presión, ya sea a través o dentro de una cavidad con el diseño previsto; y finalmente, en la tercera etapa, se procura fijar la forma adquirida disminuyendo el contenido de energía de la masa del polímero, mediante enfriamiento del polímero por refrigeración.

TABLA No. 5									
TIPOS DE TERMOPLASTICOS Y PROCESOS DE TRANSFORMACION									
	Extrusión	Moldeo por inyección	Moldeo por soplado	Inyección soplado	Calandrado	Rotomoldeo	Recubrimiento	Termoformado	Impresión
<b>POLIOLEFINAS</b>									
PE HD	●								●
PE LD	●	●	●						●
PE MD						●			
PE HDL	●								
PP Homopolímero	●	●	●	●			●	●	●
PP Copolímero	●	●	●	●					●
<b>VINILICAS</b>									
PVC Suspensión	●	●	●						●
PVC Emulsión					●	●	●		
<b>ESTIRENICAS</b>									
PS GP	●	●		●					●
PS HI	●	●		●					●
SBS									●
SAN									●

	Extrusión	Moldeo por inyección	Moldeo por soplado	Inyección soplado	Calandrado	Rotomoldeo	Termoformado	Termoformado	Impresión
<b>OTROS</b>									
PMMA	●	●							●
ACETALES		●							
PET	●	●	●	●					●
PC	●	●	●						●
PA		●							
PTFM		●					●		
EVA	●	●	●		●				
PU		●							
Polisulfonas		●							

## 5.2.1 Extrusión

La extrusión es el proceso continuo mediante el cual se plastifica, transporta y dosifica la masa de polímero fundido a través de una boquilla o molde, donde toma la forma del producto final. En la extrusión, el plástico recibe una nueva forma, después de haber sido fundido completamente.



La gama de productos se extiende desde los semielaborados más simples, como tubos, planchas y láminas, hasta los perfiles más complejos.

El proceso de extrusión se puede hacer a partir de:

- Un polímero
- Una aleación de polímeros
- Compuestos poliméricos (compuesto elaborado a partir de un polímero)

Existe una gran variedad de aditivos tales como estabilizantes, plastificantes, espumantes, ayudas de proceso, rellenos y modificadores de impacto, con los cuales se pueden modificar tanto el proceso como las características y propiedades del producto final.

La extrusora es la parte común a todas las instalaciones de extrusión y a los procesos que se fundamentan en ella. Tiene como misión hacer del plástico, que se le introduce en forma de gránulos o polvo, una masa fundida homogénea que es obligada a pasar por un molde. Las partes principales de la extrusora son:

- Tolva: Se encarga de alimentar a la extrusora con el material que se ha de transformar
- Tornillo(s): El(los) tornillo(s) desempeña(n) las funciones de cargar, transportar, fundir y homogenizar el plástico y, por ello, es considerado como la pieza clave de la extrusora
- Dado

**Zona de alimentación** : La función de ésta zona es la de recibir, transportar, comprimir y precalentar el material a extruír, para ser entregado en forma uniforme y constante a la zona siguiente. El aspecto ambiental significativo de esta zona es el relacionado con el desperdicio de las materias primas.

**Zona de transición:** Esta zona se conoce como de transición o plastificación propiamente dicha. En ella se encuentra el material en estado sólido y en varios estados intermedios hasta la formación de una masa fundida, homogénea que debe ser entregada en forma constante y uniforme a la siguiente zona. Los aspectos ambientales de la zona de transición tienen que ver principalmente con el consumo de energía asociado al procesamiento y con emisiones de gases producidas por posible degradación del material en condiciones anormales de proceso. Además, durante el arranque, paradas y cambios de referencia de productos, se presentan emisiones de gases y desperdicio de materias primas.

**Zona de homogenización y dosificación:** En esta zona se debe homogenizar tanto física como térmicamente la masa fundida y extruír el material en forma constante y uniforme con la presión necesaria y suficiente, a través del cabezal de extrusión.

En algunas extrusoras se tiene una zona de venteo donde se evacuan gases y vapor de agua generados durante el proceso de fusión del plástico. Dichos gases pueden tener mayor o menor impacto ambiental dependiendo del polímero utilizado.

**Cambia filtro o portamallas** : Es la unidad donde se filtra el polímero fundido para remover posibles partículas contaminantes (arena, piedras, metales u otros elementos extraños).

En esta etapa se generan residuos sólidos del polímero y de ciertos contaminantes incorporados en el material recuperado y de las mallas en sí, las cuales deben ser cambiadas de manera continua.

**Cabezal** : De la geometría y diseño del cabezal depende básicamente el producto obtenido ya que define la forma, las dimensiones, el tipo de extrusión y muchas de las características del producto.

Por ser el cabezal un sistema abierto, en esta zona se generan emisiones de vapores y gases e igualmente residuos sólidos (tortas) en caso de arranques o ajustes de línea.

Los gases dependen del tipo y calidad del polímero utilizado. La cantidad de residuos sólidos es una función de las buenas prácticas de manufactura, grado de contaminación del material y número de cambios de formas que se generen en el proceso de extrusión.

**Enfriamiento** : Para fijar la forma del polímero termoplástico extruido se utilizan diferentes mecanismos de enfriamiento. El proceso de enfriamiento del producto extruido se debería realizar mediante circuitos cerrados que empleen agua como medio refrigerante, para evitar vertimientos o efluentes contaminantes y su alto consumo.

**Unidad de potencia**: Los motores forman parte de las unidades de extrusión. En ocasiones estos motores son hidráulicos, por lo que debe tenerse cuidado con las fugas de aceite normalmente presentes en estos sistemas. La potencia específica requerida neta varía según el tipo de polímero, el perfil de temperatura y el flujo másico deseado.

## 5.2.2 Extrusión - espumado

Es un proceso de transformación donde una resina termoplástica es extruida simultáneamente con un agente espumante, al pasar a través de una boquilla, para formar un tubo y transformarse en lámina con estructura celular o espumada. Posteriormente, ésta es enfriada y dejada en maduración para que libere el agente espumante dentro de un término establecido y, de esa manera, garantizar su utilización en termoformado u otros procesos posteriores. De esta forma se produce tanto poliestireno como polietileno espumado.

Con el uso de aditivos se puede modificar el producto en color, dureza y otras características físicas.

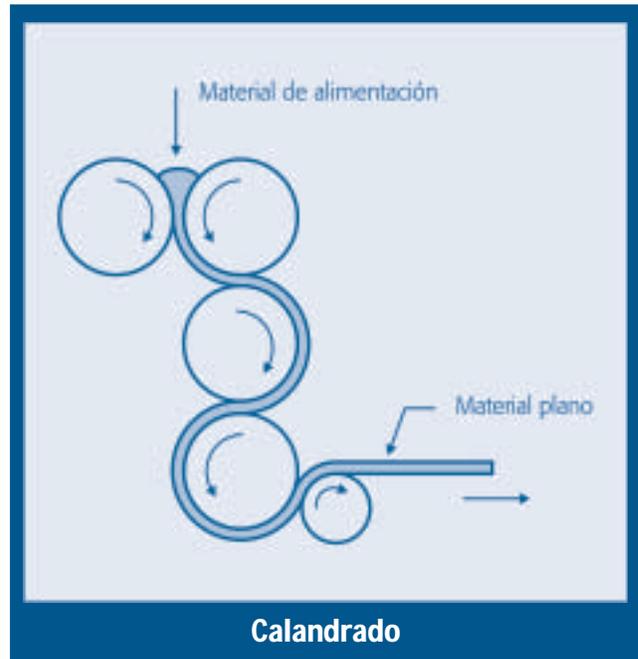
Para ver los aspectos ambientales asociados a este proceso se puede remitir a los explicados en el proceso de extrusión. Adicionalmente el uso de agentes espumantes, en el caso de las empresas de países que han ratificado el Protocolo de Montreal, (sustitución de las SAO -sustancias agotadoras de la capa de ozono-) son inocuas en cuanto a emisiones y daño de la capa de ozono. En el caso contrario, actúan como sustancias agotadoras de la capa de ozono afectando la atmósfera.

Cuando el espumante (gas), no es una SAO (sustancia agotadora de la capa de ozono), deben tomarse medidas a nivel de seguridad y salud ocupacional, más que ambientales, puesto que el agente para la extrusión es el butano y para la inyección el pentano, los cuales arden fácilmente en presencia de llama o rozamiento, lo que obliga a implementar sistemas de detección y seguridad altamente sofisticados para evitar accidentes.

### 5.2.3 Calandrado

Es un proceso de transformación primario, continuo, utilizado para producir láminas y películas, mediante un sistema de cilindros que comprimen el material preplastificado para llevarlo al espesor deseado y posteriormente ser transportado a otra serie de rodillos, para enfriar el producto. Se requiere un estrecho control sobre las temperaturas de los rodillos, presiones y velocidades de rotación.

El proceso sobresale por su buen acabado superficial y alta precisión de calibración en la película. Los productos plásticos hechos por el proceso de calandrado incluyen cubiertas de PVC para pisos, cortinas para baños, manteles de vinilo etc.



Calandrado

### 5.2.4 Recubrimiento

Mediante este proceso se obtienen textiles recubiertos en PVC que se utilizan en industrias manufactureras como tapicería, zapatería, marroquinería, automotriz, editorial, confección industrial, publicidad y recubrimientos.

Para elaborar estos productos se utilizan máquinas recubridoras como son las ramas. En el recubrimiento se utilizan plastisoles u organosoles que se transportan a lo largo de las recubridoras y se emplea papel release como soporte. Los plastisoles son compuestos de PVC con aceites (plastificantes), estabilizantes, cargas y aditivos. Los organosoles, además de lo mencionado, contienen diluyentes (solventes).

La máquina posee varias baterías de aplicación y en cada una de ellas se coloca la cantidad de plastisol para dar el peso requerido. En las últimas, se hace la aplicación de la tela, la cual se adhiere al resto de componentes con una aplicación de PVC u otro componente.

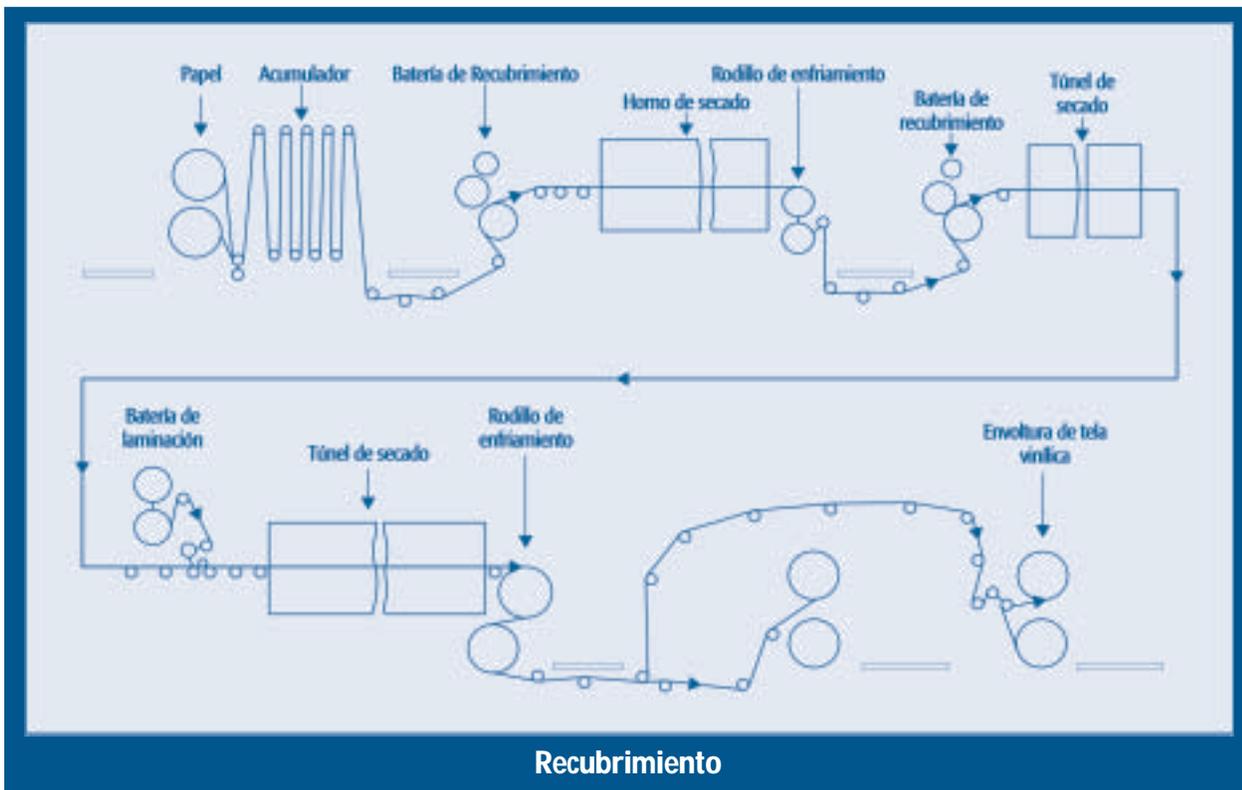
Cada aplicación se seca (gelifica) a una temperatura preestablecida en túneles calentados con circulación de aire a una temperatura entre 150° y 200° C.

El papel release se recupera y sirve para varias pasadas.

En la parte final de la máquina, el material ya curado o gelificado, se enrolla en diferentes longitudes para pasar a procesos posteriores de acabado. Al material obtenido en esta etapa se le controla el peso, el calibre, el ancho, el color, el aspecto y demás características específicas exigidas.

Los aspectos ambientales relevantes durante el proceso están concentrados en las emisiones de gases y vapores provenientes de los sistemas de extracción de los túneles de secado. Los impactos ambientales de estas emisiones dependen de las formulaciones empleadas en cada referencia de producción y las temperaturas de proceso.

Existen otros aspectos ambientales asociados a las actividades de aseo y mantenimiento de los equipos de producción. En estas operaciones se deben mantener buenos procedimientos para minimizar los residuos generados y un buen manejo de los desechos producidos. Adicionalmente, se deben considerar los sobrantes de producción como orillos y material de desperdicio vinílico, los cuales requieren de buenos manejos para ser aprovechados en la elaboración de otros productos útiles para su comercialización.



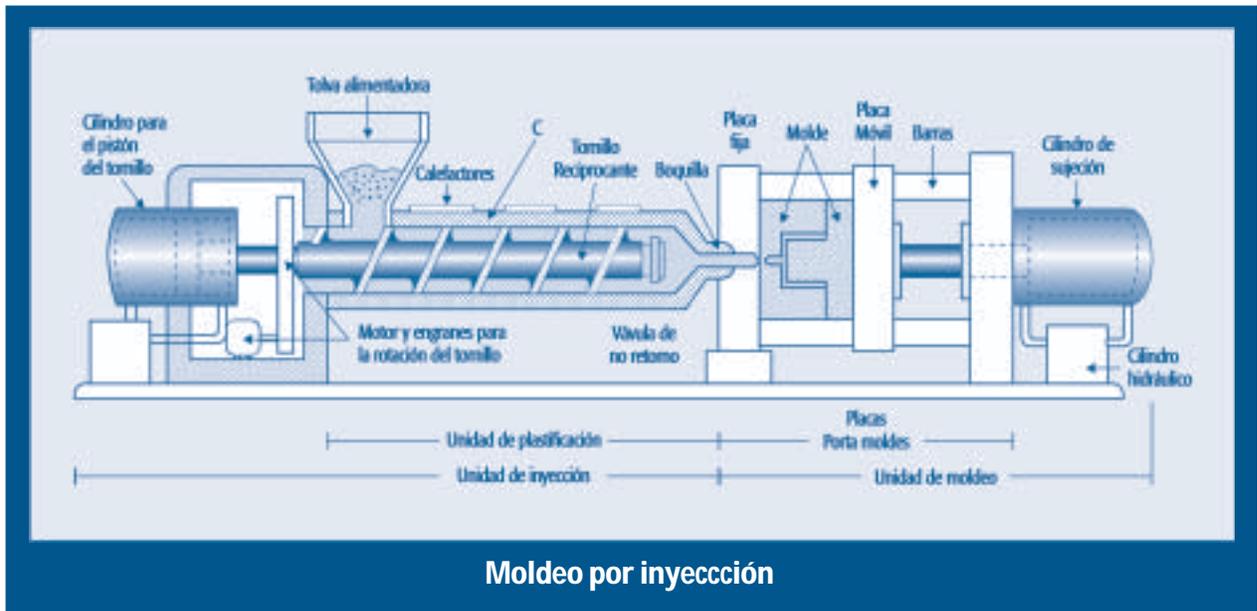
Previo a la operación de recubrimiento existen procesos de mezclado, filtrado y molienda de materias primas que generan emisiones de material particulado. Los impactos ambientales están asociados a las formulaciones de la producción y los sistemas de captación y recuperación que se instalen.

### 5.2.5 Moldeo por Inyección

Es el proceso cíclico en el cual el polímero se procesa en diferentes etapas que conforman el ciclo de inyección. La conversión se lleva a cabo al plastificar el polímero termoplástico (mediante el suministro de energía proveniente de una fuente de calor y el trabajo mecánico aportado por el husillo) e inyectarlo y hacerlo fluir por medio de alta presión dentro de la cavidad de un molde, donde nuevamente el polímero es llevado al estado sólido (mediante el retiro de energía a través del intercambio con un refrigerante) tomando la forma de la cavidad en que se solidificó.

El proceso se lleva a cabo en un equipo de inyección, "inyectora", que consta de:

- Unidad de Plastificación / Inyección
- Unidad de Moldeo
- Unidad de Control
- Unidad de Potencia



Existen modificaciones o implementaciones para algunos procesos específicos de moldeo por inyección en los que, bien sea por el proceso o por el material, se requieren implementos especiales tanto en la unidad de plastificación, como en la unidad de moldeo o aún en el mismo molde.

#### Clases de moldeo

- Moldeo de dos o más componentes
- Moldeo asistido por gas o por agua
- Moldeo de piezas espumadas
- Decoración en el molde

Hay tres tipos de maquinaria para el proceso de inyección: hidráulica, eléctrica e híbrida. En la inyección con sistema hidráulico, el aspecto ambiental más relevante es el aceite proveniente de fugas frecuentes en este tipo de sistemas. Los procesos de inyección totalmente eléctricos normalmente consumen menos energía que los hidráulicos y tienen la ventaja de no generar contaminación por fugas de aceite. Igualmente, los sistemas eléctricos son más silenciosos que los hidráulicos.

#### Tipos de Molde de Inyección

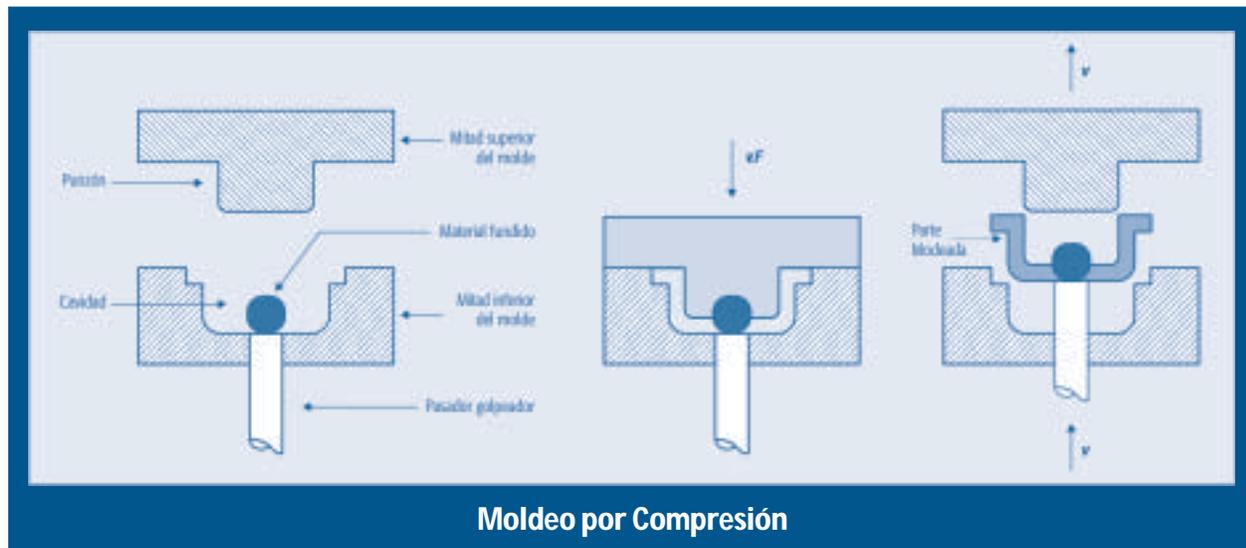
- Moldes de colada caliente: son aquellos donde los canales de conducción del polímero fundido se mantienen a una temperatura tal, que el plástico nunca se solidifica, puesto que en ciclo de enfria-

miento únicamente se solidifica el producto inyectado y no se generan residuos sólidos en la fase de expulsión de la pieza inyectada.

- Moldes de colada fría: en ellos los canales de conducción del polímero fundido no se mantienen a alta temperatura, debido a que el plástico que contienen se solidifica durante la fase de enfriamiento, simultáneamente con la pieza inyectada. Este residuo (material sobrante con la forma de los conductos de inyección) se conoce como arañas o velas y puede ser recuperado.

## 5.2.6 Moldeo por Compresión

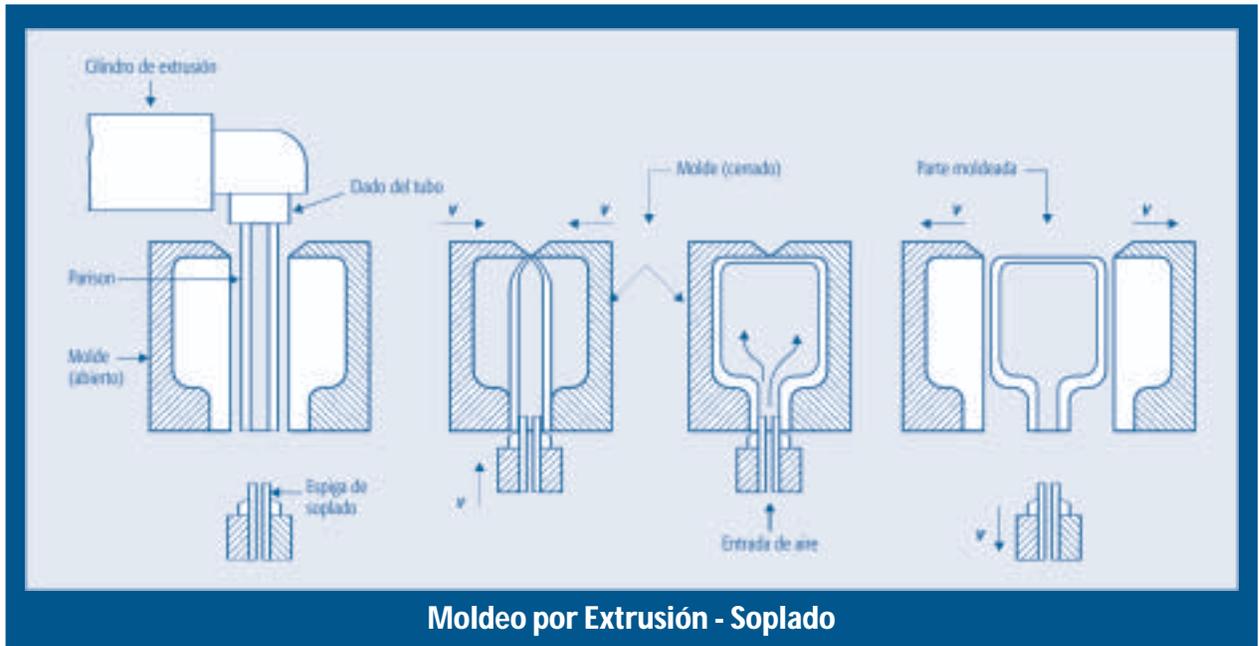
Es un proceso de pos-extrusión que consiste en colocar en el fondo de un molde caliente, una cantidad fija de material fundido. Con posterioridad, se unen las mitades del molde para comprimir dicho material y forzarlo a tomar la forma de la cavidad. Una vez realizado el procedimiento anterior, se enfría para que el polímero se solidifique. Finalmente se abre el molde y se expulsa el producto.



Es un proceso de muy bajo impacto ambiental donde no hay aspectos ambientales relevantes, a excepción del ruido. En el caso de la unidad con matriz hidráulica, se deben tener en cuenta las mismas consideraciones del proceso de inyección.

## 5.2.7 Moldeo por Extrusión - Soplado

El moldeo por extrusión soplado es un proceso de transformación primario discontinuo para la producción de recipientes y artículos huecos. Una resina termoplástica es extruída en forma de tubo hueco o manguera, transformada en un tubo hueco o parísón y llevada a un molde en donde se expande con aire, para tomar la forma del mismo; posteriormente, es enfriado dentro del molde y expulsado como un artículo terminado.

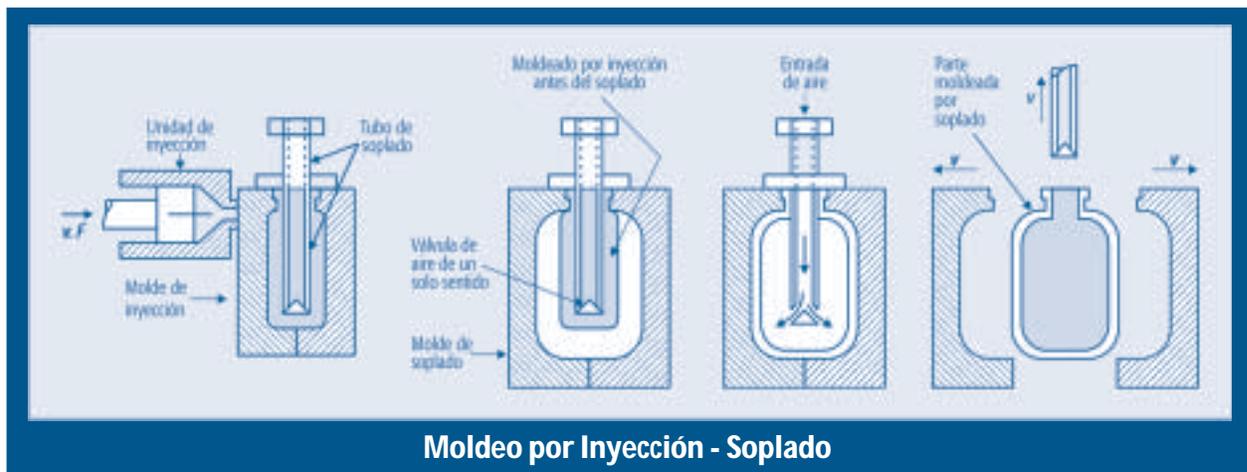


Para ver los aspectos ambientales asociados a este proceso, se puede remitir a los explicados en el proceso de extrusión. Adicionalmente, durante el corte de las formas sopladas, se generan residuos sólidos (rebabas) tanto en la parte superior como inferior de los productos.

En este proceso, al igual que en el de inyección, existen las dos versiones: el sistema hidráulico y el eléctrico. Para conocer los aspectos ambientales relevantes se debe remitir al proceso mencionado.

### 5.2.8 Moldeo por Inyección - Soplado

El equipo de proceso basa su funcionamiento en tres equipos que se mueven secuencialmente; en ellos el material polimérico se moldea combinando la precisión dimensional de la inyección y la capacidad del soplado para elaborar artículos huecos.



En la primera estación, ocurre una inyección convencional que permite obtener una forma previa denominada "preforma". Luego, la preforma se sopla para que adquiera su forma final y, después de enfriarse, se pasa a la última estación para ser extraída de la máquina.

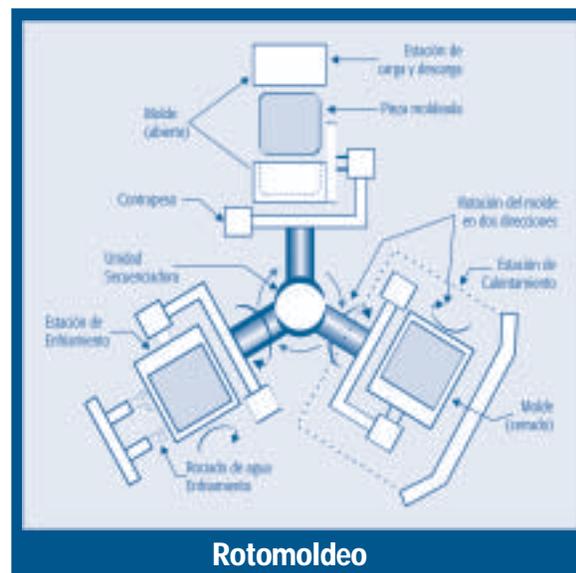
A diferencia de otros procesos, el proceso de inyección soplado requiere dos moldes funcionando. El primero de ellos permite moldear la preforma, en tanto que el segundo se emplea para proporcionar al artículo formado sus dimensiones finales.

Los aspectos ambientales asociados al proceso se asemejan en la primera etapa (fabricación de las preformas) a los de inyección. En la segunda etapa, (soplado de las preformas) pueden generarse residuos sólidos por rechazo de preformas de mala calidad o por producto mal soplado, los cuales pueden ser aprovechados.

### 5.2.9 Rotomoldeo

El moldeo rotacional o rotomoldeo es un proceso donde un molde hueco se llena con resina líquida o en polvo y es rotado en dos direcciones en una cámara caliente, hasta que la resina cubre la superficie del molde y se solidifica formando una pieza. Vale la pena mencionar que en este proceso, el plástico está sometido a la fuerza de la gravedad. La velocidad de rotación es baja, de forma que evita la presencia de la fuerza centrífuga.

Para tener en cuenta en el aspecto ambiental, el proceso de rotomoldeo exige la utilización de hornos generalmente alimentados por gas de combustión cuyas emisiones son equivalentes a las de un horno de gas convencional. Los residuos sólidos generados son específicamente rebabas que pueden ser aprovechadas en el proceso.



Rotomoldeo

### 5.2.10 Termoformado

Es un proceso en el cual se usa una lámina plana extruída de material termoplástico para darle la forma deseada.

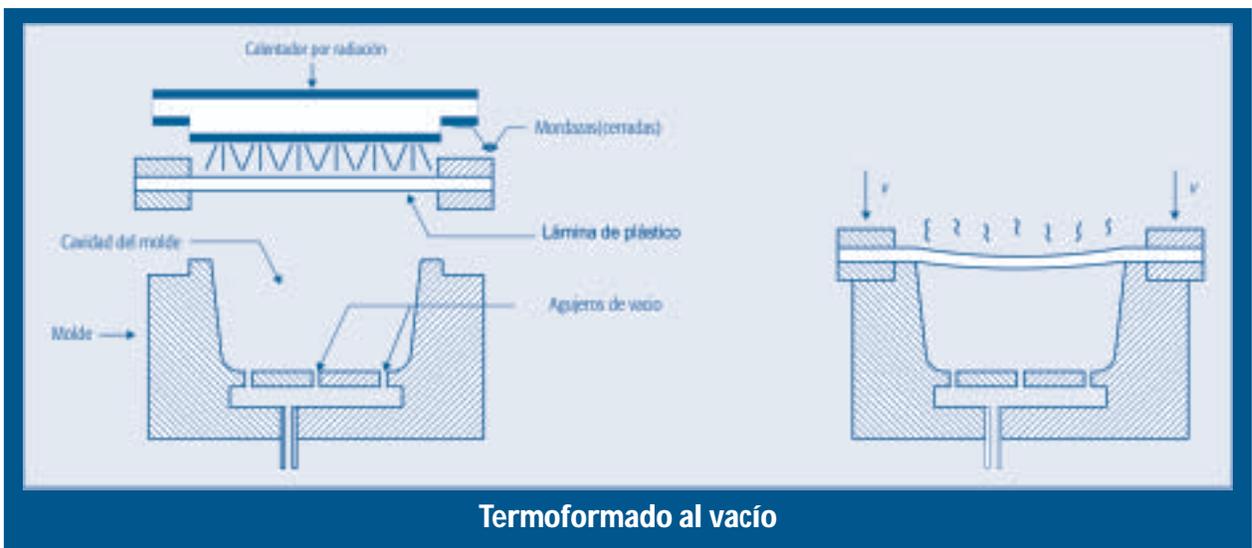
El termoformado consta de dos pasos principales: calentamiento y formado. La duración del ciclo de calentamiento necesita ser suficiente para ablandar la lámina.

El proceso de termoformado puede llevarse a cabo en forma discontinua, partiendo de láminas o placas extruídas previamente cortadas, o en forma continua, a partir de bobinas o rollos de láminas previamente extruídas o fabricadas en línea, donde la extrusora está directamente acoplada a la termoformadora (en este último hay mayor eficiencia energética).

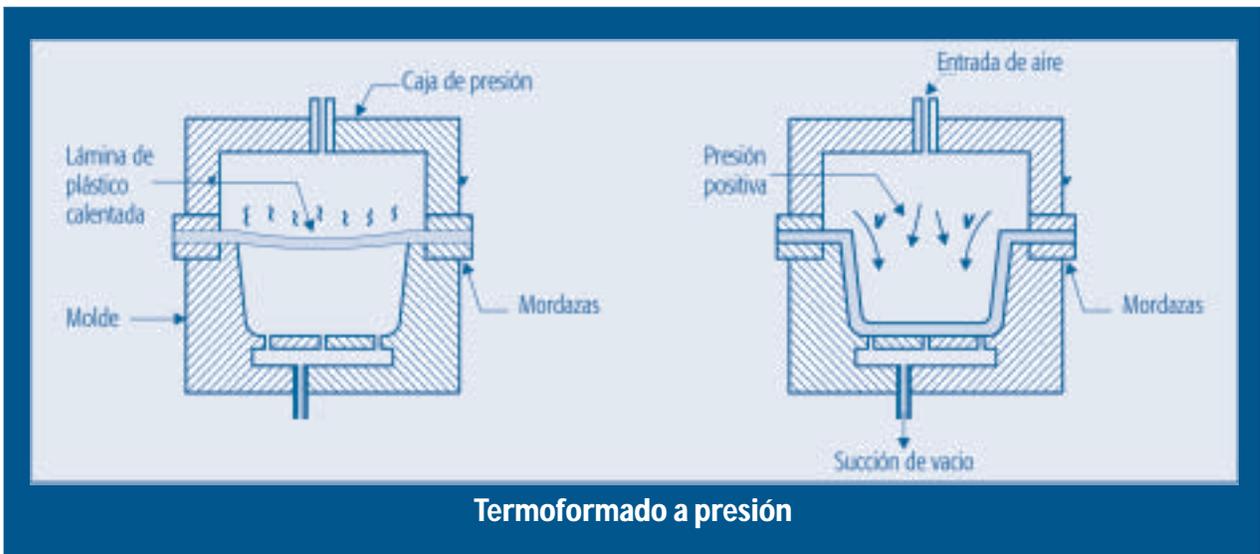
Igualmente, los moldes pueden ser de una o varias cavidades, obedeciendo al tamaño de las piezas a termoformar y a la productividad esperada.

Existen diferentes métodos del proceso:

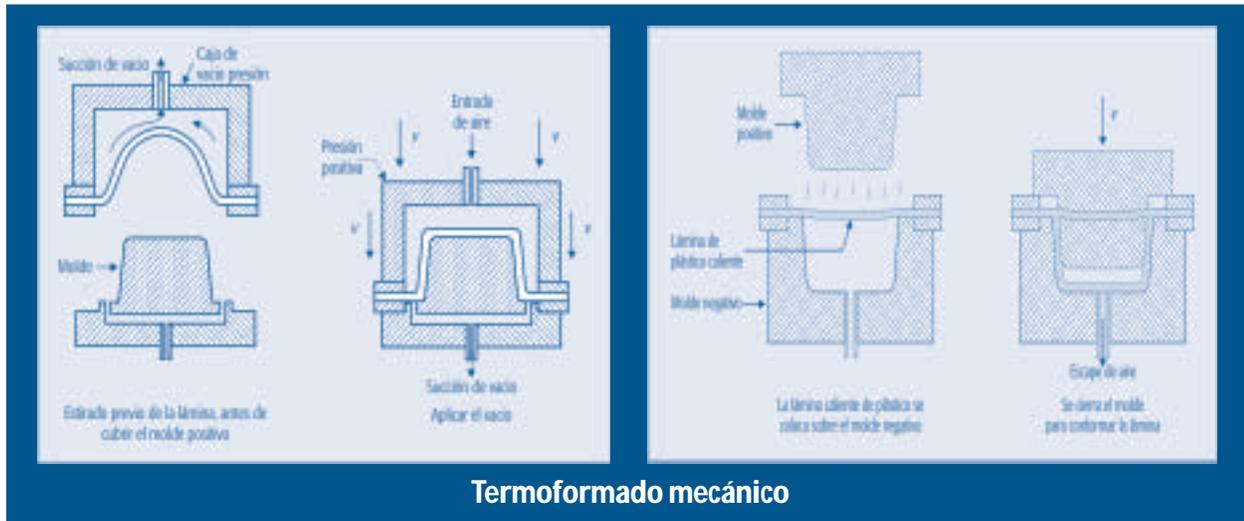
- a. **Termoformado al vacío:** La lámina plástica se ablanda por calentamiento y después se coloca sobre la cavidad de un molde cóncavo, donde el vacío atrae la lamina hacia la cavidad. El plástico se endurece al contacto con la superficie fría del molde, la parte moldeada se retira y luego se recorta la hoja.



- b. **Termoformado a presión:** Esta modalidad de termoformado involucra aire con presión positiva para forzar la lámina de plástico caliente dentro de la cavidad del molde.



- c. **Termoformado mecánico:** Este proceso usa un par de moldes (macho y hembra) que se aplican contra la lámina de plástico caliente, forzándola a asumir su forma.



El proceso de termoformado parte de una lámina extruída cuyos aspectos ambientales fueron contemplados en la sección 5.2.2

Para obtener los productos termoformados con la forma final, se generan residuos sólidos (esqueletos) recuperables, resultantes de la etapa del troquelado de la lámina. La cantidad de dichos residuos depende de la distribución geométrica de las piezas en el molde.

El enfriamiento de los moldes de termoformado se logra mediante un circuito cerrado con agua que no genera vertimientos contaminantes.

### 5.3 Identificación de aspectos ambientales en procesos para termoestables

En esta sección se describirán los procesos correspondientes a los materiales compuestos<sup>17</sup> dentro de los cuales se encuentran las resinas de poliéster insaturado, epóxicas y viniléster, entre otras.

En Colombia, los materiales compuestos de mayor consumo y aplicación son los de matriz en resina de poliéster insaturado reforzada con fibra de vidrio o simplemente utilizando cargas u otros materiales de relleno inertes<sup>18</sup>.

<sup>17</sup> Se conoce comúnmente a los materiales compuestos o composites, como la interacción de dos o más materiales, cuya acumulación de propiedades es superior a la expresada por cada material de manera individual. Bajo este concepto entonces, se encuentran los materiales compuestos con matriz polimérica (resinas de poliéster insaturado, epóxicas, viniléster, etc.) en aplicaciones que pueden estar o no reforzadas.

<sup>18</sup> La resina de poliéster insaturado, es obtenida de la reacción entre ácidos dibásicos y alcoholes polivalentes, que son capaces de polimerizar, bajo la acción de un catalizador, en forma reticulada con monómeros de vinilo para formar un plástico termofijo o termoestable, definiendo lo anterior, que dicha reacción es irreversible. Cuando interactúa la resina de poliéster con fibra de vidrio en sus formas, se puede decir que este es un sistema reforzado, mientras que su aplicación se logra sola o combinada con cargas, principalmente de tipo mineral, se define como sistema cargado o simplemente no reforzado.

A continuación se hace una descripción sobre los diferentes procesos de fabricación de los materiales compuestos reforzados con fibra de vidrio<sup>19</sup>. Se tienen en general, dos grandes técnicas de aplicación, los sistemas de moldeo abiertos y cerrados.

**Moldeo abierto:** Proceso productivo por medio del cual sobre un molde abierto, se procede a estructurar el sistema reforzado. En algunos casos, como en la laminación manual por aspersión o contacto, se aplica un recubrimiento de gel (conocido como gel coat o pintura de acabado superficial) para permitir un acabado exterior pulido.

Características de los sistemas de moldeo abierto por aspersión o contacto:

- Bajos costos de operación
- Proceso simple
- Diversidad de tamaños en piezas
- Las piezas tienen una superficie con acabado.

**TABLA No. 6**

**TIPOS DE TERMOFIJOS Y PROCESOS DE TRANSFORMACION**

	Vaciado	Moldeo por Inyección	Moldeo por Compresión	Inyección reacción en el molde	RTM Transferencia de resina al Molde	Enrollado de filamento	Recubrimiento	Aspersión	Poltusión	Metalizado	Estampado	Impresión
POLIESTER	●	●				●						
EPÓXICAS	●	●	●									●
FENÓLICAS												●
Fenol formaldehído		●	●									
Melanina formaldehído		●	●			●						
Urea formaldehído		●	●									
Poliuretano				●								●
Compuestos												●

La operación de moldeo abierto es extensiva en mano de obra y no particularmente apta para producir grandes cantidades de piezas a menos que las circunstancias del mercado, tales como ciclos de vida cortos del producto, sean un factor condicionante. Los procesos de moldeo por aspersión o contacto son utilizados en muchos casos como un paso preliminar hacia la producción plena o el desarrollo de prototipos.

<sup>19</sup> Un compuesto de PRFV (PoliÉster o Plástico reforzado con fibra de vidrio), es una mezcla proporcional de resina de poliÉster con características particulares (tipo de aplicación, modo de uso, condiciones de operación) y fibras de vidrio, los cuales, en conjunción directa conforman un sistema con propiedades específicas. *Peso (Relación peso-resistencia), resistencia mecánica (Tracción resistencia mecánica: (Tracción, Flexión, Compresión, Impacto), resistencia química: (Ataque, corrosión) y funcionalidad: (Apariencia, transparencia, translucidez).* La fibra de vidrio se produce estirando y enfriando rápidamente vidrio derretido. Hay dos tipos de fibra de vidrio: gruesa y corta. Este tipo de fibras, son comúnmente utilizadas en aplicaciones de aislamiento térmico; filamento continuo: son fibras con grandes virtudes mecánicas, las cuales se encuentran humectadas con ligantes que permiten una perfecta interacción o humectación con las resinas de poliÉster.

### 5.3.1 Moldeo abierto por aspersión (Spray Up)

Se inicia recubriendo el molde con gel coat (pintura a base de poliéster). Posteriormente un equipo de aspersión incorpora la resina que está siendo disparada hacia el molde en forma de abanico y simultáneamente corta la fibra de vidrio en pequeñas mechas. Se debe conservar una relación proporcional de resina y fibra de vidrio para garantizar una adecuada estructuración de la pieza. Según se requiera aumentar el grosor, se agregan capas sucesivas.

Los aspectos ambientales a considerar están en la etapa de aplicación del gel coat por la emisión de estireno. En la aplicación de la fibra de vidrio por aspersión y en el corte y pulido de las piezas, se pueden generar desperdicios sólidos.



### 5.3.2 Moldeo abierto por contacto (Hand Lay up)

Al igual que en el proceso anterior, éste se inicia con la aplicación de la película de gel coat sobre el molde y posteriormente se van colocando sobre éste capas sucesivas de telas tejidas o no tejidas de fibra de vidrio, de acuerdo con el requerimiento de diseño de la pieza. Este proceso es utilizado por los industriales que no cuentan con equipos de aspersión. El sistema constructivo se va logrando en capas sucesivas.

Para conocer los aspectos ambientales relevantes de este proceso, se puede remitir a la sección 5.3.1 en lo referente a la aplicación del gel coat. En la aplicación manual de la fibra de vidrio y en el corte y pulido de las piezas, se pueden generar desperdicios sólidos.



### 5.3.3 Moldeo por embobinado (Filament Winding)

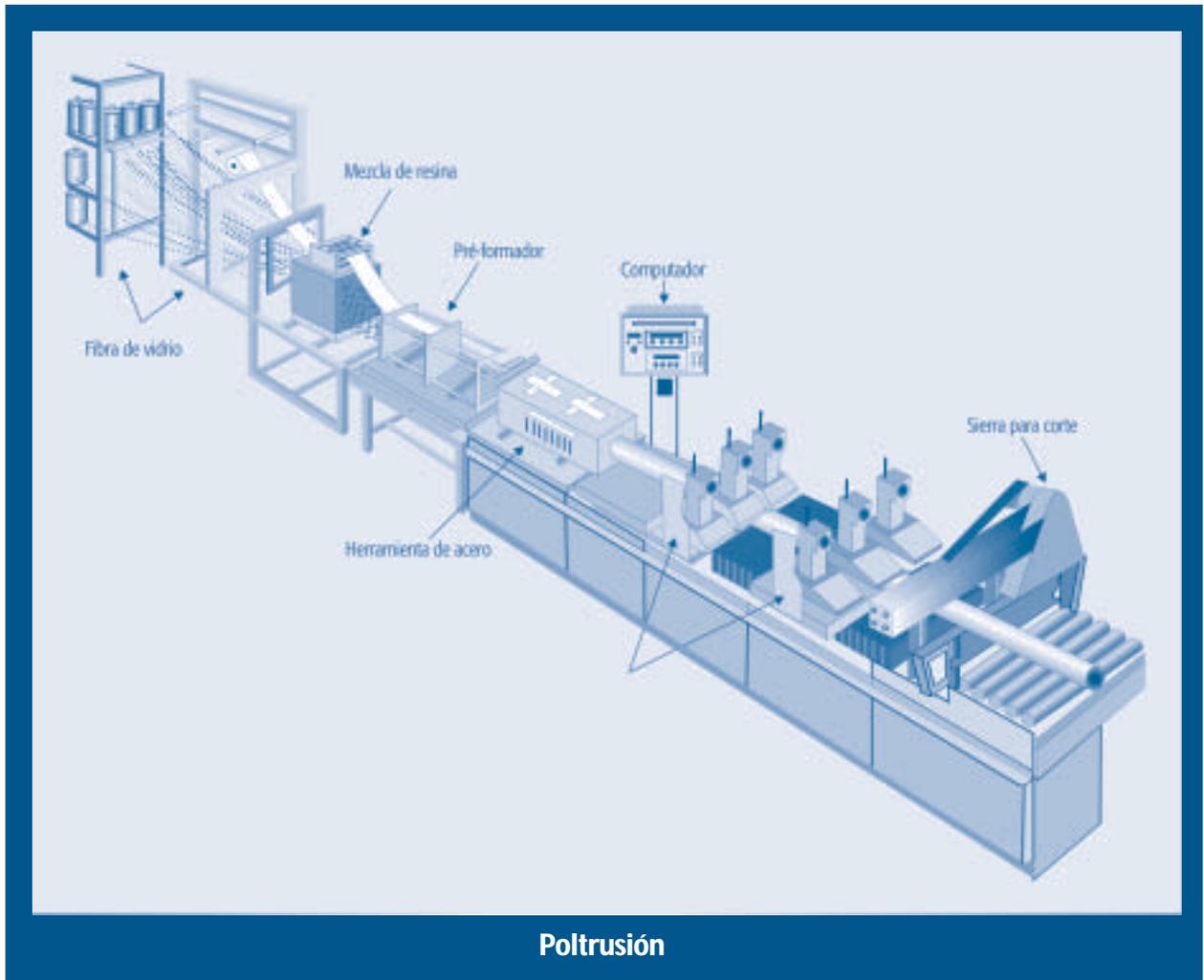
Es un proceso de moldeo abierto automatizado, que utiliza un mandril giratorio como molde. La configuración del molde macho produce una superficie interna terminada y una superficie de lámina sobre el diámetro externo del producto. La mecha de fibra de vidrio se hace pasar a través de un baño de resina de poliéster y se enrolla posteriormente sobre el mandril giratorio. La mecha se mantiene sobre una guía que atraviesa la longitud del mandril. El filamento se coloca sobre un patrón geométrico proporcionando las mejores condiciones de resistencia mecánica en las direcciones requeridas.

Al igual que en los procesos anteriores, el aspecto ambiental a considerar está relacionado con la aplicación de la resina poliéster y la posible emisión del solvente y la generación de residuos sólidos en la etapa de corte y pulido de las piezas.



### 5.3.4 Poltrusión

Es un proceso automático y continuo para producir perfiles cuya sección transversal es constante. Roving y otros refuerzos son saturados con resina y continuamente se hacen pasar a través de las matrices o dados formadores, que por adición de temperatura activan el curado. Una vez curado el perfil, es cortado a la longitud deseada.

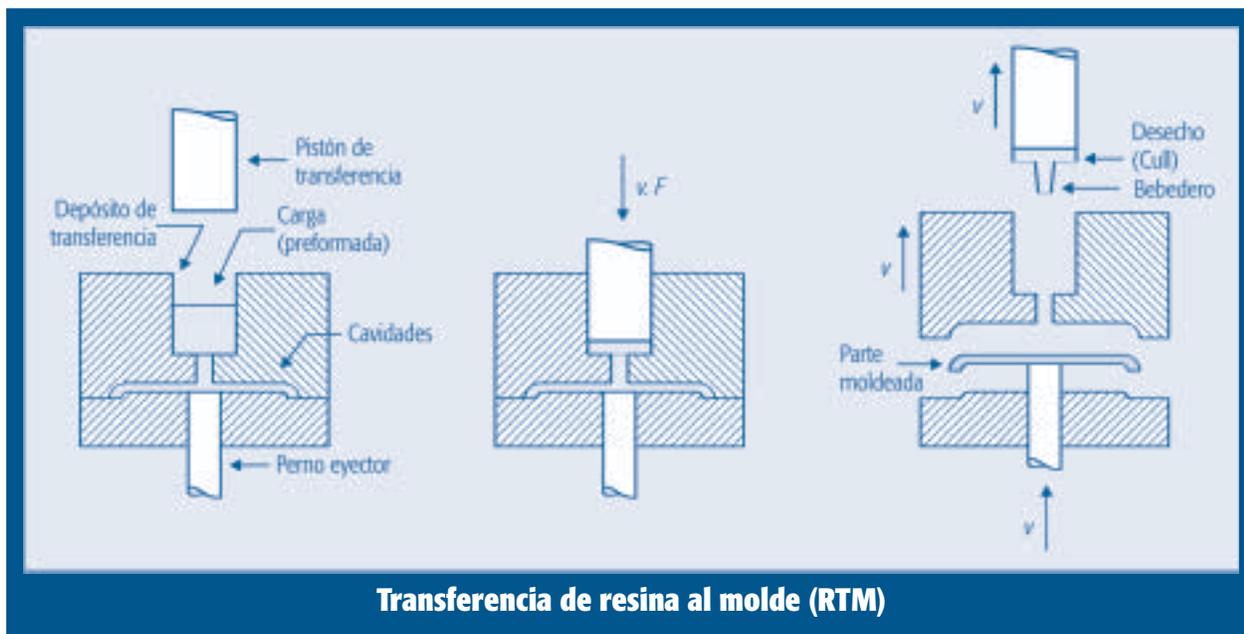


Los aspectos ambientales relevantes en este proceso están relacionados con la emisión de solventes en el curado de las piezas y desperdicio de sólidos en el perfeccionamiento de las mismas.

### 5.3.5 Transferencia de resina al molde (RTM)

El moldeo por transferencia es el proceso en el que las partes son formadas dentro de un molde cerrado bajo presión y en estado de fusión. El material se carga en una cámara auxiliar y una vez fundido se inyecta a través de un sistema de canal dentro de la cavidad del molde.

El sistema de moldeo por transferencia es muy similar al moldeo por inyección de los termoplásticos. Se diferencia en que no es factible mantener el material a altas temperaturas en la etapa de moldeo, como sí es posible en los termoplásticos, puesto que el material puede polimerizar y formar una masa sólida en el cilindro. Como consecuencia de lo anterior, el material solo se calienta una sola vez.



En este proceso cerrado hay menos cantidad de rebabas puesto que, si el molde es diseñado y mantenido apropiadamente, los desperdicios pueden ser de un grosor mínimo. Sin embargo, a diferencia del moldeo por compresión, se generan desperdicios que quedan en los canales de la máquina.

El tiempo de fabricación de un molde abierto es menor que el de uno cerrado.

## 5.4 Identificación de los impactos ambientales asociados y medidas de manejo

En este capítulo se presentan los aspectos e impactos ambientales potenciales de los principales procesos de transformación de resinas plásticas, los cuales pueden variar de acuerdo con las buenas prácticas de producción adoptadas por las empresas del sector. Cabe mencionar que la industria de transformación de resinas plásticas no es considerada altamente contaminante.

La magnitud de los impactos ambientales en los procesos de transformación de la industria del plástico, depende de la identificación y adecuado control de éstos y, para ello, es necesario trabajar para reducir y mitigar los posibles impactos al medio ambiente.

Al identificar los aspectos ambientales, deben tenerse en cuenta tanto los atribuibles al proceso de transformación, como aquellos relacionados con las características del material procesado (polímeros o aditivos).

**TABLA No. 7**

**ASPECTOS AMBIENTALES COMUNES A VARIOS PROCESOS DE TRANSFORMACION DE RESINAS PLASTICAS  
(Inyección, Extrusión, Inyección- soplado, Extrusión-soplado - y Rotomoldeo)**

Actividad	Aspecto ambiental	Impacto ambiental	Medida de Control
Descarga y alimentación de materias primas.	Emisiones atmosféricas de material particulado.	Contaminación al aire por material particulado.	Filtros de mangas para retención de finos y sistemas de captación de polvos.
Fabricación de compuestos y transformación.	Consumo de materias primas.	Afectación de recursos por desperdicio de materias primas.	Control de sobrepeso. Recuperación de desperdicios.
	Consumo de energía.	Afectación de recursos por desperdicio de energía.	Programas de reducción energética.
	Consumo de agua.	Afectación de recursos por desperdicio de agua.	Programas de racionalización de consumo y eliminación de fugas. Cerrar circuitos.
	Generación de residuos sólidos.	Carga al relleno sanitario con materiales quemados (scrap), barredura con compuesto.	Programa de selección y reducción de residuos sólidos. Optimización del control de procesos.
	Vertimientos de aguas residuales del proceso.	Contaminación del agua con sustancias contenidas en los vertimientos.	Cerrar los circuitos evitando vertimientos y reutilizando el agua del proceso. Medición y control de la calidad fisicoquímica del agua.
Mantenimiento de maquinaria, equipos e infraestructura.	Generación de residuos.	Carga al relleno sanitario con repuestos, trapos, aceites, baterías, papel, empaques y envases.	Programas de devolución al proveedor, reciclaje o incineración controlada.

**TABLA No. 8**

**ASPECTOS AMBIENTALES DEL PROCESO DE RECUBRIMIENTO**

Actividad	Aspecto ambiental	Impacto ambiental	Medida de control
Alimentación de materia prima	Emisión de material particulado	Contaminación atmosférica	Filtros de mangas para retención de finos y sistemas de captación de polvos en los equipos de alimentación de materia prima

Actividad	Aspecto ambiental	Impacto ambiental	Medida de control
Extracción de los túneles de secado	Emisiones de gases y vapores	Contaminación atmosférica	Equipo de descontaminación atmosférica (equipo lavador de gases y filtro electroestático)
Lavado de bombas alimentadoras de plastisol	Generación de residuo (disolvente mezclado con plastisoles)	Contaminación del agua Contaminación del suelo	Separación y recuperación de los productos (disolvente y plastisol)
Corte de orillos	Generación de residuos sólidos (fragmentos de producto terminado p.e. tela, papel, resina)	Contaminación del suelo Carga al relleno sanitario	Recuperación de la resina y el sustrato

**TABLA No. 9**
**ASPECTOS AMBIENTALES DEL PROCESO DE TERMOFORMADO**

Actividad	Aspecto ambiental	Impacto ambiental	Medida de Control
Calentamiento de lámina en horno	Emisiones atmosféricas (emisión de humos y cenizas durante potencial combustión e incendio de lámina)	Contaminación atmosférica	Ajuste apropiado de las temperaturas de calentamiento y control de apagado del horno durante un bloqueo o problema en la zona de termoformado
Formado y troquelado	Consumo de materias primas	Afectación de recursos por desperdicio de materias primas	Recuperación limpia de los retales o esqueletos de lámina para ser molidos y usados puros o mezclados nuevamente en cualquier proceso de transformación de plásticos (acorde a las exigencias técnicas y de higiene y salubridad para cada aplicación particular)
	Consumo de energía.	Afectación de recursos. Desperdicio de energía.	Programas de reducción energética y optimización de temperaturas de formado.
	Consumo de agua.	Afectación de recursos. Desperdicio de agua.	Programas de racionalización y eliminación de fugas en los circuitos de enfriamiento de los moldes. Utilización de enfriadores con circuitos cerrados.
	Generación de residuos sólidos provenientes del esqueleto o material sobrante del proceso de termoformado puede ser aprox. el 30-50% de la lámina original, dependiendo de la forma y troquelado de las piezas.	Carga para el relleno sanitario con lámina quemada y/o piezas quemadas o mal termoformadas, imposibles de recuperar en la molienda.	Control de ajustes de temperatura del horno durante el arranque y la operación, así como de los demás parámetros de termoformado. Proceso de reciclaje.
	Vertimientos de aguas de proceso	Contaminación del agua con sustancias contenidas en los vertimientos.	Cerrar los circuitos evitando vertimientos y reutilizando el agua de proceso.

**TABLA No. 10**

**ASPECTOS AMBIENTALES COMUNES A VARIOS PROCESOS DE TRANSFORMACION DE RESINAS TERMOFIJAS**

Actividad	Aspecto ambiental	Impacto ambiental	Medida de Control
Llenado de tanques. Transvase de materia prima.	Derrames o fugas de materia prima.	En altas concentraciones es tóxico para la fauna, flora y seres humanos que tengan contacto o consuman el agua contaminada	Líneas de conducción cerradas. Sistemas de retención de productos tóxicos.
Fabricación de piezas en plástico reforzado con fibra de vidrio	Emisión de solvente en la aplicación de gel coat o resina poliéster.	Contaminación atmosférica	Extractores de aire con filtros para vapores orgánicos e inorgánicos. Utilización de productos supresores de emisión de estireno o bajo contenido de solvente.
	Generación de desperdicios sólidos en la aplicación de fibra de vidrio por aspersión o aplicación manual.	Contaminación del suelo	Entrenamiento en las técnicas de aplicación para reducir los desperdicios. Utilizar técnicas de moldeo cerrado. Implementar programas de reutilización y reciclaje
	Emisión de solventes en el curado de las piezas	Contaminación atmosférica	Extractores de aire y/o áreas con buena ventilación que controlen el nivel permisible de solvente en ambientes cerrados. Utilización de productos con supresantes de emisión de estireno o bajo contenido de solvente
	Generación de desperdicios sólidos en el corte y pulido de las piezas	Contaminación del suelo	Programas de recuperación y reutilización de desperdicios sólidos. Entrenamiento en las técnicas de aplicación para reducir desperdicios
Mantenimiento de maquinaria y equipos	Generación de residuos líquidos en el evento en que ocurra derrame de solvente en el lavado de los equipos	Contaminación del suelo y del agua	Cerrar los circuitos para reutilizar los solventes y evitar la contaminación de los vertederos

**5.5 Consideraciones relativas a la seguridad industrial y salud ocupacional**

La industria del plástico se encuentra inmersa dentro del desarrollo sostenible con una dinámica que busca: productividad, salud laboral y protección del medio ambiente. Este proceso incluye a los produc-

tores de resinas, compuestos y transformadores, que se encuentran en la búsqueda de equipos y prácticas eficientes que minimicen los impactos negativos al ambiente y los riesgos laborales para los trabajadores.

El reto radica principalmente en el uso eficiente de las materias primas, los recursos naturales y un profundo estudio en los procesos productivos para minimizar la contaminación.

Para lograr el desarrollo sostenible han de exigirse condiciones laborales seguras que eviten accidentes o enfermedades profesionales a los trabajadores. La seguridad industrial es importante en cualquier empresa, puesto que no solo implica la integridad física del personal, sino también que el proceso productivo no se paralice y no genere pérdidas económicas por concepto de cese de actividades, parálisis o indemnizaciones laborales.

**TABLA No. 11**

**PELIGROS, RIESGOS OCUPACIONALES Y MEDIDAS DE CONTROL COMUNES A VARIOS PROCESOS DE TRANSFORMACION DE RESINAS PLASTICAS (Inyección ,Extrusión, Inyección -soplado, Extrusión-soplado y Rotomoldeo)**

Actividad	Peligro	Riesgo	Medida de Control
Descarga y alimentación de materias primas. Fabricación de compuestos	Material particulado en el ambiente	Afectación a la salud	Sistemas de captación y recuperación de polvos. Utilización de máscaras para polvos y protección ocular
	Ruido	Hipoacusia	Aislamiento acústico de los sistemas, mantenimiento preventivo y utilización de protección auditiva. Manejo del tiempo de exposición. Programas de vigilancia epidemiológica
	Volátiles generados en el proceso	Afectación a la salud por una sobre exposición a sustancias nocivas	Ventilación del área. Utilización de máscaras durante el arranque de máquinas
	Calor	Stress Térmico	Aislamiento térmico de los sistemas. Ropa de trabajo liviana y ventilación del área
Transformación	Ruido	Hipoacusia	Mantenimiento preventivo y utilización de protección auditiva. Manejo del tiempo de exposición. Programas de vigilancia epidemiológica
	Arranque de máquinas	Afectación a la salud por emisiones de gases de los materiales de arranque	Máscara para gases

Actividad	Peligro	Riesgo	Medida de Control
	Calor	Stress térmico	Aislamiento térmico de los sistemas. Ropa de trabajo liviana
	Posible degradación de los materiales por corte de energía	Afectación a la salud por altas emisiones de gases	Utilización de máscaras para gases. Sistemas propios de generación de energía para emergencias
Mantenimiento de maquinaria, equipos e infraestructura	Peligros mecánicos y eléctricos	Accidentes de trabajo	Capacitación y entrenamiento. Instructivos claros de proceso

### Procesos de extrusión e inyección

Para cada uno de los procesos de transformación existen aspectos e impactos ambientales específicos, dependiendo inclusive del tipo de resina que se esté trabajando. Es así como para el proceso de extrusión e inyección de PVC debe tenerse especial cuidado de no permitir la degradación del compuesto base, ya que se producirían emisiones de ácido clorhídrico -HCl- al ambiente laboral, afectando la salud de los trabajadores.

Por otro lado, uno de los principales riesgos ocupacionales en el proceso de inyección, se presenta en el calentamiento generado por las resistencias eléctricas de las máquinas, aspecto que puede ser tratado mediante recubrimiento de porcelana de las resistencias, para disminuir el calentamiento del ambiente.

**TABLA No. 12**

PELIGROS, RIESGOS OCUPACIONALES Y MEDIDAS DE CONTROL DEL PROCESO DE TRANSFORMACION DE TERMOFORMADO			
Actividad	Peligro	Riesgo	Medida de Control
Descarga y alimentación de materias primas. Fabricación de compuestos	Polvo en el ambiente	Afectación a la salud	Sistemas de captación y recuperación de polvos. Utilización de máscaras para polvos y protección ocular
	Ruido	Hipoacusia	Aislamiento acústico de los sistemas, mantenimiento preventivo y utilización de protección auditiva. Manejo del tiempo de exposición. Programas de vigilancia epidemiológica
Transformación	Ruido	Hipoacusia	Mantenimiento preventivo y utilización de protección auditiva. Manejo del tiempo de exposición. Programas de vigilancia epidemiológica

Actividad	Peligro	Riesgo	Medida de Control
	Arranque de máquinas	Afectación a la salud por emisiones de gases de los materiales de arranque	Máscaras para gases
	Calor	Stress térmico	Aislamiento térmico de los sistemas. Ropa de trabajo liviana
	Posible degradación de los materiales por corte de energía	Afectación a la salud por emisiones altas de gases	Sistemas propios de generación de energía para emergencias. Utilización de máscaras para gases
Mantenimiento de maquinaria, equipos e infraestructura	Peligros mecánicos y eléctrico	Accidentes de trabajo	Capacitación y entrenamiento. Instructivos claros de proceso

**TABLA No. 13**

PELIGROS, RIESGOS OCUPACIONALES Y MEDIDAS DE CONTROL  
COMUNES A VARIOS PROCESOS DE TRANSFORMACION DE RESINAS TERMOFIJAS  
(Poliéster- Vinilester)

Actividad	Peligro	Riesgo	Medida de Control
Llenado de tanques. Transvase de producto	Posible explosión por energía estática	Accidentes incapacitantes	Conectar cable a tierra para descarga de la energía
Fabricación de piezas en plástico reforzado con vidrio	Acumulación de solvente en el área de trabajo	Afecta la salud humana generando mareo, dolor de cabeza, irritación de los ojos y las mucosas e irritación de la piel por contacto (sucede en concentraciones superiores a 370ppm). La concentración máxima permisible en el área de trabajo es de 100ppmm durante 8 horas continuas según OSHA.	Máscaras con cartuchos universales para vapores orgánicos. Gafas de seguridad para protección de los ojos. Utilizar delantales en algodón o PVC. Para las manos usar guantes de PVC, nitrilo o neopreno. Extractores de aire para controlar el nivel máximo. Controlar el tiempo de exposición
	Explosión por acumulación de gases	Accidentes incapacitantes	Utilización de productos con supresores de emisión de estireno
	Acumulación de catalizador en el área de trabajo (Peroxido de Metil Etil cetona). Posible explosión por acumulación de gases	Afecta la salud humana generando mareo, dolor de cabeza, irritación de los ojos y las mucosas y quemaduras en la piel	Máscaras con cartuchos universales para vapores orgánicos. Gafas de seguridad para protección de los ojos. Utilizar delantales en

Actividad	Peligro	Riesgo	Medida de Control
			algodón o PVC. Para las manos usar guantes de PVC, nitrilo o neopreno. Extractores de aire para controlar el nivel máximo. Controlar el tiempo de exposición. Calibración y mantenimiento preventivo de los equipos de aplicación
	Posible explosión por mezcla de componentes inadecuada. Catalizador mezclado con secante (sal de cobalto) antes de agregarse a la resina	Quemaduras personales	Producto listo para utilizar (sal de cobalto incorporada a la resina de poliéster previamente por el proveedor). Capacitación en el manejo de los productos
Mantenimiento de maquinaria y equipos	Derrames de producto. Peligros mecánicos	Accidentes de trabajo	Capacitación y entrenamiento en el manejo de los equipos Instructivos claros de proceso

## 5.6 Consideraciones especiales sobre el manejo de aditivos

Los aditivos son sustancias utilizadas en combinación con los polímeros para modificar sus condiciones durante el procesamiento y/o las características del polímero en el producto final.

Los impactos potenciales en la salud o el ambiente asociados con el uso de ciertos aditivos en los procesos de transformación de resinas plásticas se relacionan generalmente con su uso en concentraciones mayores a las recomendables o en aplicaciones para las cuales no son aptos<sup>20</sup>.

Los riesgos derivados del uso de aditivos en los procesos de transformación de polímeros deben ser considerados para cada caso en particular, ya que para cada polímero y cada efecto deseado existe una diversidad de sustancias disponibles cuyo uso debe ser evaluado y regulado bajo los siguientes criterios:

- Constitución, composición y metabolismo del material
- Condiciones de proceso durante la incorporación del aditivo y transformación del polímero
- Uso previsto para el producto terminado
- Disposición final (modificación de la estructura química con posterioridad a la utilización o durante la combustión, exposición al medio ambiente y envejecimiento)

<sup>20</sup> Al respecto, consultar las GTC y OSHA

### 5.6.1 Agentes espumantes

El uso de agentes espumantes conduce a la obtención de un producto con estructura celular o espuma (el mismo polímero con menor densidad). Los agentes espumantes pueden actuar física y/o químicamente y en cada caso el impacto potencial asociado es diferente, dependiendo del tipo de aditivo utilizado.

Existen aditivos para espumantes que están prohibidos por su impacto ambiental, como son los clorofluorocarbonos o CFC clasificados como SAO (sustancias agotadoras de la capa de ozono). Como alternativa la industria dispone de las espumas de poliuretano (CFC- 11) y poliestireno (CFC-12), que se usan como agentes espumantes; estos ayudan a que la transferencia de calor sea más baja debido a que la sustancia queda atrapada entre las celdas de la espuma.

Las sustancias mencionadas con anterioridad han sido de gran utilidad para la industria. Se caracterizan por ser inocuas para el ser humano, no inflamables ni venenosas, fáciles de almacenar, baratas de producir, pero de gran impacto ambiental. Su estructura ataca la capa de ozono. Estas sustancias flotan lentamente hasta la estratosfera, donde la intensa radiación UV-C rompe sus enlaces químicos. Como consecuencia de esta reacción se libera cloro, que captura átomos de la molécula de ozono y los convierte en oxígeno común.

Después de ésta reacción, el cloro vuelve a quedar libre y puede llegar a destruir cientos de miles de moléculas de ozono antes de unirse con otra molécula y formar una sustancia estable o ser finalmente expulsada de la estratosfera. Los CFC tienen una vida muy larga, pueden permanecer en la atmósfera hasta cien años. Esto les da tiempo para ascender a la estratosfera y permanecer allí destruyendo el ozono.

#### ■ Soluciones o sustitutos de las SAO

Existen diferentes alternativas para reemplazar los CFC. Específicamente para los plásticos expandidos y los poliuretanos se han presentado dos tendencias: el uso de hidrocarburos (como por ejemplo: n-butano, pentano), muy utilizados en Europa; estos no tienen efectos nocivos en el ambiente, pero su desventaja es la inflamabilidad, lo que obliga a las empresas que lo utilizan a implementar costosos sistemas de seguridad industrial. En Colombia es la alternativa más adoptada por la industria. La segunda tendencia se encuentra entre los HCFC, que son menos nocivos para la capa de ozono, pero no son una solución definitiva debido a que también tienen cloro y contribuyen al calentamiento global del planeta.

### 5.6.2 Retardantes de la llama

Los aditivos utilizados para modificar el comportamiento de un polímero ante la acción del fuego se denominan retardantes de la llama. Este tipo de aditivo puede resultar nocivo para la salud, lo cual restringe su aplicación, por lo menos en productos que hayan de estar en contacto con alimentos.









# Directrices para el aprovechamiento y valorización de residuos plásticos

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

## 6. Directrices para el aprovechamiento y valorización

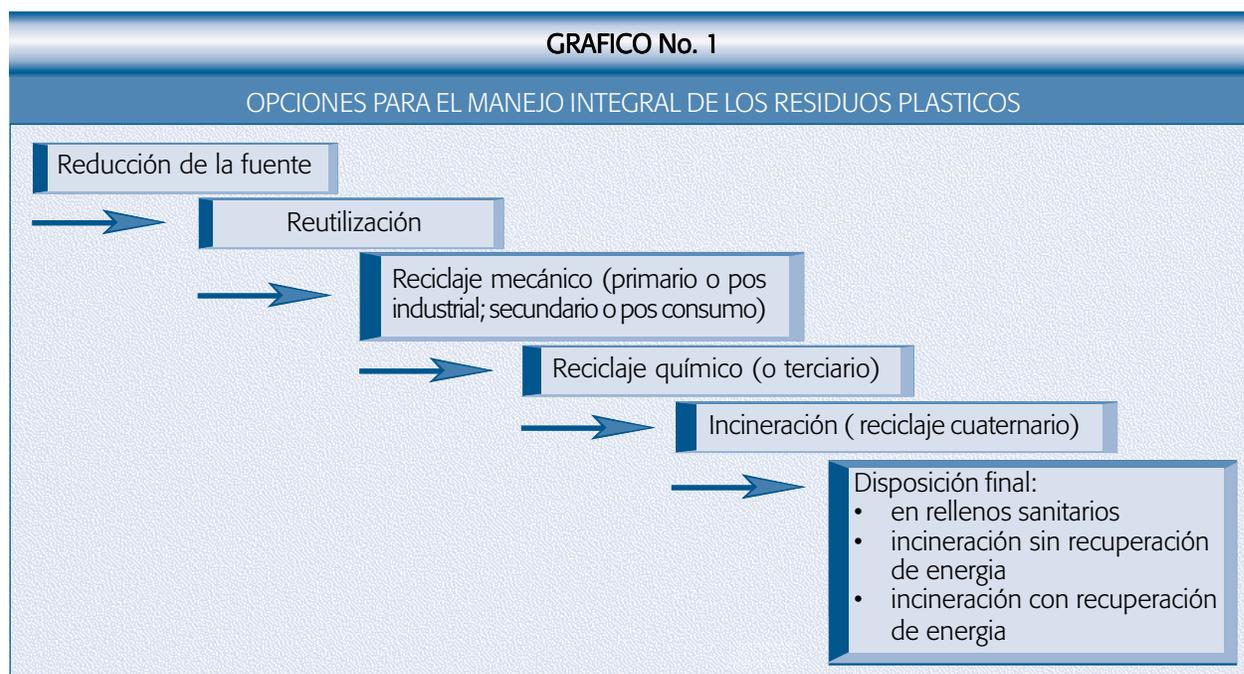
### 6.1 Generalidades

La política colombiana sobre manejo de los residuos se basa en una jerarquización de las acciones de manejo, en la cual se da prioridad a la prevención y a la minimización de los residuos, y se plantea la necesidad de aprovecharlos mediante las distintas opciones disponibles, como son la reutilización o el reciclaje.

La prevención y reducción de la generación de residuos supone, tanto la adecuación del diseño de los productos en el proceso de fabricación, como la modificación en los hábitos de consumo. Estas estrategias favorecen el objetivo de reducir la cantidad de los residuos y/o la peligrosidad de los mismos, procurando la utilización de menos componentes peligrosos en su fabricación.

Cuando la reutilización no sea el modo ambientalmente más racional de extraer valor de los residuos, una variante es reciclarlos como materia prima o utilizarlos para recuperar energía de forma que no se pierda su valor intrínseco.

En los países industrializados se han desarrollado en gran escala dos métodos tecnológicos de recuperación de los residuos plásticos: la incineración con recuperación de energía y el reciclaje mecánico. Sin embargo, la eliminación de residuos plásticos en rellenos sanitarios predomina todavía sobre esos dos métodos.



En general todos los residuos plásticos pueden reciclarse. El reciclaje de los materiales termoplásticos se hace más fácil que el de los termoestables, que sólo pueden utilizarse en modestas cantidades como carga o material regenerado. Las posibilidades de reciclaje y el valor de los productos obtenidos, tanto

económico como en aplicaciones, aumentan si los residuos se clasifican por tipo de plástico. Las mezclas de plásticos y los plásticos altamente contaminados con otros materiales (papel, cartón y foil de aluminio, entre otros) pueden igualmente reciclarse, pero tienen menos aplicaciones en la actualidad y rara vez pueden sustituir al plástico virgen.

## 6.2 Recolección y alistamiento de los residuos plásticos aprovechables

### 6.2.1 Recolección selectiva

Se denomina recolección selectiva a la acción de recolectar técnicamente los residuos reciclables, efectuada por su generador o por la entidad prestadora del servicio público de aseo.

El proceso de recolección debe ser antecedido por la separación en la fuente de los residuos aprovechables por parte del generador, lo que es condición necesaria para llevar a cabo una recolección selectiva de estos residuos. La separación en la fuente de los residuos plásticos pos-industriales o pos-consumo por el generador, puede ser realizada como se indica en la siguiente tabla:

CLASIFICACION DE LOS RESIDUOS PLASTICOS SEGUN LA FUENTE	
Tipo de residuo y características	Fuente
<p><b>Resina virgen fuera de especificaciones(tortas)</b> Mínimo grado de contaminación. Fácil identificación del tipo de resina. Materia prima para otros procesos industriales.</p>	<p>Industria de los plásticos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Productores de resinas plásticas</li> </ul>
<p><b>Empaques y embalajes de materias primas o productos</b> Variables, dependiendo de la sustancia o producto químico que hayan contenido. Si contenían un producto químico tóxico o peligroso, estos empaques se consideran residuos peligrosos. Los productos pueden estar compuestos por un solo tipo de resina o por plásticos mezclados entre sí o con otros materiales</p>	<p>Industria de los plásticos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Productores de resinas plásticas</li> <li>• Transformadoras de resinas plásticas</li> <li>• Consumidores de productos plásticos</li> <li>• Otro tipo de industrias.</li> </ul> <p>Sector agrícola</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Empresas floricultoras, bananeras, cafeteras y demás del sector agrícola</li> </ul>
<p><b>Empaques y envases generados en otras secciones (cafetería, zona administrativa, laboratorios, talleres, zonas recreativas, etc.)</b> Un solo tipo de resina o plásticos mezclados entre sí o con otros materiales. Grado de contaminación de medio a alto y con diversos tipos de sustancias. Diversidad de formas y tamaños. Su aprovechamiento puede requerir descontaminación y análisis cuidadoso de usos posteriores.</p>	<p>Industria de los plásticos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Productores de resinas plásticas</li> <li>• Transformadoras de resinas plásticas</li> <li>• Consumidores de productos plásticos</li> <li>• Otro tipo de industrias.</li> </ul> <p>Sector agrícola</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Empresas floricultoras, bananeras, cafeteras y demás del sector agrícola</li> </ul> <p>Institucional</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Centros de salud</li> <li>• Centros de educación y otras instituciones</li> </ul>

Tipo de residuo y características	Fuente
<p><b>Retales, tortas, productos fuera de especificación</b> Bajo grado de contaminación. Fácil identificación del tipo de resina. Diversidad de formas y tamaños.</p>	<p>Industria de los plásticos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Transformadoras de resinas plásticas</li> </ul>
<p><b>Empaques y envases dañados en la sección de llenado o en procesos de conversión</b> Residuos de mecanizados de partes plásticas. Productos plásticos retornables. Medio a alto grado de contaminación orgánica o química. Fácil identificación del tipo de resina. Diversidad de formas y tamaño. Un solo tipo de resina o plásticos mezclados entre sí o con otros materiales.</p>	<p>Industria de los plásticos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Consumidores de productos plásticos</li> <li>• Convertidores</li> </ul>
<p><b>Envases y empaques de diversos tipos de productos</b> Accesorios y partes de productos plásticos. Un solo tipo de resina o plásticos mezclados entre sí o con otros materiales. Altos niveles de contaminación y de variados tipos. Diversidad de tipos y tamaños. Su aprovechamiento puede requerir descontaminación y análisis cuidadoso de usos posteriores. No todos están identificados.</p>	<p>Doméstica</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Unidades unifamiliares y multifamiliares</li> </ul>
<p><b>Empaques y envases de agroquímicos y de productos agrícolas</b> <b>Recubrimientos de invernaderos y zonas de cultivo</b> <b>Accesorios utilizados durante la cosecha (películas, mallas, sogas, mangueras, etc.)</b> <b>Vestuario de protección personal</b> Altos niveles de contaminación son residuos tóxicos y peligrosos. Fácil identificación del tipo de resina. Diversidad de formas y tamaños. Presentan alto poder calorífico. Pérdida importante de sus propiedades mecánicas. No se puede realizar un reciclaje secundario sin un tratamiento previo de descontaminación y análisis cuidadosos de usos posteriores.</p>	<p>Sector agrícola</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Empresas floricultoras, bananeras, cafeteras y demás del sector agrícola</li> </ul>
<p><b>Empaques y envases de productos farmacéuticos, jeringas, bolsas de suero y accesorios para venoclisis, catéteres y etc.</b> Alto grado de contaminación con residuos tóxicos y patógenos. Un solo tipo de resina o plásticos mezclados entre sí o con otros materiales. No todos están identificados con la codificación internacional.</p>	<p>Institucional</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Centros de salud</li> </ul>
<p><b>Trozos de tubería para instalaciones eléctricas hidráulicas y de gas, perfiles de ventanas, pisos, tejas, tapetes, grifería, recubrimiento de cables y accesorios eléctricos. Mallas y películas para protección e impermeabilización</b> Un solo tipo de resina o plásticos mezclados entre sí o con otros materiales. Pérdida gradual de sus propiedades mecánicas. Posible contaminación con residuos de agregados, lacas, pinturas y otro tipo de recubrimientos. Diversidad de formas y tamaños.</p>	<p>Sector de la construcción</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción de casas, edificios, instalaciones industriales y comerciales.</li> </ul>
<p><b>Autopartes plásticas. Accesorios</b> Un solo tipo de resina o plásticos mezclados entre sí o con otros materiales. Diversidad de formas y tamaños. De medio a alto grado de contaminación, especialmente de aceites lubricantes y grasas.</p>	<p>Industria automotriz</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Talleres de reparación, estaciones de servicio y desguace</li> </ul>

Fuente: Elaborado por ACOPLASTICOS basados en Guía Técnica Colombiana GTC 53-2. Gestión Ambiental. Residuos Sólidos. Guía para el Aprovechamiento de los Residuos Plásticos. 20 de mayo de 1998 p 4

La recolección selectiva de los residuos plásticos pos-consumo es una de las etapas más importantes para lograr el éxito de un programa de reciclaje. Los plásticos pueden separarse de los materiales no plásticos antes de su recolección, o pueden separarse de una corriente mixta de residuos después de su recolección.

TABLA No. 14	
GUIAS PARA LA SEPARACION EN LA FUENTE DE RESIDUOS PLASTICOS	
Cantidad de residuos plásticos	Almacenamiento temporal
1 Poco significativa	Depositar los residuos plásticos en recipientes o bolsas con los demás residuos.
2 Significativa en recipientes o bolsas.	Depositar los residuos plásticos con los demás residuos aprovechables.
3 Significativa, especialmente para residuos plásticos	Depositar los residuos plásticos separados de los demás materiales aprovechables.

La experiencia de los países desarrollados pone de relieve que son muchos los factores que afectan el costo de la recolección selectiva. En países en vía de desarrollo la recolección selectiva no es una práctica común.

Además, el nivel de participación de la población y su receptividad a los sistemas de recolección selectiva tienen un efecto muy importante en los costos. La participación del público en los sistemas de recolección de residuos plásticos entre los residuos sólidos urbanos, influye en la cantidad y la calidad de los residuos plásticos recolectados y, por tanto, en el costo por tonelada de materiales reciclables. Los programas permanentes de sensibilización pública constituyen un elemento importante para atraer la participación de la población.

Es posible anteceder el proceso de reciclaje con un pre-acondicionamiento en la fuente, que puede darse completando una o varias de las siguientes acciones:

1. Retirar las tapas y etiquetas de los empaques y envases (estos materiales también son aprovechables)
2. Enjuagar los empaques para disminuir su grado de contaminación
3. Compactar los residuos plásticos para optimizar el espacio en los recipientes de almacenamiento temporal.

En la recolección de residuos industriales y comerciales, el costo de recolección por tonelada suele ser más bajo que en el caso de los residuos recolectados en los hogares y la calidad del material recolectado es alta. Esta recolección se organiza habitualmente mediante grandes contenedores alquilados por el generador de los residuos y recolectados periódicamente por operadores privados. El mismo sistema se utiliza para los distintos tipos de residuos: industriales, embalaje utilizado en el comercio e incluso residuos procedentes de la agricultura.

De acuerdo a la legislación vigente, el Decreto 1713 de 2002 regula la gestión integral de residuos sólidos e impone la obligación que cada municipio de Colombia debe disponer de un plan de manejo integral de residuos sólidos (PGIRS). En relación con el servicio de aseo, el PGIRS fija unos componentes, como son: Recolección; Transporte; Barrido y limpieza de áreas públicas, corte de césped; Transferencia; Tratamiento; Aprovechamiento y disposición final.

## 6.2.2 Separación y clasificación

Los materiales plásticos que llegan al centro de acopio o estación de transferencia deben ser inicialmente separados de los demás residuos aprovechables, como son el vidrio, el papel, la hojalata, los textiles, etc., cada uno de los cuales es enviado al proceso de aprovechamiento respectivo. Al centro de acopio o estación de transferencia debe llegar la bolsa de materiales que contenga los residuos que son susceptibles de aprovechamiento, tal como lo dispone el Decreto 1713 de 2002.

Para algunos procesos y aplicaciones del reciclaje no se requiere la separación de los materiales plásticos presentes en los residuos por tipo de resina. Dependiendo de las proporciones requeridas de cada plástico en las aplicaciones a las que vayan a ser destinados, pueden utilizarse tal como llegan del proceso de recolección, sin previa separación o acondicionamiento.

En otros procesos los residuos plásticos deben clasificarse por tipo de plástico específico, antes de su procesamiento para una segunda aplicación. En el caso de los artículos de plástico pequeños no es necesario, debido a que éstos pueden utilizarse para la recuperación de energía.

La separación puede llevarse a cabo según diferentes criterios de acuerdo con:

### ■ Separación por tipo de artículo.

La línea de plásticos mezclados es separada por tipos de artículos así: envases (tatucos), películas (bolsas o chuspas), productos rígidos (canastas de transporte, tubería, carcasas de electrodomésticos y computadores, empaques, partes de automóviles, etc.).

### ■ Macroselección.

Esta operación implica tomar cada línea de artículos plásticos enteros desechados y separarlos, ya sea en forma manual o automática, de acuerdo al tipo de resina. Para identificar los artículos plásticos con alto potencial de reciclaje, la Sociedad de Industrias Plásticas de los Estados Unidos desarrolló el sistema de códigos basado en el símbolo universal del reciclaje (NTC 3205, presentado en el Capítulo 2), que ha sido promovido en Colombia por ACOPLASTICOS.

Para separar los componentes plásticos en corrientes de un plástico único (cuando se encuentren materiales plásticos que no estén marcados con el código y número de resina) es indispensable tener conocimientos básicos sobre las diferentes resinas, para lo cual se aconseja estudiar el Manual del Reciclador de Residuos Plásticos publicado por ACOPLASTICOS.

Si en los procesos de transformación posteriores no se tolera la mezcla de colores, los materiales plásticos seleccionados por tipo de resina deben ser igualmente diferenciados por color a través de sistemas de separación manual o automáticos. La clasificación por color puede hacerse según las siguientes categorías: transparentes, verdes, naturales o pigmentados.

Existen técnicas de separación que utilizan diversos métodos y en algunos casos implican inversiones iniciales relativamente grandes pero costos de operación menores. Algunas de las tecnologías ya gozan de reconocimiento general y se las puede utilizar, pero otras se encuentran aún en las etapas iniciales de desarrollo.

**TABLA No. 15**

**TECNICAS DE SEPARACION E IDENTIFICACION DE LOS PLASTICOS**

Procedimiento	Principio	Evaluación de la eficacia
Separación por densidad	En un medio acuoso se separan las resinas plásticas aprovechando la diferencia de densidades. Es posible refinar la separación de las resinas plásticas utilizando líquidos (o mezclas de líquidos) con diferente densidad a la del agua.	Dificultad de separar resinas muy próximas en densidad o resinas con alto contenido de pigmentos y cargas. Costos e inversiones bajas.
Separación por flotación - hundimiento	Separación por gravedad específica. Se generan fuerzas muy superiores a la gravedad, lo cual permite la separación de plásticos con ligeras diferencias en densidad.	Sólo es eficaz la separación de dos o tres plásticos; Bajo efecto de separación, los rellenos perturban el proceso.
Separación por centrifugación	Separación por gravedad específica.	Pureza entre 95 y 99,9%. Costos energéticos mayores.
Criogenización	Cuando los plásticos son sometidos a temperaturas muy por debajo de su temperatura de transición vítrea, llegan a ser más quebradizos, lo cual facilita su posterior separación por tipo de resina mediante cribado.	Costos energéticos muy altos.
Solventes	La mezcla de plásticos es tratada con un solvente, el cual disuelve y remueve selectivamente una de las resinas. Mediante la adición de otro solvente o el mismo a una temperatura diferente se puede remover otro tipo de resina.	Inversiones altas, ya que se requiere recuperación del solvente para que sea rentable y más amigable con el medio ambiente.
Flotación	La mezcla de plásticos es tratada con surfactantes para tomar ventaja de sus diferentes potenciales de humedecimiento superficial. Adición selectiva de burbujas de aire en un medio acuoso.	Es necesaria la adición de reactivos. Baja eficiencia. Los aditivos y rellenos perturban el proceso.
Separación por flotación mediante reactivos selectivos	Cuatro plásticos: PVC, PC, POM y PPE, pueden separarse de sus mezclas sintéticas por medio de agentes humectantes comunes, como el sulfonato sódico de lignina, el ácido tánico, el aerosol OT y la saponina.	Pureza entre 87 y 90%.

Procedimiento	Principio	Evaluación de la eficacia
Electroseparación	Uso de carga electrostática en campos eléctricos para separar el PVC y el PE de cables y alambres.	Pureza superior al 90%, los contaminantes perturban el proceso, revestimiento de la superficie.
Espectroscopía del infrarrojo medio	Pueden distinguirse nueve clases de plásticos: PE, PP, PVC, ABS, PC, PA, PBT, PPE, y EPDM. La separación se realiza gracias a la absorción selectiva de ciertas franjas de radiación infrarroja en la franja media.	Buena identificación de plásticos técnicos. Amplia preparación de la muestra. No puede automatizarse y es muy lento (tiempo estimado 20s/análisis).
Espectroscopía del infrarrojo cercano	Separación de PET, PVC, PP, PE, y PS (espectroscopía de reflexión de 800 a 2500nm, estimulación de oscilaciones armónicas y oscilaciones combinadas).	Buena identificación de envases plásticos. Imposible identificar polímeros de color negro y aditivos.
Espectroscopía de plasma inducido por láser complementada con espectroscopía	Se dirige un haz láser pulsatorio hacia los plásticos para producir un fognazo debido a una densidad de potencia elevada. El fognazo genera un plasma hiperdenso que excita todos los elementos atómicos en el volumen enfocado.	Inversión inicial alta.
Espectroscopía por rayos infrarrojos basada en la transformada de Fourier	Espectroscopía por rayos infrarrojos	Funciona para todos los plásticos, pero se necesitan largos períodos de medición para los plásticos de color negro debido a la preparación y medición de las muestras.
Espectroscopía por rayos UV del espectro visible infrarrojo	Espectroscopía de reflexión de 200 a 400nm, estimulación de vibraciones y electrones.	Identificación mínima de los polímeros. Gran influencia de los aditivos (tintes). Difícil de automatizar.
Espectroscopía fotoelectrónica láser	Separación de PET, PVC, PP, PE, y PS. Espectroscopía de emisión láser-plasma-átomo/respuesta de impulso térmico/termografía por rayos infrarrojos.	Identificación mínima de polímeros. Identificación de ingredientes heteroatómicos. En principio automatizable.
Fluorescencia de rayos X	Los espectros lineales de rayos X utilizados como método de detección muestran la presencia de elementos.	Identificación mínima de plásticos, identificación de elementos, difícil de automatizar. Eficaz sólo para separar PVC de los plásticos PET.
Discriminación óptica	Utilizado como método de detección. Inspección óptica mediante fotodiodos o visión mecánica con dispositivos de acoplamiento de carga (CDD).	Útil para clasificar plásticos según la transparencia y el color, pero no puede identificar químicamente a los plásticos.
Espectroscopía de masas	Detección de productos pirolíticos mediante espectroscopía de masas.	Demasiado tiempo (1min.) para poco efecto de separación. Difícil de automatizar.
Separación electrostática	La mezcla de plásticos puede ser separada aprovechando las diferencias de afinidad electrónica. Separación de lanilla de PVC reticulada con PE de cables. Separación de copos mezclados de PVC y PET en botellas desechadas.	

Fuente: Convenio de Basilea. Guías para el manejo ambientalmente racional de desechos plásticos

### 6.2.3 Limpieza y acondicionamiento

Realizadas las etapas de separación en la fuente, recolección selectiva y clasificación, los residuos plásticos aprovechables deben ser acondicionados para garantizar la calidad del material disponible para su posterior transformación. El acondicionamiento es el conjunto de todas las operaciones necesarias y conducentes a eliminar partes ajenas del residuo que está siendo adecuado y/o a prepararlo para la siguiente etapa de su aprovechamiento.

En algunos casos los residuos plásticos se pueden utilizar en ciertos procesos de aprovechamiento sin requerir ningún acondicionamiento; por ejemplo, para producir madera plástica, asfaltos o aglomerados. En otros casos, se requiere que dichos materiales sean clasificados, separados y acondicionados por la incompatibilidad tanto de materiales diferentes, como de elementos extraños.

Las operaciones involucradas en la etapa de acondicionamiento pueden incluir, según se requiera:

- **Eliminación de materiales ajenos**

Por ejemplo: a los envases se les deben retirar las tapas, los anillos de seguridad, las etiquetas y elementos que no son del mismo material de la botella.

- **Rasgado, trozado (grueso)**

- **Lavado y secado**

El material se somete a un proceso de limpieza, con agua y detergentes de baja espuma. Posteriormente se seca con el fin de eliminar su humedad.

- **Reducción de tamaño**

Molido, crispeteado o aglutinado, triturado (fino), cristalización (en caso del PET).

- **Microselección**

Implica la separación de los residuos plásticos por tipos, después de haber sido triturados o cortados en pequeños trozos de aproximadamente 3 mm - 6 mm de diámetro. Es necesario utilizar técnicas de microselección en situaciones donde las concentraciones pequeñas de contaminantes identificados pueden afectar negativamente la calidad de la aplicación final o el posterior procesamiento.

### 6.2.4 Transporte y almacenamiento

En el transporte de residuos plásticos listos para reciclar, se requiere que se preste una considerable atención a la estabilidad y protección de la carga. Las balas y bolsas no deben apilarse por encima de 2,5 metros de altura y la carga debe asegurarse con lonas impermeabilizadas o cuerdas fuertes. Cuando se descargue material plástico aprovechable debe ponerse especial cuidado en garantizar la seguridad del personal.

En el almacenamiento lo ideal es que todos los materiales plásticos destinados al reciclaje, ya sea triturados o embalados, se acopien sobre superficies de hormigón limpias. Si los residuos plásticos se almacenan en interiores, debe disponerse de instalaciones automáticas de extinción por aspersores para prevenir grandes incendios o facilitar su extinción si llegara a producirse. Si se almacenan en exteriores deben protegerse

contra las inclemencias del tiempo y la contaminación, mediante lonas impermeabilizadas o piezas de polietileno negras<sup>21</sup>.

La contaminación de los plásticos por el polvo y la tierra puede evitarse colocándolos sobre tarimas. Debe establecerse un límite estricto a la altura de las pilas (por ejemplo, no más de tres balas) para evitar que el personal sufra daños si una bala llegara a caer.

El espacio de almacenamiento no debe quedar completamente ocupado por los residuos plásticos. El equipo con que se manipula el material y los vehículos de servicios de emergencia deben tener libre acceso a todas las zonas. Para los trabajadores deben preverse muchos corredores de salida de la zona de almacenamiento amplios, bien señalizados y fáciles de encontrar. La zona de almacenamiento debe estar protegida contra la entrada de personal no autorizado y el equipo de extinción de incendios debe ser de fácil acceso. Estas precauciones son similares a las que se toman con muchos otros materiales.

### ■ 6.3 Aprovechamiento y valorización de los residuos plásticos

Los residuos plásticos son susceptibles de ser reciclados mediante procesos similares a los de su fabricación original. Aprovechando su comportamiento con respecto a los cambios de temperatura, pueden ser llevados mediante calentamiento a su estado elasto-plástico y en estas condiciones darles nueva forma para luego, mediante enfriamiento, llevarlos hasta el estado sólido conservando la forma adquirida. Este proceso se puede repetir una y otra vez, dependiendo de su estado (contaminación con otros materiales), de la presencia de aditivos de protección y de las condiciones del proceso.

Existen diferentes procesos para el reciclaje de plásticos que son explicados posteriormente. Es importante tener en cuenta que para aplicar las diferentes técnicas involucradas en cada uno de los tipos de reciclaje de residuos plásticos, además de contar con una viabilidad económica, técnica y ambiental, se debe garantizar que los productos que se obtengan posean unas condiciones mínimas, tanto de calidad como de salubridad, que permitan su desempeño en forma sana y segura.

Para que los productos resultantes del reciclaje puedan ser comercializados es fundamental el tema de los costos. Por esta razón, la materia prima del reciclador, esto es el material plástico recuperado, debe tener un costo bajo. Para ello se requieren una serie de condiciones, establecidas por el Decreto 1713 de 2002, en las cuales los municipios tendrán una decisiva participación en campañas de promoción para la separación en la fuente, rutas selectivas, transporte de los materiales aprovechables a centros de acopio o transferencia, separación de materiales y sistemas de comercialización.

Aún así, ningún tipo de reciclaje estará exento de las variables a las que se sujeta toda industria, como son las oportunidades y los riesgos. Entre las oportunidades, cabe destacar la prioridad otorgada por el Estado Colombiano al problema de los residuos y la tendencia creciente en las exigencias a los fabricantes sobre el cumplimiento de normas ambientales, incluyendo la incorporación de materiales recuperados a sus procesos y la fabricación de productos con algún contenido de materiales reciclados.

<sup>21</sup> Los plásticos se degradan con la exposición prolongada a la luz ultravioleta, que provoca un deterioro de sus propiedades físicas y químicas. Los residuos almacenados en exteriores deben estar cubiertos con un material que los proteja de la radiación UV.

Son de prever alianzas y sociedades entre los productores de materia prima, los transformadores, los distribuidores, los envasadores y los importadores. Por lo tanto, es la oportunidad de acompañar a la industria plástica, que en los últimos años ha dado muestras de innovación tecnológica, responsabilidad ambiental y expansión del mercado.

En cuanto a los riesgos, dado que la legislación ambiental es incipiente, es de suponer que la administración y el tratamiento de los residuos cada vez estarán sujetos a una mayor regulación. Por lo pronto el reciclador se encuentra ante algunas incertidumbres en materia legislativa. El reciclador tendrá que prever cómo asegurar los estándares de calidad de sus productos y mantenerse al día tecnológicamente. En los próximos años van a ser ofrecidos comercialmente nuevos procesos para clasificar y procesar los residuos plásticos, y los recicladores deberán estar preparados para adaptarse a los cambios que les permitan competir en los mercados del mañana.

El reciclaje de plásticos puede llevarse a cabo mediante procesos mecánicos o químicos. El reciclaje se clasifica en la siguiente forma:

### 6.3.1 Reciclaje mecánico (primario/ secundario)

#### ■ 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.

#### ■ 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 mezclados<sup>22</sup> puesto que algunos de ellos pueden procesarse juntos mientras que otros son incompatibles.

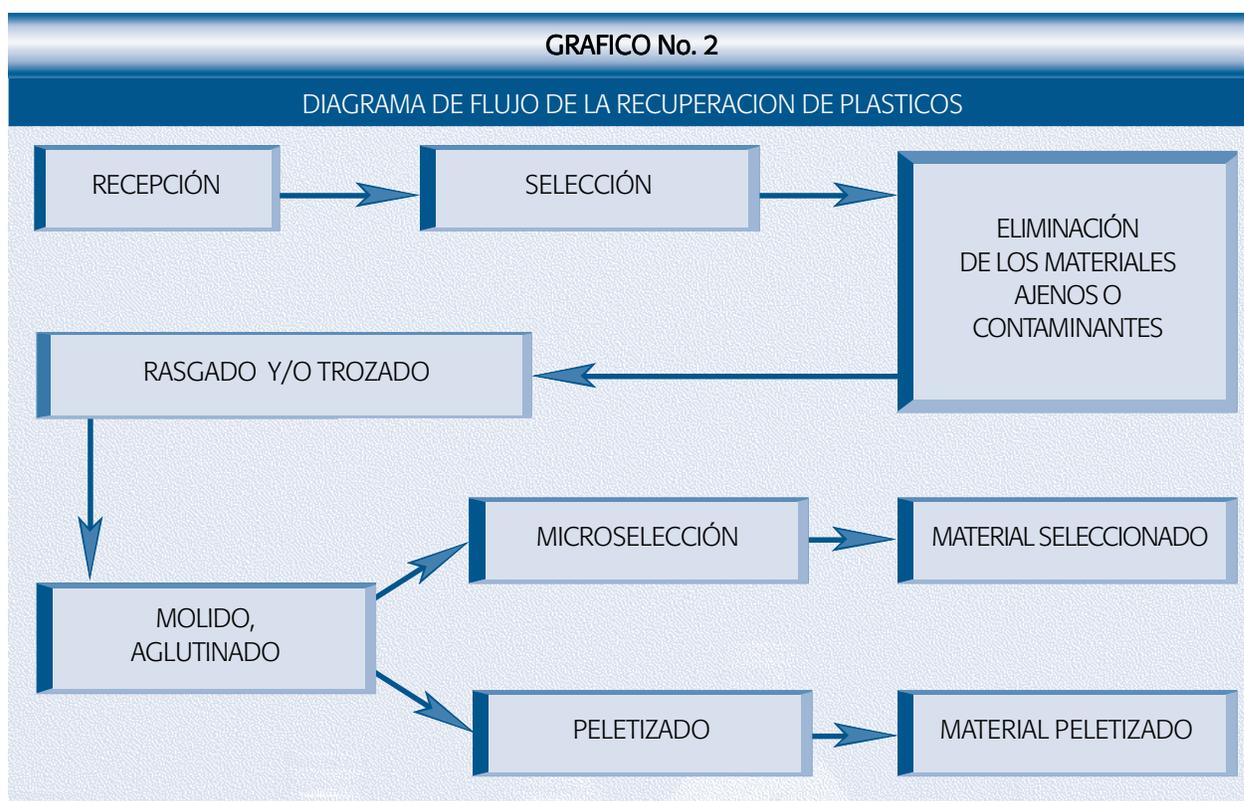
<sup>22</sup> En Colombia existe un proceso para fabricar adoquines de tipo vehicular y peatonal que aprovecha los desperdicios de los empaques flexibles. Además de aceptar materiales compuestos como los mencionados, acepta con facilidad desperdicios de películas plásticas menos complejas, por ejemplo de resinas individuales como las de las clasificaciones 1 a 6.

El proceso acepta materiales mezclados y medianamente contaminados. Por lo tanto, ofrece la ventaja de que no es necesario gastar recursos económicos en procesos de separación, lavado y secado.

El proceso es muy eficiente desde el punto de vista ecológico, pues cada adoquín pesa 1,5 kg. Un metro cuadrado de adoquinado pesa alrededor 45 kg. Para adoquinar una calle de 3 metros de ancho por un kilómetro de largo, se requerirían 135 toneladas de desperdicios de empaques flexibles, películas y desperdicios adicionados de otras resinas. Como se puede observar, encontrar kilómetros y kilómetros de calles para adoquinar no es difícil. Lo difícil ser encontrar las toneladas y toneladas de desperdicios plásticos mezclados que se necesitarían.

Sin embargo, no siempre 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 dos 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.



**Nota:** Para garantizar resinas de Óptima calidad que puedan ser utilizadas por los transformadores en aplicaciones que lo permitan, es esencial que las resinas sean sometidas a procesos de limpieza muy rigurosos.

<b>APLICACIONES DE LOS RESIDUOS RECUPERADOS POR TIPO DE PLÁSTICO</b>	
Plásticos	Aplicaciones de los residuos recuperados
Poliétilen Tereftalato(PET)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los residuos de PET recuperados se destinan principalmente a la producción de fibra, ya sea en hilos finos para tejidos o en fibras más gruesas para material aislante.</li> </ul>

Plásticos	Aplicaciones de los residuos recuperados
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Otras aplicaciones incluyen: tejas, zunchos, rafias, escobas, cepillos.</li> <li>• 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.</li> <li>• 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. 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.</li> <li>• También se emplean como materiales para blindaje y como materiales de relleno para chaquetas.</li> </ul>
<p>Polietileno de alta densidad(PEAD)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Láminas, botellas, barriles para recolectar agua y bidones para compostaje.</li> <li>• El producto recuperado y finamente molido se utiliza también en procesos de moldeo por rotación para fabricar contenedores o tanques.</li> <li>• El material de las botellas y envases plásticos se recicla en nuevas botellas moldeadas mediante soplado o en contenedores grandes, como barriles para agua de lluvia y bidones para compostaje.</li> <li>• El PEAD reciclado es una excelente materia prima para hacer madera plástica o estibas.</li> <li>• Envases soplados para uso en productos no alimenticios, por ejemplo: detergentes, aceites.</li> <li>• Baldes para pintura, minería y cestas para basura.</li> <li>• Contenedores industriales.</li> <li>• Barreras de señalización.</li> <li>• Marcos o perfilarias.</li> <li>• Bolsas de colores dependiendo de la procedencia.</li> </ul>
<p>Cloruro de polivinilo(PVC)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las tuberías, perfiles o paneles de PVC (presentes en marcos usados de ventanas, puertas, revestimientos exteriores) pueden reciclarse en aplicaciones análogas.</li> <li>• Las botellas y los residuos de otros productos de PVC rígido de corta vida, como las tarjetas de crédito o el empaque tipo blister, pueden aprovecharse en la producción de ductos para cables, tubería para drenaje, accesorios para tuberías que no transporten agua potable, baldosas o monofilamento para escobas y cepillos.</li> <li>• El PVC procedente de carcasas de computadores y teclados puede utilizarse en segundas aplicaciones idénticas.</li> <li>• Los cables eléctricos recubiertos pueden ser pelados para quitarles el aislamiento de PVC plastificado, de manera que queden separadas la fracción de metal y la de polímero. La fracción de PVC puede reciclarse en revestimientos para pisos industriales, tapetes para automóviles, suelas de zapatos, guardabarros, barreras acústicas y mangueras de jardín, mientras que el metal conductor se recupera y comercializa nuevamente, obteniéndose de ello un buen rendimiento económico. Si la operación de pelado de los cables no fuera viable económicamente, los desechos de cables pueden quemarse en incineradores autorizados para obtener directamente el metal conductor.</li> </ul>

Plásticos	Aplicación de los residuos recuperados
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los revestimientos para pisos de PVC pueden reciclarse en nuevos revestimientos de pisos o en bases para alfombras.</li> <li>• El PVC presente en membranas para techos o sustratos puede reciclarse en nuevas membranas.</li> <li>• El PVC espumado puede reciclarse en sus aplicaciones originales si se mezcla con material virgen</li> </ul> <p>En general es mejor reciclar por separado los desechos de PVC plastificados y sin plastificar, con el fin de obtener productos de alta calidad. No obstante, es admisible el uso de mezclas de residuos de PVC y de residuos de PVC con otros polímeros en aplicaciones tales como los productos sucedáneos de la madera.</p>
<p>Polietileno de baja densidad (PEBD, PELBD)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bolsas Industriales</li> <li>• Contenedores</li> <li>• Bolsas de uso general</li> <li>• Mangueras para riego dependiendo de la procedencia</li> <li>• Envases para productos no alimenticios.</li> <li>• Los desechos transparentes de alta calidad encuentran una aplicación en bolsas para mercado, por ejemplo, mientras que el material de calidad inferior se utiliza en bolsas para basura. Los desechos plásticos de empaques para aplicaciones agrícolas se utilizan para fabricar nuevos empaques con similar uso.</li> <li>• El PEBD se utiliza también en el aislamiento y la protección de cables, como también en los desechos de la producción de cables.</li> <li>• Se utiliza en barreras acústicas.</li> <li>• Perfiles para muebles, contenedores pequeños y macetas.</li> <li>• El PEBD puede utilizarse también en productos fabricados a partir de mezclas de plásticos como ocurre con el reciclaje de desperdicios de empaques flexibles.</li> </ul>
<p>Polipropileno (PP)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El PP reciclado puede ser utilizado en varios sectores: Sector agrícola: Sistemas de aspersión, válvulas, aspersores, cajas de recolección, comederos para aves. Sector marítimo: Protectores para botes, deflectoras, cabos de amarre. Sector de la construcción: Láminas divisorias, reemplazo de triplex, divisiones oficinas, separadores cielorrasos. Sector automotriz: Bandejas para baterías, protectores guardabarros. Sector Industrial: Cajas de recolección de piezas, tapones, rollos para embobinar, textiles, películas, cordeles, cajas de herramientas, plantillas para escobas y cepillos, zuncho, elementos decorativos, elementos promocionales, tacones de zapatos, ganchos para colgar ropa, conos y cilindros para embobinado de hilo e hilazas, baldes y todo tipo de recipientes.</li> </ul>
<p>Poliestireno (PS)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los residuos de poliestireno espumado pueden ser aprovechados para obtener subproductos tales como adhesivos, aprestos, emulsiones, impermeabilizantes y asfaltos modificados.</li> <li>• Los componentes de poliestireno rígido, como las tazas de café, pueden reciclarse en aplicaciones como estuches de videocasetes y equipos de oficina.</li> <li>• Los desechos de poliestireno expandido pierden sus características como espuma durante el proceso de recuperación. El material recuperado puede volver a gasificarse, pero el producto resulta más caro que el material virgen.</li> </ul>

Plásticos	Aplicación de los residuos recuperados
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ganchos para colgar ropa.</li> <li>• Conos y cilindros para embobinado de hilo e hilazas.</li> <li>• Perfilería de uso arquitectónico o eléctrico.</li> <li>• Rejillas y cielorrasos de uso arquitectónico.</li> <li>• Divisiones para baño.</li> <li>• Componentes para suelas de zapatos.</li> <li>• Componente para baldosas o pisos sintéticos.</li> <li>• Componente para pegantes industriales.</li> <li>• Adoquines aglutinados.</li> <li>• Madera plástica para estibas, postes, cercas, estacas.</li> <li>• Mezcla para asfaltos.</li> <li>• Muebles inyectados (sillas, mesas).</li> <li>• Bidones, baldes para uso industrial.</li> <li>• Materas termoformadas e inyectadas para jardinería.</li> <li>• Semilleros de uso general.</li> </ul>
<p>Otros</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Policarbonato (PC)</li> <li>• Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS)</li> <li>• Estireno Acrilonitrilo (SAN)</li> <li>• Poliamida (PA)</li> <li>• Nylon</li> <li>• Acetales</li> <li>• Plásticos compuestos (co-extrusión, co-inyección, co-laminados)</li> <li>• Aleaciones de polímeros</li> </ul>	<p>Esta clasificación se usa para indicar materiales compuestos, como pueden ser las coextrusiones de varias resinas. También, las laminaciones a papel y foil de aluminio son materiales compuestos que salen de la clasificación 7. Las coextrusiones de varios plásticos y laminaciones a papel y foil de aluminio son los constituyentes principales de los empaques flexibles. Se pueden aplicar en la producción de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Autopartes.</li> <li>• Adoquines.</li> <li>• Carcazas para electrodomésticos.</li> <li>• Teléfonos.</li> <li>• Muebles.</li> <li>• Laminadas de aglomerado con aserrín y cartón.</li> </ul>

#### APLICACIONES DE RESIDUOS PLASTICOS MEZCLADOS

Sector de aplicación	Ejemplos de aplicación por sector
Arquitectura	Cercas, bancas, cajas para plantas y compostaje, muelles, postes o pilotes.
Construcciones agropecuarias	Casetas para porcicultura, estructuras de gallineros, cajas y macetas.
Transporte	Paredes para aislamiento de ruidos, bases para señalización de tránsito, canales para drenajes, tableros para protección de cables, segmentos de pisos. Estibas, carretes para cables.

Fuente: European Vinyl Corporation. Recycling PVC, less waste, more value, Brussels, 1991

### 6.3.2 Reciclaje químico (terciario)

Es el tratamiento de residuos plásticos mediante procesos físico-químicos, en los cuales las moléculas de los plásticos son craqueadas (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.

TABLA No. 16	
PROCESOS DE RECICLAJE QUIMICO	
Proceso	Descripción
Pirólisis	Es el craqueo de las moléculas por calentamiento en el vacío (es decir, en ausencia de oxígeno). Este proceso genera hidrocarburos líquidos o sólidos que pueden ser luego procesados en refinerías. Existen catalizadores especiales capaces de producir cantidades apreciables de gasolina de una calidad comparable a la utilizada actualmente en los automóviles (proceso Mobil oil y proceso Fuji Recycle).
Hidrogenación	En este caso los plásticos son tratados con hidrógeno y calor. Las cadenas poliméricas son rotas y convertidas en un petróleo sintético que puede ser utilizado en refinerías y plantas químicas.
Gasificación	Los plásticos son calentados con aire o con oxígeno, así se obtienen como gases de síntesis, el monóxido de carbono e hidrógeno, que pueden ser utilizados para la producción de metanol o amoníaco o incluso como agentes para la producción de acero en hornos de venteo.
Extrusión degradativa	Es una técnica de reciclaje que utiliza equipos de extrusión (por lo general doble husillo y varias extrusoras en cascada) que permite la descomposición de los plásticos en ceras y materias primas para el sector petroquímico. También permite tratar los desechos plásticos con el fin de eliminar la interferencia entre polímeros. Se emplea como procedimiento previo a la mayoría de los procesos de reciclaje químico.
Chemolysis	Este proceso se aplica a poliésteres, poliuretanos, poli- acetales y poliamidas. Requiere altas cantidades separadas por tipo de resina. Consiste en la aplicación de procesos solvolíticos como hidrólisis, glicólisis o alcoholólisis para reciclarlos y transformarlos nuevamente en sus monómeros básicos para la repolimerización en nuevos plásticos.
Metanólisis	Es un avanzado proceso de reciclado que consiste en la aplicación de metanol en el PET. Este poliéster (el PET) es descompuesto en sus moléculas básicas, incluido el dimetiltereftalato y el etilenglicol, los cuales pueden ser luego repolimerizados para producir resina virgen. Varios productores de polietilentereftalato están tratando de desarrollar este proceso para aplicarlo a las botellas de bebidas carbonatadas. Las experiencias llevadas a cabo por empresas como Hoechst-Celanese, Dupont e Eastman han mostrado que los monómeros resultantes del reciclado químico son lo suficientemente puros para ser reutilizados en la fabricación de nuevas botellas de PET.

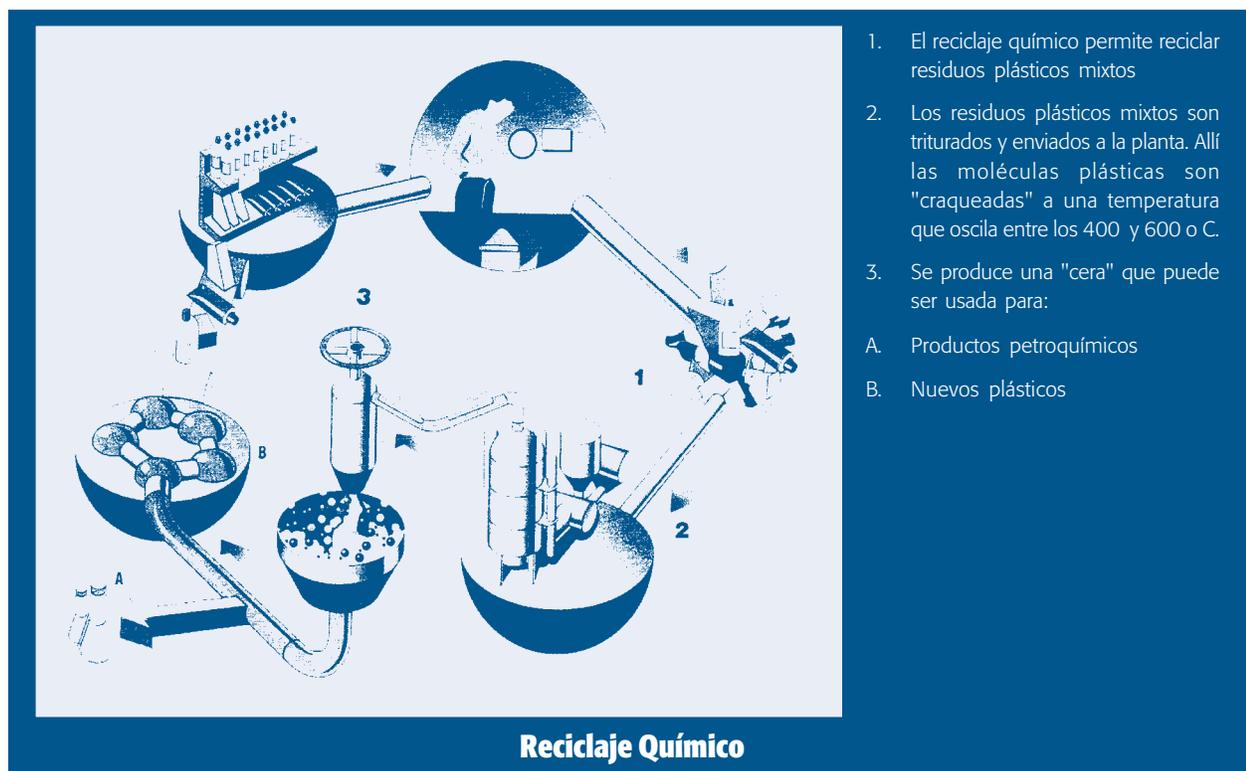
Fuente: Fipma y Plastivida, Manual de Valorización de Residuos Plásticos. 3 edición. Buenos Aires, 2001, p 41

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 de petróleo aumentan, estas iniciativas son más interesantes.

En general, el reciclaje químico se encuentra hoy en una etapa experimental avanzada. Es de suponer que, en los próximos años, pueda transformarse en una poderosa y moderna herramienta para tratar los residuos plásticos. El éxito dependerá del entendimiento que pueda establecerse entre todos los actores de la cadena: petroquímica, transformadores, grandes usuarios, consumidores y municipios, a los fines de asegurar la unidad de reciclado y que la «materia prima», es decir los residuos plásticos, lleguen a una planta de tratamiento.

La sociedad debe estar preparada para tal cambio de tecnología en lo que se refiere al tratamiento de los residuos plásticos. Por su parte, la industria petroquímica está trabajando en la definición de especificaciones técnicas a fin de garantizar la calidad de los productos obtenidos a través del reciclaje químico.



Fuente: Association of plastics manufacturers in Europe (Apme), en: Manual de Valorización de los residuos plásticos. Fipma y Plastivida. 3 edición: Buenos Aires, 2001. p 40

### JUSTIFICACION DEL RECICLAJE QUIMICO

Para un recurso no renovable como el petróleo, es especialmente importante desarrollar técnicas como el reciclaje químico para generar futuras fuentes de recursos energéticos. Para los plásticos, por ser hidrocarburos, también es válida esta afirmación. Los plásticos pos-consumo de hoy pueden considerarse como los combustibles o las materias primas del mañana. Además, el reciclaje químico contribuirá con la optimización y ahorro de recursos naturales al reducir el consumo de petróleo crudo para la industria petroquímica.

De todas las alternativas de reutilización, quizá ninguna esté hecha tan a la medida de los plásticos como el reciclaje químico. Es muy probable que se transforme en la vía más apropiada de recuperación de los residuos plásticos, tanto domiciliarios como los provenientes del pos-industrial, obteniéndose materia prima de calidad idéntica a la virgen. Esto contrasta con el reciclaje mecánico, donde no siempre se puede asegurar una calidad buena y consistente del producto final.

El reciclaje químico puede ser una opción viable para las corrientes de residuos cuando el reciclaje mecánico sea problemático debido a las impurezas o porque requeriría etapas adicionales de separación costosas. El reciclaje químico ofrece posibilidades que resuelven las limitaciones del reciclaje mecánico, que necesita grandes cantidades de residuos plásticos limpios, separados y homogéneos para poder garantizar la calidad del producto final. Los residuos plásticos domiciliarios suelen estar compuestos por plásticos livianos, pequeños, fundamentalmente provenientes de los envases, que pueden estar sucios y presentar sustancias alimenticias. Todo esto dificulta la calidad final del reciclaje mecánico, ya que se parte de un plástico más pobre que la resina virgen. Por lo tanto, muchos productos hechos de plástico así reciclado se dirigen a mercados finales de precios bajos.

Por el contrario, el reciclaje químico supera estos inconvenientes, ya que no es necesaria la clasificación de los distintos tipos de resinas plásticas provenientes de los residuos. En este proceso pueden ser tratados en forma mixta, reduciendo costos de recolección y clasificación. Además, lleva a productos finales de alta calidad que sí garantizan un mercado.

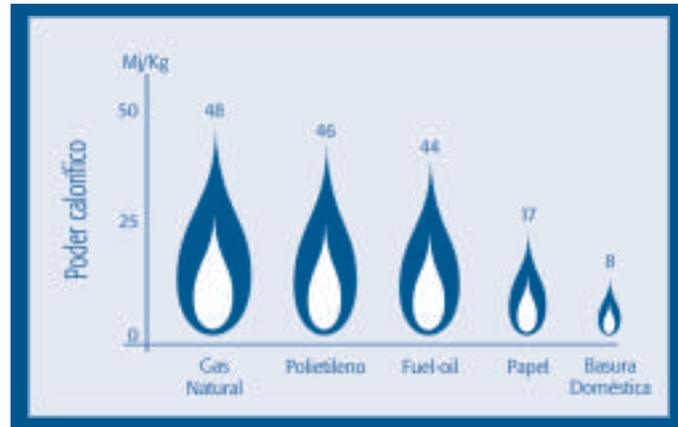
### 6.3.3 Incineración con recuperación de energía (cuaternario)

Es el proceso que, mediante combustión controlada (incineración) aprovecha el alto contenido energético de los residuos plásticos como combustible alternativo.

Aunque algunos plásticos puedan reciclarse, con ventajas para el medio ambiente, muchos residuos plásticos consisten en pequeños objetos dispersos entre otros materiales de residuos. Separar y limpiar esos residuos para su reciclaje puede entrañar una carga ambiental mayor que las ventajas del reciclaje, incluso antes de tenerse en cuenta el costo económico. Asimismo, podría haber residuos del proceso de reciclaje que no puedan ser reciclados a su vez.

En caso de que el reciclaje no pueda justificarse, la recuperación de energía puede ser una forma eficaz en función de los costos de recuperar un valor intrínseco de los residuos plásticos<sup>23</sup>.

Todos los residuos plásticos que no son susceptibles de aprovechamiento a través de reciclaje mecánico o químico, pueden ser utilizados como combustible debido al alto poder calorífico que contienen y a su alto valor energético. Los residuos plásticos no son otra cosa que hidrocarburos, derivados del petróleo o del gas natural. De hecho, son de las pocas aplicaciones del petróleo o gas que no se queman instantáneamente en el transporte o en la calefacción. En general, los residuos plásticos son excelentes combustibles, merced a su altísimo poder calorífico. Aun los que contienen halógenos tienen un valor energético similar al del papel y el cartón. Cuando se mezclan con otros residuos, los plásticos ayudan a la combustión de residuos húmedos o putrescibles. En el gráfico se puede apreciar el valor comparativo de un plástico (en este caso el polietileno) respecto de otros combustibles. La Tabla No. 17 muestra el poder calorífico de algunos plásticos comparado con otros.



**TABLA No. 17**

**PODER CALORIFICO DE ALGUNOS MATERIALES PLASTICOS**

Residuo	Poder Calorífico inferior(Kcal/kg)
Residuos de cocina y de jardín	2 000
Lodo seco de tratamiento de agua	2 353
Papel de revistas	2 900
Cartón	3 750
Papel periódico	4 000
Textiles orgánicos naturales	4 000
Policloruro de Vinilo (P V C)	4 500
Llantas usadas	6 500
Fibras sintéticas	8 300
Engrasantes, aceites y grasas	9 000
Polietileno (PE)	11 000
Poliestireno (PS)	11 000

Una combustión en las condiciones de temperatura y tiempo de residencia requeridas aprovechará el máximo potencial de energía del combustible y garantizará el fraccionamiento total de los compuestos orgánicos tóxicos que pudieran generarse<sup>24</sup>.

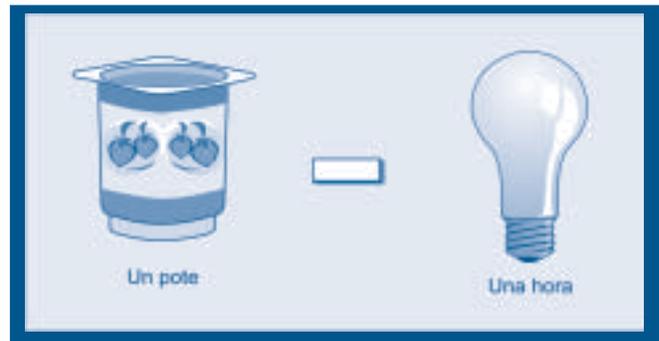
El método más eficaz de recuperación de energía (hasta el 85%) es la incineración de los residuos hasta producir vapor a alta presión para la generación de electricidad, va-

<sup>23</sup> En algunos tipos de plástico, la cantidad de energía necesaria para producir el material es del mismo orden de magnitud que su valor energético cuando se incinera.

<sup>24</sup> La investigación y la práctica en los últimos diez años apuntan a que, en estrictas condiciones de funcionamiento, los residuos plásticos, incluso cuando la mezcla es rica en PVC, pueden incinerarse en forma segura y eficaz, en incineradores modernos que cumplan con los requisitos mínimos de temperatura (1200 grados) y tiempo de retención del gas (2 segundos) que garanticen una combustión completa.

por a baja presión para uso industrial y agua caliente para la calefacción de los hogares. Sin embargo, la mayoría de las plantas en las que se recupera energía de los residuos no intenta conseguir esos tres fines.

Los residuos plásticos son demasiado valiosos como para disponerlos en un relleno sanitario, debido a que pueden ser aprovechados como una poderosa fuente de energía. La incineración limpia con recuperación energética representa ya la principal forma de valorización de los residuos plásticos en Europa, los Estados Unidos y Japón, aunque es poco utilizada en los países en vías de desarrollo.



Según la estrategia de manejo de residuos seleccionada, los residuos plásticos podrán ser incinerados de diferentes maneras:

#### ■ Residuos plásticos solos

Consiste en residuos exclusivamente plásticos ya sea de procesos de reciclaje o separados de la corriente general de residuos y procesados para producir un combustible con una energía y un contenido de polímero específico. De esta manera se obtiene una mezcla de diferentes tipos de plásticos que en conjunto conforman un combustible excelente de altísimo poder calorífico. Muchos incineradores no están diseñados para soportar las temperaturas que se generan cuando se utiliza solamente un combustible con un valor calorífico tan alto, por lo que debe diluirse con un material de valor calorífico más bajo.

#### ■ Empaques transformados en combustible

En este caso lo que se hace es separar todo tipo de empaques de la corriente de los residuos sólidos urbanos. De este modo, a la incineración entrarán empaques de distintos materiales, fundamentalmente cartón, plástico y papel que se procesan en forma de granos para conseguir un valor energético aún más alto. Este tipo de residuos puede ser incinerado en hornos habilitados para combustibles sólidos convencionales.

### ■ Residuos sólidos urbanos.

Se trata de residuos no tratados de uso doméstico y de residuos de establecimientos de comercio y restaurantes, que se queman en grandes instalaciones de "combustión en masa". Los residuos sólidos urbanos tienen un valor energético de tan sólo 10 MJ/kg y una densidad muy baja. Su contenido en plástico ayuda en la combustión de materiales húmedos o putrescibles en la corriente de residuos.

Los residuos plásticos pueden utilizarse como combustible en diversas formas:

- a) **Como combustible complementario en hornos industriales.** Su alto poder calorífico es aprovechado en hornos cementeros, siderúrgicos, ladrilleros, entre otros, como combustible complementario al usado convencionalmente.
- b) **Como combustible para generar energía en hornos incineradores.** En la mayoría de las cámaras de incineración de residuos urbanos, los plásticos actúan como material combustible, facilitando la combustión de los demás residuos e incrementando los flujos de energía necesarios para garantizar una transferencia de calor adecuada.

## ■ 6.4 Impactos ambientales asociados al aprovechamiento de residuos plásticos y medidas de manejo

### 6.4.1 Identificación y valoración de impactos ambientales

El impacto que sobre el medio ambiente ocasionan las operaciones industriales involucradas en cualquier opción de aprovechamiento debe ser medido en múltiples dimensiones: de acuerdo a su tipo, (su efecto negativo), su magnitud (sobre los recursos naturales y las condiciones socioeconómicas de la comunidad), su duración (efecto en el tiempo), las medidas preventivas y/o correctivas que se pueden tomar, los efectos de no aplicar tales medidas y las áreas de influencia de estos impactos.

Entre los principales impactos ambientales a considerar se encuentran:

- Efectos sobre la salud humana.
- Destrucción del ecosistema afectando especies animales y vegetales.
- Deterioro de la calidad del agua, aire y suelo.
- Generación de olores y ruido.
- Deterioro del paisaje y entorno geográfico.

Existen procedimientos y ensayos específicos tendientes a determinar el nivel de contaminación que genera un proceso industrial determinado. La Tabla No. 18 muestra algunos ejemplos de estos ensayos.

**TABLA No. 18**

ENSAYOS DE CARACTERIZACION DE CARGAS CONTAMINANTES	
Tipo de Impacto	Ensayo
Emisiones atmosféricas	Ensayo isocinético de chimenea: Consiste en la determinación de material particulado y gases tóxicos para la salud humana tales como NOx, SOx y COx.
Ruido	Ensayo de presión sonora: Permite establecer los niveles de ruido generados en una industria.
Vertimientos	Existen varios ensayos tendientes a determinar la calidad de agua, con lo cual se determina si es apta para ser enviada a una fuente de recolección hídrica natural o artificial, o si, por el contrario, necesita un tratamiento previo. Para ello se determina pH, conductividad eléctrica, turbiedad, oxígeno disuelto, temperatura, acidez, color, demanda biológica de oxígeno, demanda química de oxígeno, metales pesados, sólidos suspendidos totales etc.
Residuos sólidos	Caracterización física, química y biológica de residuos tendientes a determinar la biodegradabilidad y toxicidad del residuo.

### 6.4.2 Impactos potenciales del proceso de reciclaje de residuos plásticos

Teniendo en cuenta que el principal aprovechamiento que se tiene en Colombia de los residuos plásticos está orientado a la recolección y acondicionamiento de los mismos para un posterior reciclaje mecánico, se dará un mayor énfasis a la problemática ambiental de estos procesos.

El impacto ambiental ocasionado durante el proceso de acondicionamiento de residuos plásticos depende principalmente del tipo, calidad y procedencia del residuo recuperado, teniendo como principal afectación la del recurso hídrico, debido a que durante el lavado de los residuos plásticos se pueden concentrar en los vertimientos diversas sustancias residuales contaminantes. Como ejemplos comunes de tales sustancias pueden encontrarse compuestos organofosforados, clorofenacéticos y derivados de la urea, entre otros, debido al contacto con fertilizantes, herbicidas y plaguicidas cuando el plástico proviene de cultivos agrícolas (flores, banano, etc); grasas y ácido láctico en el caso que el plástico provenga de productos alimenticios; aceites y lubricantes si provienen de envases de lubricantes, etc.

Los vertimientos provenientes de los procesos de acondicionamiento de los residuos plásticos para un posterior reciclaje mecánico presentan, en general, un alto contenido de materia orgánica (Demanda Biológica de Oxígeno -DBO-, Demanda Química de Oxígeno -DQO-), alto contenido de grasas y aceites y alto contenido de sólidos suspendidos y sólidos sedimentables.

La Tabla No.19 muestra las principales etapas del proceso de acondicionamiento de residuos plásticos para un posterior reciclaje mecánico y la valoración del impacto ambiental generado durante el mismo.

METODOS POSIBLES PARA REDUCIR LA CONTAMINACION HIDRICA		
Manejo de Residuo Recuperado	Mejores Prácticas de Operación	Medidas de Control
Lavado de plásticos en el sitio de generación de los residuos.	Mejoramiento del sistema de lavado de plástico aglutinado.	Separación de redes de aguas lluvias y aguas residuales para reducir el volumen de agua a tratar.
Separación del plástico que esté contaminado con sustancias de interés sanitario (tóxicos, metales pesados).	Recirculación de aguas de enfriamiento de aglutinadora o peletizadora.	Implementación de rejillas para retención de sólidos gruesos y disminución del contenido de sólidos sedimentables en el efluente a tratar.
Eliminación y separación de residuos aprovechables (madera, cartón, vidrio, papel, metal).	Reutilización de aguas de lavado previamente tratadas en procesos compatibles.	Implementación de trampas de grasas y aceites para remover estas sustancias y facilitar el posterior tratamiento de las aguas residuales.
Separación de envases y recipientes dependiendo de la aplicación o procedencia (p.e. cultivos de flores, bananeras, envases de lubricantes, bolsas de leche, envases de productos lácteos, botellas de agua, etc).	Almacenamiento y recolección de aguas lluvias para ser usadas en los procesos de lavado.	Instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales para disminuir la carga contaminante de los efluentes líquidos. Implementar un sistema de lodos activados que remueva la carga orgánica.
Remoción preliminar de residuos orgánicos o inorgánicos sin utilización de agua.	Diseño de sistemas de lavado con mínimo consumo y máximo rendimiento por unidad de plástico.	Prevenir contaminación de cuerpos de agua controlando vertimientos.

A continuación se resumen los impactos más comunes generados en el proceso de acondicionamiento de los residuos plásticos para reciclaje.

- a) Sobre los recursos naturales: los vertimientos resultantes del lavado de plásticos si no son tratados adecuadamente contaminan los efluentes y deterioran el agua subterránea y superficial.
- b) Sobre la salud humana: los altos niveles de presión sonora (ruido), provenientes de equipos como aglutinadoras, trozadoras, secadoras y molinos, afectan a las personas que intervienen en el proceso de no utilizarse la adecuada protección auditiva. También originan molestias a las comunidades vecinas.
- c) Sobre el suelo: la contaminación urbana por residuos sólidos, provenientes de la selección y limpieza, que no hayan sido adecuadamente recogidos y dispuestos, afecta el espacio público y sirve de nido a vectores.

En cuanto al manejo de las emisiones atmosféricas y del ruido en el proceso de acondicionamiento del material plástico aprovechable, dadas las características mecánicas de algunos equipos de procesamiento usados, se pueden tener altos niveles de ruido al interior de estos centros y en algunas ocasiones en su vecindario, lo que puede ocasionar molestias con la comunidad y los trabajadores. Se recomienda la instalación de dichos equipos críticos en zonas aisladas y con barreras acústicas o paredes dobles (con aislamiento intermedio de "icopor" u otro material antirruído).

En relación con las emisiones atmosféricas, las diferentes etapas del proceso de acondicionamiento de residuos plásticos no generan gases contaminantes, ni material sólido particulado. En caso de que se

tenga un proceso final de peletizado, se pueden generar gases y vapor de agua asociados a la fusión del plástico en la extrusora/peletizadora y las cuales se controlan básicamente con una ventilación apropiada. Igualmente debe considerarse que dependiendo del grado de descomposición de la materia orgánica, mezclada con los residuos plásticos, pueden generarse olores desagradables, en especial cuando se procesan bolsas de leche o envases de productos lácteos, para lo cual también se recomienda una adecuada ventilación y circulación de aire fresco dentro de las instalaciones.

Es necesario considerar el efecto particular que cada una de las etapas del acondicionamiento de residuos plásticos tiene sobre el agua, aire, suelo, la flora y fauna, así como en la salud. La Tabla No.20 muestra la matriz de manejo ambiental donde se enuncian estos efectos.

### 6.4.3 Riesgos sanitarios de los residuos plásticos destinados para reciclaje mecánico

El manejo de residuos plásticos pos-consumo o pos-industria, su posterior acondicionamiento mediante un proceso de selección, eliminación de otros materiales, lavado, molido, aglutinado o peletizado y finalmente su comercialización a terceros como materia plástica aprovechable, exige ciertos requisitos mínimos para garantizar el uso idóneo de estos materiales recuperados en aplicaciones que no representen ningún peligro para la salud humana.

Los residuos plásticos pos-consumo, generados en los hogares, restaurantes, centros educativos, cultivos de flores, otros cultivos agrícolas, escenarios deportivos y recreativos, hospitales, clubes, servitecas, estaciones de servicio y lubricación entre otros, son más propensos a estar contaminados con alimentos, grasas, aceites, sustancias tóxicas u otros elementos que pueden representar riesgos para la salud humana, dependiendo de la aplicación que finalmente se les dé en la industria del reciclaje.

Existe el riesgo que los materiales plásticos reciclables pos-consumo que se acondicionan, retornen a la cadena productiva de fabricación de empaques para un uso en contacto directo con alimentos, al ser adquiridos y transformados por fabricantes informales o inescrupulosos. Tal práctica está regulada y prohibida en muchos países dado el peligro que representa para la salud humana, al no poderse garantizar la procedencia de los mismos residuos plásticos y/o su grado de exposición previo a agentes tóxicos.

En Colombia se cuenta con el marco general legal de la Ley 09 de 1979, expedida por el Ministerio de Salud, en donde claramente se regula todo lo relacionado con la fabricación, envasado y conservación de alimentos, y en donde se define el control de las materias primas usadas para la elaboración de empaques y demás elementos que tengan contacto directo con alimentos. El Decreto 3075 de 1997 reglamenta directamente y de modo más específico el tema en el Capítulo IV, Requisitos Higiénicos de la Fabricación, artículo 18, en donde se expresa claramente que los envases y recipientes utilizados para manipular las materias primas y los productos terminados deben estar fabricados con materiales apropiados para su contacto con el alimento y cumplir todas las reglamentaciones relacionadas de las entidades de vigilancia y control referentes a los grados de toxicidad tolerables y no tolerables, pureza y demás variables asociadas al uso intencionado.

Igualmente y de manera más específica para la industria de los lácteos, existe la Resolución 2301 de 1986, Capítulo XVI, emitida por el Ministerio de Salud de ese entonces, en donde se dan los elementos generales de las condiciones que debe cumplir el material y el envase destinado a contener de modo

**TABLA No. 19**

**VALORACION DE IMPACTOS - ACONDICIONAMIENTO DE RESIDUOS PLASTICOS**

Etapa	Recolección	Selección y Clasificación	Eliminación de Materiales Ajenos	Trozado molido y/o aglutinado (ver nota 1)	Lavado	Secado	Peletizado
<b>Medio Afectado</b>	<b>Residuo</b>						
	Ninguno	Resinas plásticas no recuperables o altamente contaminadas	Papel, Cartón, Vidrio, Textiles, Metales, Madera	Olor, Ruido.	Aguas residuales con sólidos sedimentables, Carga Orgánica	Vapor de agua, Olores, Ruido.	Producto defectuoso.
Atmósfera	NULO	NULO	NULO	NULO	NULO	NULO	NULO
	NULO	NULO	NULO	ALTO	NULO	ALTO	BAJO
	MUY BAJO	MUY BAJO	MUY BAJO	MODERADO	MUY BAJO	MODERADO	MUY BAJO
Agua	MUY BAJO	NULO	MUY ALTO	NULO	MUY ALTO	NULO	MUY BAJO
	MUY BAJO	NULO	BAJO	NULO	MODERADO	NULO	NULO
Suelo	MODERADO	BAJO	NULO	NULO	NULO	NULO	NULO
	ALTO	MODERADO	BAJO	NULO	NULO	NULO	NULO
Efectos sobre la salud	BAJO	NULO	NULO	NULO	NULO	NULO	NULO
	MODERADO	BAJO	BAJO	NULO	NULO	NULO	NULO
	NULO	NULO	NULO	MODERADO	NULO	BAJO	BAJO

**Nota (1):** Estos tres procesos mecánicos pueden darse todos de manera independiente y secuencial empezando por un trozado grueso intercalado con un lavado y luego se da un aglutinado y/o un molido dependiendo del uso final. Igualmente se puede dar el caso de aplicar uno solo de los tres procesos descritos.

**TABLA No. 20**

**MATRIZ DE MANEJO AMBIENTAL - ACONDICIONAMIENTO DE RESIDUOS PLASTICOS**

Etapa	Recurso Afectado	Impacto Ambiental	Medidas Preventivas	Medidas de Control	Medidas de Mitigación
RECOLECCIÓN	AGUA	No genera impacto alto.			
	AIRE	Emisiones de gases de camiones mal sincronizados.	Exigir el transporte de residuos plásticos en camiones en buen estado mecánico.	Revisar el estado mecánico de los camiones.	Advertir a los operarios sobre las exigencias ambientales.
	SUELO	Invasión del espacio público por almacenamiento de materia prima o producto terminado. Contaminación visual.	Recoger el material que se esparce durante el cargue y descargue de camiones; impedir que los residuos plásticos se coloquen en la vía pública o en zonas diferentes al centro de acopio.	Establecer sitios especiales de recepción en el centro de acopio. Capacitar el recurso humano.	Disposición en rellenos sanitarios.
	FLORA Y FAUNA	Generan la proliferación de roedores, insectos, microflora y micro-fauna.	Establecer sistemas de tratamiento y tratamiento primario para la disposición de residuos en las zonas sucias de la planta. Control de plagas.	Establecer sistemas de control y monitoreo. Establecer impacto de las medidas de control y mitigación.	Establecer zonas de menor probabilidad de crecimiento de flora y fauna indeseada para el acopio de residuos plásticos.
	SALUD	Conflictos por uso del suelo. Riesgo de accidentes por malas condiciones de los camiones y por la manipulación de los residuos plásticos.	Delimitación de zonas de propiedad privada del Centro de Acopio para la disposición de residuos. Mantenimiento de camiones y vehículos de transporte. Uso de protección personal. (guantes, gafas, overol, etc).	Capacitación de personal. Exigir vehículos de transporte en buen estado. Exigir uso de guantes, gafas y overol.	Asesorar a los operarios y transportadores en riesgos que se enfrentan al trabajar en camiones en mal estado y sin el adecuado uso de equipos de protección personal.
SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN	AGUA	No genera un impacto alto.			

Etapa	Recurso Afectado	Impacto Ambiental	Medidas Preventivas	Medidas de Control	Medidas de Mitigación
ELIMINACION MATERIALES AJENOS	AIRE	Emisión de olores por material en descomposición o de otra sustancia presente en el residuo plástico.	Uso de zonas con buena ventilación, uso de extractores.	Uso de equipos de protección respiratoria.	Disminución en la jornada de trabajo en las zonas con altos olores a través de la rotación de operarios a otras zonas con menos olor.
	SUELO	Invasión del espacio público.	Delimitar adecuadamente las zonas de selección y clasificación al interior del centro de acopio.	Verificar que la selección se realiza en las zonas demarcadas para tal fin.	
	FLORA Y FAUNA	No genera un impacto alto.			
	SALUD	Riesgo de heridas corto punzantes por manipular residuos plásticos.	Uso de protección personal. (guantes, tapabocas, gafas, overol, etc).	Exigir uso de guantes, tapabocas, gafas y overol.	Asesorar a los operarios y transportadores en riesgos que se enfrentan al trabajar sin el adecuado uso de equipos de protección personal.
	AGUA	No genera un impacto alto			
	AIRE	Emisión de olores por material en descomposición o de otra sustancia presente en el residuo plástico.	Uso de zonas con buena ventilación, uso de extractores.	Uso de equipos de protección respiratoria.	Disminución en la jornada de trabajo en las zonas con altos olores a través de la rotación de operarios a otras zonas con menos olor.
TROZADO AGLUTINADO MOLIDO	SUELO	Invasión del espacio público con los residuos eliminados (madera, cartón, papel, vidrio, metal)	Delimitar adecuadamente las zonas de eliminación de materiales ajenos al interior del centro de acopio.	Verificar que la eliminación se realiza en las zonas demarcadas para tal fin.	
	FLORA Y FAUNA	No genera un impacto alto.			
	SALUD	Riesgo de heridas corto punzantes por manipular residuos plásticos mezclados con otros materiales	Uso de protección personal. (guantes, tapabocas, gafas, overol, etc).	Exigir uso de guantes, tapabocas, gafas y overol.	Asesorar a los operarios y transportadores en riesgos que se enfrentan al trabajar sin el adecuado uso de equipos de protección personal.
	AGUA	No genera un impacto alto.			

Etapa	Recurso Afectado	Impacto Ambiental	Medidas Preventivas	Medidas de Control	Medidas de Mitigación
	AIRE	Emisión de olores por material en descomposición o de otra sustancia presente en el residuo plástico. Altos niveles de presión sonora.	Uso de zonas con buena ventilación, uso de extractores.	Determinar los niveles de presión sonora. Uso de equipos de protección respiratoria y auditiva.	Instalación de sistemas de tratamiento de ruido (barreras acústicas, absorción y/o aislamiento acústico). Reducción de la jornada de trabajo en ambientes ruidosos mediante la rotación de operarios a otras áreas con menos ruido y olor.
	SUELO	No genera un impacto alto.			
	FLORA Y FAUNA	No genera un impacto alto.			
LAVADO	SALUD	Altos niveles de presión sonora que afectan a la comunidad vecina.	Aislamiento de la zona de aglutinado.	Determinar la afectación a la comunidad cercana del ruido generado.	Instalación de sistemas de tratamiento de ruido (barreras acústicas, absorción y/o aislamiento acústico).
	AGUA	Vertimientos con alta carga orgánica, contenido de grasas y aceites y alto contenido de sólidos.	Lavado de plásticos en el sitio de generación. Separar el plástico que esté contaminado con sustancias de interés sanitario (Plaguicidas, herbicidas, etc). Evaluar el sistema de lavado del plástico aglutinado, recirculación de aguas de enfriamiento, Reutilización de las aguas de lavado previamente tratadas.	Ensayos de caracterización de calidad de agua. Separación de redes de los vertimientos.	Instalación de rejillas, implementación de trampas de grasas. Tratamiento de aguas residuales.
	AIRE	No genera un impacto alto.			
	SUELO	No genera un impacto alto.			
	FLORA Y FAUNA	No genera un impacto alto.			
	SALUD	Uso indebido y derroche de recursos naturales.	Determinar la cantidad necesaria de agua para el lavado de residuos plásticos.	Control del uso del agua en la limpieza del residuo plástico.	
SECADO	AGUA	No genera un impacto alto.			

Etapa	Recurso Afectado	Impacto Ambiental	Medidas Preventivas	Medidas de Control	Medidas de Mitigación	
PELETIZADO	AIRE	Emisión de olores por material en descomposición o de otra sustancia presente en el residuo plástico. Altos niveles de presión sonora.	Uso de zonas con buena ventilación, uso de extractores.	Determinar los niveles de presión sonora. Uso de equipos de protección respiratoria y auditiva.	Instalación de sistemas de tratamiento de ruido (barreras acústicas, absorción y/o aislamiento acústico). Reducción de la jornada de trabajo en ambientes ruidosos mediante la rotación de operarios a otras áreas con menos ruido y olor.	
	SUELO	No genera un impacto alto.				
	FLORA Y FAUNA SALUD	No genera un impacto alto. Altos niveles de presión sonora que afectan a la comunidad vecina.	Aislamiento de la zona de aglutinado.	Determinar la afectación a la comunidad cercana del ruido generado.	Instalación de sistemas de tratamiento de ruido (barreras acústicas, absorción y/o aislamiento acústico).	
	AGUA	No genera un impacto alto.				
	AIRE	Emisión de olores. Altos niveles de presión sonora.	Uso de zonas con buena ventilación, uso de extractores.	Determinar los niveles de presión sonora. Uso de equipos de protección respiratoria y auditiva.	Instalación de sistemas de tratamiento de ruido (barreras acústicas, absorción y/o aislamiento acústico). Reducción de la jornada de trabajo en ambientes ruidosos mediante la rotación de operarios a otras áreas con menos ruido y olor.	
	SUELO FLORA Y FAUNA SALUD	No genera un impacto alto. No genera un impacto alto. Altos niveles de presión sonora que afectan a la comunidad vecina.	Aislamiento de la zona de aglutinado.	Determinar la afectación a la comunidad cercana del ruido generado.	Instalación de sistemas de tratamiento de ruido (barreras acústicas, absorción y/o aislamiento acústico)	

directo los productos lácteos, siendo consistente con el Decreto 3075 de 1997 en el sentido que cualquier sustancia utilizada como componente de envases que esté en contacto directo con alimentos tiene que poseer la pureza exigida para la aplicación.

Normalmente el material plástico aprovechable que se lleva a los centros de recolección y acondicionamiento es una mezcla de residuos pos-industriales y pos-consumo, lo que obliga a que exista un proceso mínimo de selección y lavado con agua y la adición de detergentes para eliminar contaminaciones, principalmente de material orgánico (residuos de alimentos). Este lavado primario no garantiza una esterilización o inocuidad que permita obtener un plástico aglutinado, molido, trozado o peletizado apto para ser transformado en aplicaciones en contacto directo con alimentos, ya que continúa el riesgo que dichos plásticos hayan sido expuestos, de manera circunstancial o por su propia aplicación, a trazas de elementos tóxicos (venenos, herbicidas, funguicidas, plaguicidas), metales pesados (mercurio, plomo, etc.) o micro-organismos patógenos (bacterias dañinas para la salud). Estos agentes tóxicos y/o microbiológicos potencialmente no se degradan durante el proceso de fabricación de nuevos envases, ocasionando migraciones hacia los alimentos en contacto directo, con grandes riesgos para la salud.

Existe una relación íntima y directa entre los alimentos y los empaques primarios que los contienen (aquellos que están en contacto directo con el alimento). Los materiales constituyentes de los empaques primarios, sus procesos de fabricación, almacenamiento y transporte, se encuentran precisamente controlados y regulados para garantizar la inocuidad y salubridad de los mismos en todo el ciclo de vida de los alimentos envasados, sin que se presenten riesgos para la salud humana. Esto aplica tanto para envases plásticos de corta, media y larga duración, como para envases plásticos desechables (vasos, platos y otros envases y recipientes) y utensilios desechables (cubiertos, pitillos) que también están en contacto directo con los alimentos pero por periodos más cortos de tiempo.

Es importante mencionar que en Colombia existe una práctica generalizada de reciclaje de envases de vidrio y envases de metal pos-consumo, en cuyo caso estos materiales una vez fundidos se usan nuevamente para la fabricación de envases para contacto directo con alimentos. Esta práctica puede confundir a los recicladores de residuos plásticos pos-consumo haciéndoles pensar que con los plásticos se puede actuar de igual forma. La razón que permite hacer esto con el vidrio y el metal sin que se presenten riesgos para la salud es debido a las altísimas temperaturas de procesamiento requeridas para fundir nuevamente estos materiales (mayores a 1000 °C), lo que garantiza con absoluta certeza la degradación físico-química de cualquier agente tóxico o microbiológico que pudiese existir, situación que no ocurre durante la fabricación de envases plásticos, debido a las menores temperaturas usadas en los procesos convencionales de transformación (entre 120-300 °C).

El fabricante de artículos cuya materia prima es reciclada debe tener especial cuidado en identificar la procedencia de los materiales que utiliza, con el fin de evitar aplicaciones que puedan afectar la salud humana. Por lo tanto, se debe garantizar que la comercialización de todos los materiales plásticos reciclados (molidos, aglutinados, trozados o peletizados) producidos por los centros de recolección y acondicionamiento responsables, debe estar orientada hacia la fabricación de aplicaciones que no tengan contacto directo con alimentos, ni productos de ingestión humana directa, tales como:

- Artículos inyectados de oficina (papeleras, elementos de escritorio)

- Elementos decorativos
- Elementos promocionales
- Lámina extruída para aplicaciones publicitarias u otros usos
- Cuerpos de tacones de zapatos
- Juguetes ( que no sean de llevar a la boca)
- Rellenos aislantes para chaquetas o similares
- Manguera extruída para riego agrícola
- Bolsas de basura o empaques industriales
- Base para pegantes industriales
- Grapas para zuncho
- Zuncho
- Rafia
- Fibra para cerdas de cepillos y escobas
- Fibra para mezcla con hilos y fibras convencionales para elaboración de telas
- Peinillas, diademas y demás adornos para el cabello
- Ganchos para colgar ropa
- Conos y cilindros para embobinado de hilo e hilazas
- Perfilería de uso arquitectónico o eléctrico
- Rejillas y cielorrasos de uso arquitectónico
- Componentes para suelas de zapatos
- Componentes para tapetes sintéticos
- Baldosas o pisos sintéticos
- Adoquines aglutinados
- Madera plástica para estibas, postes, cercas, estacas
- Mezcla para asfaltos
- Muebles inyectados (sillas, mesas)
- Bidones, baldes para uso industrial
- Cubetas y canastillas
- Casetones para construcción
- Materas de jardinería
- Semilleros de uso general
- Lamina de uso publicitario o decorativo
- Conos de prevención vial o peatonal
- Otras aplicaciones inyectadas, extruídas, termoformadas o moldeadas

Mayores detalles sobre estas aplicaciones y otras que no suponen un riesgo para la salud humana se pueden encontrar en la sección 6.3.1 de esta Guía.

#### 6.4.4 Medidas para asegurar la calidad del producto y reducir sus impactos ambientales

La adecuada selección y clasificación de residuos sólidos (metales, vidrios, plásticos, papel, cartón, etc.) garantiza el máximo aprovechamiento de éstos y por ende la minimización de su impacto ambiental. Esta disciplina de selección debe darse en todos los sectores, residencial, comercial e industrial, con el fin de evitar la contaminación innecesaria de los residuos plásticos aprovechables, facilitando de esta forma su limpieza y lavado, cuidando los recursos naturales al reducir la cantidad de agua utilizada y disminuyendo la carga de contaminantes vertidas a efluentes.

Durante el proceso de acondicionamiento de residuos plásticos que permita lograr una adecuada comercialización, es de gran importancia seleccionar correctamente los diferentes plásticos, clasificarlos y procesarlos (lavado, aglutinado, peletizado, etc.) de manera separada, tener procesos de transformación eficientes, almacenar el material acondicionado por tipo y establecer programas de capacitación del recurso humano que labora en los centros de acopio y acondicionamiento de residuos plásticos. De esta manera se garantiza la obtención de productos de calidad, clasificados por tipo de material (PS, PEAD, PEBD, PET, PP, etc.) color (natural, blanco, azul, etc.), grado de pureza y cualquier otra variable que amerite el material, permitiendo una óptima comercialización (mejor precio).

Otras actividades que involucran buenas prácticas de manufactura y reducen el impacto ambiental durante el proceso de recolección y acondicionamiento de los residuos plásticos son:

- **Administración de inventarios.** En este campo se recomienda comprar las materias primas de acuerdo al espacio físico disponible en el centro de recolección y acondicionamiento, teniendo cuidado de consumir el material de acuerdo a su orden de llegada con el fin de minimizar la degradación de los agentes contaminantes acompañantes de los residuos plásticos, reduciendo olores indeseables.
- **Almacenamiento y manipulación de materiales.** La correcta manipulación de materiales y el uso adecuado de implementos de seguridad personal, como guantes, gafas y overoles, evitan heridas de alto riesgo. Un trabajador que tenga heridas en las manos o que sufra una cortadura durante el proceso, corre el riesgo potencial de ser infectado debido al grado de exposición que se tiene con materia orgánica en descomposición, así como de otros agentes patógenos. Es preciso que se comprenda el peligro de contraer una infección, tétano, gangrena u otra enfermedad y deben conocerse los métodos para prevenir estos riesgos ocupacionales. Por lo tanto se debe disponer de un botiquín de primeros auxilios para iniciar de inmediato el proceso curativo, desinfectando de manera inmediata con yodo o mercurio-cromo las heridas que se causen en el proceso o que les ocurran a los operarios. En este punto también se recomienda el uso de instalaciones bien iluminadas y ventiladas libres de obstáculos para facilitar el manejo y transporte de materiales, con abastecimiento de agua potable (en caso contrario, el agua debe hervirse y desinfectarse con cloro) para la correcta higiene de los operarios, antes y después de su jornada de trabajo, utilizando desinfectantes y limpiadores de baja carga residual.
- **Selección y clasificación de materiales.** Durante la selección se debe desarrollar un programa que tenga en cuenta la fuente de generación de residuos, los posibles usos, si es viable su recuperación y la disposición final del material, organizándolos dentro del acopio en zonas demarcadas y

catalogadas como residuos peligrosos, de fácil recuperación y no recuperables para la posterior clasificación de los mismos.

- **Procesos.** El uso de tecnología y proceso de acondicionamiento eficientes maximizan el aprovechamiento de residuos plásticos, lo que acompañado de planes de limpieza diaria y mantenimiento preventivo eliminan y/o minimizan emisiones generadas por fugas, ruido y gases, mejorando su desempeño y rendimiento.
- **Gestión de subproductos.** Al interior del centro de acopio y de la planta de reciclaje se deben implementar estrategias de reducción (evitar todo aquello que de una u otra forma originen desperdicio no recuperable innecesario), reutilización y reciclaje para la disminución de cargas contaminantes.
- **Adopción de programas de salud ocupacional.** Esta medida permite garantizar el mejoramiento y protección de las condiciones de vida del empleado. El programa debe estar conformado por medicina preventiva y de trabajo, higiene y seguridad industrial y comité paritario (para empresas con más de 10 empleados).
- **Capacitación periódica de personal.** Con la capacitación constante del personal se aumenta la productividad de la empresa y el aprovechamiento máximo de residuos recuperables, evitando que sean desechados innecesariamente a rellenos sanitarios y reduciendo así, la carga contaminante al medio ambiente.
- **Cuidado de los recursos hídricos.** Se deben evitar fugas y desperdicios en la utilización de agua en la limpieza y lavado de plásticos, dado que los líquidos deben reciclarse o evacuarse a pozos sépticos para su caracterización y tratamiento antes de ser vertidos al alcantarillado, garantizando el mínimo de contaminantes.
- **Control de plagas.** Los sólidos deben manejarse en espacios fuera del alcance de depredadores, para su procesamiento, transporte y disposición final de una manera segura. Además se deben implementar controles de roedores, insectos, aves, microorganismos y microfauna.
- **Higiene en instalaciones y equipos.** Debido a la naturaleza de los materiales con que se labora en un Centro de Reciclaje y Aprovechamiento de Residuos plásticos de origen pos-industrial o pos-consumo, con suciedades de origen orgánico principalmente y con emisión moderada de olores, es necesario que las instalaciones físicas y los equipos de procesamiento reúnan unos mínimos requisitos:
  - Higiene de instalaciones, equipos y servicios complementarios.
  - Locales iluminados, amplios y bien ventilados que minimicen la acumulación de olores y garanticen bajos niveles de ruido.
  - Paredes y pisos fáciles de lavar y limpiar .
  - Disponer de espacios especiales para baños e higiene del personal, con agua potable y jabón.
  - Dotaciones apropiadas, especialmente para los empleados de la banda o mesa de selección y separación, lavado y aglutinado de los diferentes tipos de plásticos (ejemplo: guantes de cuero o malla de acero para prevenir cortaduras o contactos directos con elementos químicos peligro-

sos, botas de caucho, gorros o cachuchas, mascarillas de protección de olores nariz-boca, orejeras anti-ruido o tapones para oídos).

- Áreas separadas para los diferentes procesos de clasificación de los materiales: lavado, aglutinado, peletizado, etc.
- Zona de almacenamiento de residuos sólidos y orgánicos no recuperables (impurezas, otros tipos de plásticos, metales, vidrio, materia orgánica) fuera del alcance de los roedores, aves, cucarachas y demás depredadores, para garantizar su adecuado procesamiento, transporte y disposición final de una manera segura.
- Zona de tratamiento de efluentes líquidos, idealmente con aprovechamiento y recuperación de aguas lluvias para el proceso de lavado y con mecanismos de retención de sólidos (rejillas), grasas y aceites (trampas de grasa).
- Higiene del personal: La buena salud de los operarios es fundamental para garantizar un adecuado proceso.

#### 6.4.5 Manejo de los impactos ambientales en la incineración con recuperación de energía

En el caso de un aprovechamiento energético de los residuos plásticos mediante el proceso de incineración (combustión controlada) sus efectos en el medio ambiente están dados por cuatro factores claves, a saber:

- La naturaleza de los desechos que se han de incinerar
- El control de las condiciones de incineración
- Los gases emitidos durante la combustión
- La eliminación de los residuos.

Los factores determinantes primordiales de una incineración con pocas emisiones son el diseño de la planta y la vigilancia de parámetros claves. Los parámetros de funcionamiento, como los niveles de oxígeno, el tiempo de residencia y la temperatura de combustión, son relevantes para una operación segura y eficaz.

Las condiciones necesarias para la incineración óptima de materiales son:

- Altas temperaturas, de 850 °C a 1200 °C para los desechos de hidrocarburos y para los desechos halogenados
- Suficiente tiempo de residencia del gas en el incinerador (La legislación Colombiana exige un mínimo de dos segundos)
- Buena turbulencia
- Exceso de oxígeno.

Los gases de enfriamiento de la cámara de combustión contienen materiales diversos, como dióxido de carbono, dióxido de azufre, cloruro o fluoruro de hidrógeno y polvo. Es probable que cualquier materia

orgánica tóxica que se forme en los gases de enfriamiento sea absorbida en la superficie de las partículas de polvo. Es vital filtrar el polvo de los gases, normalmente mediante filtros textiles de malla fina. Los incineradores modernos han podido funcionar regularmente con emisiones de dioxinas muy por debajo del nivel de 0,1 nanogramos/m<sup>3</sup> exigido por algunos gobiernos. Para ello es menester instalar otro equipo de limpieza de los gases, como son los sistemas de limpieza basados en el carbón activado, el carbón vegetal activado o catalizadores especiales.

**TABLA No. 21**

**INCINERACION DE RESIDUOS PLASTICOS CONTAMINADOS**

Etapa o Proceso	Recurso Afectado	Medidas preventivas	Medidas de Control	Medida de Mitigación
Incineración	Aire: por emisión de gases y vapores tóxicos.	Control de parámetros de operación del horno. ( Resolución 058 de 2002 o la norma que la complemente o sustituya).		Instalación de sistemas de limpieza de gases.
	Humano: por inmisión de gases tóxicos.	Uso de equipo de protección personal.		
Disposición final de cenizas	Agua: posible infiltración de lixiviados de las cenizas a aguas subterráneas.	Encapsulamiento o estabilización de las cenizas antes de llevarlas al relleno sanitario		
	Suelo: por aumento de la carga de residuos en el relleno.	Efectuar una adecuada incineración de los residuos, para generación mínima de cenizas.		

Para cumplir con las normas de emisión modernas, es necesario extraer también de los gases de combustión el dióxido de azufre, el fluoruro de hidrógeno y el cloruro de hidrógeno. Esto se consigue haciendo reaccionar los gases con un álcali sólido húmedo, con soluciones alcalinas o simplemente con agua, según donde esté situado el incinerador. La neutralización de los ácidos con carbonato cálcico produce un desecho sólido que debe depositarse en un relleno sanitario autorizado. La neutralización de los gases ácidos con bicarbonato de sodio produce una solución salina cuyas sales pueden reciclarse en determinadas condiciones. La absorción de los gases ácidos en agua produce una solución de la que esos gases pueden extraerse y procesarse para su utilización comercial.

## 6.5 Consideraciones sobre la disposición de residuos plásticos en rellenos sanitarios

Antes de introducirse en el tema, debe dejarse claro que las condiciones relativas al manejo de residuos sólidos en países en desarrollo son muy diferentes a las de los países industrializados como los Estados

Unidos o la mayoría de los Europeos<sup>25</sup>. En el caso colombiano, por la falta de apoyo para la implementación de sistemas de disposición final adecuada y debido a una baja asignación de recursos, sólo el 9% de los municipios del país cuentan con rellenos sanitarios diseñados técnicamente (Bogotá, Medellín, Cartagena, Manizales), aunque sus especificaciones técnicas y de manejo son inadecuadas. En el resto del país se vierten los residuos a cielo abierto, en proximidades de los cuerpos de agua superficial o se realizan enterramientos no tecnificados<sup>26</sup>.

Según la Superintendencia de Servicios Públicos, en el mejor de los casos el 32% de la basura producida en Colombia recibe una disposición final adecuada en rellenos operados en forma mecánica o manual, haciendo la salvedad que el manejo de los lixiviados es deficiente, lo cual es razón del impacto ambiental que generan. El 15% de los residuos son vertidos en los cuerpos de agua, el 53% son colocados en botaderos a cielo abierto y de estos un 15% son operados con algún grado de técnica (por ejemplo la basura se cubre periódicamente). Esta situación, a pesar de no disponerse de información precisa y confiable, permite inferir que el impacto ambiental que se está generando en todo el país es muy negativo, más aún cuando el recurso hídrico es cada día más escaso y se demanda en mayor cantidad<sup>27</sup>.

Los problemas asociados a la fase de disposición final se han caracterizado por los inconvenientes que se presentan para la localización y adquisición de sitios, construcción y operación de los rellenos sanitarios; las causas principales que han llevado a esta situación pueden atribuirse a la ausencia de reglamentación, así como de manuales técnicos para el diseño, construcción y operación, también la falta de recursos financieros, la relativa oposición de la comunidad a soluciones como los rellenos sanitarios operados ineficientemente, estudios ambientales incompletos, la ausencia de programas de capacitación de personal y baja capacidad de pago que facilite el endeudamiento para la financiación y puesta en marcha de este tipo de proyectos, por parte de las municipalidades, en especial las de tamaño intermedio y pequeño.

Pero el propósito es claro: cualquiera que sea el lugar del planeta y a pesar de las limitaciones por presupuestos y recursos que se puedan tener, es imperativo eliminar los botaderos a cielo abierto siendo una de las soluciones viables el relleno sanitario construido bajo las normas de ingeniería y medioambientales aprobadas y controladas.

El relleno sanitario frente al botadero a cielo abierto tiene como ventajas crear una barrera entre el ambiente y los residuos sólidos, controlar y manejar las emisiones de gases provenientes de la descomposición y colectar y tratar el líquido lixiviado. Estas ventajas se extienden fuera del límite del relleno y logran evitar la generación o ingreso de roedores e insectos (vectores). Asimismo, la tendencia actual es disponer los rellenos por tipo de residuos, con el propósito de que las futuras generaciones sepan qué hay enterrado en cada lugar, de tal manera que cuando la humanidad tenga la tecnología disponible esos residuos puedan ser utilizados como fuentes de recursos.

---

<sup>25</sup> La disposición final de los residuos sólidos urbanos recolectados en muchos lugares del mundo en desarrollo, consiste en transportarlos al espacio abierto disponible más cercano.

En algunos casos se queman para reducir su volumen. Este manejo inadecuado origina problemas como la contaminación de aguas superficiales y subterráneas, emisión de gases, diseminación de residuos, olores y la presencia de vectores.

<sup>26</sup> Política para la Gestión Integral de Residuos Sólidos, Acodal. Marzo de 1999, p-g 65.

<sup>27</sup> Ibidem

Las definiciones aceptadas para relleno sanitario moderno se basan en el concepto de aislar los residuos sólidos del ambiente hasta que se estabilicen y se tornen inocuos mediante procesos naturales biológicos, químicos y físicos. Así, estas definiciones se han ampliado y modificado para incluir la instalación de revestimiento impermeable, así como disposiciones para coleccionar y tratar el lixiviado, manejar el agua dentro y alrededor del relleno sanitario y para controlar el gas que pueda emitirse de éste.

### 6.5.1 Biodegradación y los rellenos

Es importante destacar que en un relleno sanitario, ante la ausencia de luz, humedad y aire, la vida bacteriana es casi nula. Por esta razón la biodegradación (producida por el efecto de agentes vivos) es muy lenta<sup>28</sup>.

Esto sucede debido a que el diseño de los rellenos hace que el agua en la superficie y el oxígeno en las profundidades sean insuficientes para proveer a las bacterias aeróbicas, normalmente asociadas con la biodegradación de los residuos orgánicos y el papel. Por esto, la degradación que se realiza es causada por bacterias anaeróbicas, que no son tan rápidas como las aeróbicas.

Sobre esta base, el reproche que se hace a los plásticos en cuanto a su no biodegradabilidad es irrelevante para el caso específico de los rellenos. Por el contrario debido a que los plásticos son químicamente inertes, se puede disponer de ellos con absoluta seguridad en un relleno sanitario, dado que no van a producir ninguna clase de emisión.

#### POLIMEROS BIODEGRADABLES

Desde la década de los sesentas se viene trabajando en la investigación de polímeros biodegradables, algunos de ellos de fabricación por rutas biotecnológicas sin depender del petróleo. Aunque la principal limitación para el uso de los polímeros biodegradables es el costo (que oscila aproximadamente entre los 2.0 y 44 USD/kg), con el correr del tiempo y conforme se construyen plantas más grandes (economías de escala) algunos de estos polímeros han bajado ostensiblemente de precio. Tal es el caso de los polímeros derivados del ácido láctico (conocidos con el nombre de PLA) a los que se suele llamar "el gigante dormido", ya que sus precios han bajado apreciablemente en las últimas décadas y se tienen rutas de fabricación muy competitivas que no dependen del petróleo para su fabricación.

Los polímeros biodegradables más importantes en la actualidad son los siguientes:

- Derivados del ácido poliláctico PLA y sus copolímeros
- Polihidroxibutirato PHB, Polihidroxivalerato PHV y sus copolímeros

<sup>28</sup> Esto quedó perfectamente evidenciado en los estudios realizados por el arqueólogo William Rathje, quien con un equipo de la Universidad de Arizona realizó excavaciones arqueológicas en más de 14 rellenos sanitarios de los Estados Unidos. El estudio de Rathje sobre los rellenos sanitarios demostró que prácticamente nada se descompone. Como ejemplos se tomaron salchichas a medio comer aún identificables después de 15 años y diarios de noticias que se pudieron leer y sirvieron para determinar la edad del relleno.

- Almidones termoplásticos
- Amidas poliestéricas
- Derivados de la celulosa
- Derivados del Polivinilalcohol

Nuevamente la biodegradabilidad de estos materiales está dada por las condiciones favorables (temperatura, humedad y condiciones aeróbicas), por lo que se suelen utilizar para el compostaje de basuras orgánicas, más que como una solución en los rellenos sanitarios. La fabricación de bolsas para compostaje, dispositivos médicos, productos desechables y recipientes plásticos aptos para el compostaje son las aplicaciones más relevantes de estos polímeros en la actualidad.

- Almidones termoplásticos
- Amidas poliestéricas
- Derivados de la celulosa
- Derivados del Polivinilalcohol

Nuevamente la biodegradabilidad de estos materiales está dada por las condiciones favorables (temperatura, humedad y condiciones aeróbicas), por lo que se suelen utilizar para el compostaje de basuras orgánicas, más que como una solución en los rellenos sanitarios. La fabricación de bolsas para compostaje, dispositivos médicos, productos desechables y recipientes plásticos aptos para el compostaje son las aplicaciones más relevantes de estos polímeros en la actualidad.



# Seguimiento, evolución y monitoreo ambiental

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

## 7. Seguimiento, evaluación y monitoreo ambiental

Para garantizar la conservación y cuidado del medio ambiente es necesario realizar un seguimiento de las actividades destinadas para tal fin, verificando el cumplimiento de los requerimientos ambientales y las medidas de manejo y control ambiental propuestas. Se deben realizar además evaluaciones antes, durante y después del proyecto ambiental, con el fin de identificar y valorar sus posibles impactos y efectos en los componentes físico-químicos, bióticos, culturales y socioeconómicos del entorno donde se pretende adelantar.

El monitoreo ambiental hace relación a la definición de parámetros que se desean medir, frecuencia recomendada, sitios o momentos en los que se debe realizar, técnicas aplicables y sustento normativo o jurídico que justifica el cumplimiento de estos requerimientos y la evaluación de los resultados.

De acuerdo a esto, la Tabla No.22 muestra la información del monitoreo del impacto del manejo ambiental:

TABLA No. 22			
MONITOREO DEL IMPACTO DEL MANEJO AMBIENTAL			
Recurso	Parámetro a monitorear	Sitio de muestreo	Análisis y disposición
SUELO (COMPACTACIÓN)	Pruebas de infiltración y descripción de la textura del suelo.	Sitio donde se adelanta la actividad.	Pruebas de laboratorio.
RESIDUOS (SÓLIDOS)	Toneladas de residuos sólidos domésticos producidas /recicladas.  Se recomienda la separación entre aprovechables e inservibles. Los primeros deben ser seleccionados y almacenados adecuadamente para su posterior comercialización y los inservibles deben ser entregados a un prestador de servicio de aseo autorizado o a un sitio de disposición final que cuente con licencia ambiental.	Sitio donde se cumple la actividad.	Decreto 1713 de 2002. Resolución 1045 de 2003. Ley 142/94
RESIDUOS (PELIGROSOS)	Toneladas de residuos peligrosos producidos.	Sitio donde se realiza la actividad en la red.	Pruebas de laboratorio. Ley 430 /98 Decreto 1096 de 2000

Recurso	Parámetro a monitorear	Sitio de muestreo	Análisis y disposición
AGUA POTABLE RESIDUAL	Agua residual doméstica tratada.	Vertimientos de aguas residuales domésticas. Efluente final cuando no exista alcantarillado.	Decreto 1594 / 84 Decreto 475 / 98
AGUAS	Agua residual de la actividad.	Antes y después de los sistemas de tratamiento.	Aforar y caracterizar los vertimientos de aguas residuales domésticas e industriales antes y después de del tratamiento con el fin de verificar la remoción de carga contaminante previo a su vertimiento. Decreto 1594 / 84 Pruebas de laboratorio.
AIRE	Emisiones producidas por procesos de combustión.	Puntos de emisión y medidas en campo.	Realizar muestreos de emisiones a la atmósfera por fuentes fijas. Decreto 02/82. Resolución 619 / 97. Resolución 058 / 2002.
AIRE -RUIDO	Decibeles	Plantas industriales y zonas aledañas	Realizar las lecturas de ruido en la planta. Resolución 001792/90 Ministerio de Trabajo y Seguridad Industrial. Resolución 08321/83 Ministerio de Salud.

Para que la autoridad ambiental evalúe la eficacia del manejo ambiental en la planta es indispensable que se disponga de la siguiente información:

- Nombre del cuerpo receptor de los vertimientos.
- Caudal medio anual de la corriente receptora.
- Caudal medio del vertimiento de agua residual.
- Concentración de Demanda biológica de oxígeno y sólidos sedimentables.
- Concentración de Demanda biológica de oxígeno y sólidos sedimentables antes del vertimiento.
- Tipo de cuenca (primaria, secundaria, terciaria).
- Tipo de corriente receptora (permanente, transitoria).
- Ubicación en el vertimiento (alta, media, baja).
- Pendiente promedio de la corriente receptora (alta, media, baja).

- Uso de la corriente aguas abajo (doméstico, industrial, agrícola, pecuario, recreativo, etc).
- Distancia desde el vertimiento de la toma de aguas abajo para uso doméstico de la fuente receptora.
- Municipios participantes en el plan de saneamiento de la cuenca.

Algunos criterios para la cuantificación de las medidas de control o mitigación son:

- Porcentaje de cobertura del servicio de tratamiento de agua residual: Expresado como el total de agua residual tratado sobre el total de agua utilizada por 100.
- Porcentaje de la reducción de la carga contaminante de DBO entre el afluente y el efluente de agua residual: expresada como la carga de DBO removida sobre el total por 100.
- Porcentaje de la reducción de la carga contaminante de sólidos sedimentables entre el afluente y el efluente de agua residual: expresada como la carga de sólidos sedimentables removida sobre el total por 100.
- Porcentaje de la reducción de carga contaminante reducida en el cuerpo receptor: la diferencia de la carga de DBO y sólidos suspendidos determinada antes del vertimiento menos la carga de DBO y sólidos suspendidos después del vertimiento expresadas en toneladas por año.
- Minimización de la generación de residuos sólidos del proceso productivo, se debe cuantificar periódicamente la cantidad de residuos (por ejemplo tortas) que por diferentes motivos no se pueden reutilizar y se deben llevar a sitios de disposición final, expresada en kilogramos por mes o toneladas por año.
- Manejo adecuado de residuos sólidos de la planta: medido como la cantidad de residuos en general que son seleccionados, almacenados y comercializados o cedidos, para aprovechamiento en otros procesos productivos; expresado en kilogramos por mes o toneladas por año.
- Control de emisiones atmosféricas y nivel de ruido: mediante los muestreos de emisiones y verificación del cumplimiento de los estándares de emisión definidos en la normatividad vigente e igualmente mediante registros de lecturas periódicas con sonómetro en lo que respecta al control de ruido.

El sistema de monitoreo debe llevar un registro completo y un soporte de documentos que lleven paso a paso las actividades relacionadas con el reciclaje de plásticos, identificando en cada una de sus etapas el impacto ambiental, sus riesgos, los mecanismos de prevención, control, mitigación y reducción, así como los sistemas de tratamiento de residuos sólidos, de los lodos generados en los sistemas de mitigación y su efectividad (medida cuantitativamente, en lo posible).



# Relación de trámites existentes para gestionar ante las autoridades ambientales

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

## 8. Relación de trámites

De acuerdo con lo establecido en el Decreto 1180 de 2003, por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre Licencias Ambientales, las Corporaciones Autónomas Regionales, las de Desarrollo Sostenible, los Grandes Centros Urbanos y las autoridades ambientales creadas mediante la Ley 768 de 2002, otorgarán o negarán la licencia ambiental, entre otros, para la construcción y operación de instalaciones cuyo objeto sea el almacenamiento, tratamiento, aprovechamiento, recuperación y/o disposición final de residuos o desechos peligrosos.

Así mismo, se requiere licencia ambiental para la industria manufacturera de los sectores:

- a. Sustancias químicas básicas de origen mineral
- b. Alcoholes
- c. Ácidos inorgánicos y sus compuestos oxigenados
- d. Explosivos, pólvoras, y productos pirotécnicos
- e. Los proyectos cuyo objeto sea el almacenamiento y manejo de sustancias peligrosas, con excepción de los hidrocarburos.

En general, los proyectos de aprovechamiento y valorización o reciclaje de residuos ordinarios no requieren de licencia ambiental; sin embargo será necesario que soliciten previo a su ejecución, los respectivos permisos y concesiones, para el uso y/o aprovechamiento de los recursos naturales. No obstante lo anterior, antes de iniciar un proyecto de transformación de resinas o aprovechamiento de residuos plásticos, se recomienda consultar ante la autoridad ambiental las últimas disposiciones vigentes.



# Anexo

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

## 9. Anexo

### Leyes, Decretos y Resoluciones aplicables para la industria del plástico vigentes en el ámbito nacional.

Agua	
Decreto 475/1998 Ministerio de Salud	Por el cual se expiden normas técnicas de calidad de agua potable.
Resolución 372/1998 y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Actualización de tarifas mínimas de tasas retributivas por vertimientos líquidos se dictan disposiciones.
Resolución 273/1997 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Tarifas mínimas de tasas retributivas por vertimientos líquidos para los parámetros DBO y sólidos suspendidos totales SST.
Ley 373/1997 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Uso eficiente y ahorro del agua.
Decreto 1594/1984 Ministerio de Agricultura	Usos del agua. Residuos líquidos. Vertimientos.
Decreto 2105/1983 Ministerio de Salud	Se reglamenta parcialmente el Título II de la ley 9 de 1979 en cuanto a potabilización de agua.
Decreto 1541/1978 Ministerio de Agricultura	Establece las normas para el acceso y el uso de las corrientes de agua: clasifica las aguas y sus usos.

Residuos Sólidos	
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 de Min. 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. (suscrito en Basilea el 22 de marzo de 1989).
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, todo ello conforme al Convenio de Basilea.
Resolución 1096/00 Ministerio de Desarrollo	Sección II, Título F. Definiciones, criterios de identificación de Residuos Peligrosos, métodos de caracterización físico-química 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 clínker de 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 (El presente Decreto deroga en todas sus partes el Decreto 605 de 1996, salvo el Capítulo I del Título IV y las demás normas que le sean contrarias).
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 de 2002, en relación con los planes de gestión integral de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones.

Resolución 1045/03 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.
--	--

### Aire

Resolución 0058/2002 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Se establecen normas y límites máximos permisibles de emisión para incineradores y hornos crematorios de residuos sólidos y líquidos.
Resolución 0304/2001 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Se adoptan medidas para la importación de sustancias agotadoras de la capa de ozono.
Resolución 1048/1999 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Niveles permisibles de emisión de contaminantes producidos por fuentes móviles terrestres a gasolina o diesel en condición de prueba dinámica.
Resolución 0415/1998 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Se establecen los casos en los cuales se permite la combustión de aceites de desecho y las condiciones técnicas para realizar la misma.
Resolución 528/1997 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Prohíbe la producción de refrigeradores, congeladores y combinaciones de refrigerador-congelador, de uso doméstico que contengan (CFCs) y fija los requisitos para la importación.
Decreto 948/1995 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Define el marco de las acciones y mecanismos administrativos de las autoridades ambientales para mejorar y preservar la calidad del aire.
Resolución 619/1997 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Se establecen parcialmente los factores a partir de los cuales se requiere permiso de emisión para fuentes fijas.
Resolución 898/1995 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Se regulan los criterios ambientales de calidad de los combustibles líquidos y sólidos utilizados en hornos y calderas de uso comercial e industrial y en motores de combustión interna de vehículos automotores.
Resolución 2308/1986 Ministerio de Salud	Análisis de la calidad del aire en relación con material particulado.
Resolución 1922/1985 Ministerio de Salud	Procedimientos para el análisis de la calidad del aire.
Decreto 02/1982 Ministerio de Salud	Emisiones Atmosféricas. Cap. II Normas de calidad del aire y métodos de medición.

### Ruido

Resolución 8321/1983 Ministerio de Salud	Se dictan normas sobre protección y conservación de la audición, de la salud, y el bienestar de las personas, por causa de la producción y emisión de ruidos.
Resolución 1792/90 Ministerio de Trabajo, Seguridad Social y Salud.	Por medio del cual se adoptan valores, límites permisibles para la exposición ocupacional al ruido.

Uso del suelo	
Ley 388/1997 Gobierno Nacional	Ley de ordenamiento territorial
Ley 140/1994 Gobierno Nacional	Publicidad visual exterior

Exenciones Tributarias	
Resolución 864/1996 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Equipos de control ambiental que dan derecho a beneficios tributarios establecidos por el art. 170 de la ley 223/1995.
Ley 788/2002 Congreso de la República	Rentas exentas art. 18. Importación de maquinaria y equipos destinados al desarrollo de proyectos y actividades que sean exportadores de certificado de emisiones de carbono y que contribuyan a reducir la emisión de los gases efecto invernadero y por lo tanto al desarrollo sostenible art. 95 literal i.

## 10. Glosario

**ACONDICIONAMIENTO** Actividad mediante la cual los residuos plásticos son sometidos a operaciones de selección, reducción de tamaño, limpieza y/o control de calidad, para su posterior transformación.

**ADITIVOS** Materiales que se mezclan con los polímeros para facilitar su procesamiento, a fin de darle las propiedades físicas y/o químicas requeridas en su aplicación final y para protegerlos de los efectos de los elementos climáticos. Puede decirse que: "polímeros + aditivos = plásticos".

**AGUA POTABLE** Agua apta para beber.

**ÁLCALI/SOLUCIÓN ALCALINA** Sustancias o disoluciones de sustancias que pueden neutralizar ácidos y producir sustancias más inertes.

**ALMACENAMIENTO** Acumulación o depósito temporal, en recipientes o lugares, de la basura y residuos sólidos de un generador o una comunidad, para su posterior recolección, aprovechamiento, transformación, comercialización o disposición final.

**ANTIOXIDANTE** Sustancia que se añade a un polímero para hacerlo resistente a los efectos de los elementos climáticos o del medio ambiente.

**APARATO AUTÓNOMO DE RESPIRACIÓN** Un cilindro lleno de aire comprimido conectado a una máscara que excluye el humo y los gases procedentes de un fuego del aire que un bombero respira durante la extinción de un incendio.

**APROVECHAMIENTO EN EL MARCO DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS** Es el proceso mediante el cual, a través de un manejo integral de los residuos sólidos, los materiales recuperados se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio de la reutilización, el reciclaje, la incineración con fines de generación de energía, el compostaje o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales, sociales y/o económicos.

**APROVECHAMIENTO EN EL MARCO DEL SERVICIO PÚBLICO DOMICILIARIO DE ASEO** Es el conjunto de actividades dirigidas a efectuar

la recolección, transporte y separación, cuando a ello haya lugar, de residuos sólidos que serán sometidos a procesos de reutilización, reciclaje o incineración con fines de generación de energía, compostaje, lombricultura o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales, sociales y/o económicos en el marco de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos.

**BIOABONO** Un producto que regenera suelos y aporta nutrientes para las plantas.

**BIODEGRADABILIDAD** Capacidad de descomposición rápida, bajo condiciones naturales.

**BIOGAS** Mezcla de gases, producto del proceso de descomposición anaeróbica de la materia orgánica o biodegradable de las basuras, cuyo componente principal es el metano.

**BOTADERO** Sitio de acumulación de residuos sólidos que no cumple con las disposiciones vigentes creando riesgos para la salud y seguridad humana o para el ambiente en general.

**CALIDAD** Otro término para una formulación o mezcla. A menudo se asocia con una "referencia de calidad" que indica el tipo de material.

**CARGA CONTAMINANTE** Cantidad de un determinado agente adverso al medio, contenido en un residuo sólido.

**CENIZAS DE FONDO** Las cenizas que se forman bajo la cámara de combustión en un incinerador. Pueden encontrarse en forma de polvo o de grumos o granos.

**CENIZAS VOLANTES** Material en partículas finamente divididas que se produce en el incinerador y acompaña a los gases de combustión.

**CENTRO DE ACOPIO** Lugar donde los residuos sólidos son adecuadamente almacenados y/o separados y clasificados según su potencial de uso o transformación, sin afectar el entorno ambiental.

**CENTROS DE GRAN GENERACION** Aquellos que generen diariamente una gran cantidad de residuos sólidos, que por sus características deben almacenarse en forma segura, higiénica y

sanitaria, como los grandes productores y los multiusuarios.

**COLAS** El material que se obtiene después que el primer material recuperado (por ejemplo, metal o plástico) se ha separado de un desecho o chatarra.

**COMPATIBILIDAD:** Capacidad de formar una mezcla coherente, como sucede con el alcohol y el agua; lo contrario de lo que sucede con el aceite y el agua, que son incompatibles.

**COMPOUNDING:** Un proceso de extrusión durante el cual se añaden varios aditivos a la resina o resinas y se mezclan y calientan o comprimen para formar un plástico. Los aditivos quedan fijados en la matriz.

**COMPOST:** Material estable que resulta de la descomposición de la materia orgánica en procesos de compostaje.

**COMPOSTAJE:** Proceso mediante el cual la materia orgánica contenida en las basuras se convierte a una forma más estable, reduciendo su volumen y creando un material apto para cultivos y recuperación de suelos.

**COMPUESTO:** En la industria de los plásticos se entiende por compuesto el producto de la mezcla de materiales, a menudo con aplicación de calor. No se forman nuevas sustancias químicas. Esa es la forma en que los polímeros se mezclan con los aditivos para formar compuestos.

**CONVERSION/TRANSFORMACION:** El proceso por el cual se transforman compuestos plásticos en artículos acabados o componentes de artículos acabados.

**COPOLIMERO:** Un polímero formado a partir de dos o más monómeros diferentes.

**CULTURA DE LA NO BASURA:** Es el conjunto de costumbres y valores de una comunidad que tiende a la reducción de las cantidades de residuos generados por cada uno de sus habitantes y por la comunidad en general, así como al aprovechamiento de los residuos potencialmente reutilizables.

**CHUSPA:** Identifica las bolsas o envoltura plásticas.

**DEGASIFICACIÓN:** El proceso de convertir un plástico espumado en un sólido.

**DSU** Desechos sólidos urbanos.

**DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS:** Proceso de aislar y confinar los residuos sólidos en forma definitiva, efectuado por las personas prestadoras de servicios, que los disponen en lugares especialmente diseñados para recibirlos y eliminarlos, para obviar su contaminación y favorecer la transformación biológica de los materiales fermentables, de modo que no representen daños o riesgos a la salud humana y al medio ambiente.

**EMPAQUE Y ENVASE PLÁSTICO:** Objeto destinado a contener temporalmente un producto o conjunto de productos durante su manipulación, transporte, almacenamiento o presentación, a fin de protegerlos, identificarlos y facilitar dichas operaciones.

**EXTRUSIÓN:** El proceso continuo de forzar un plástico fundido a través de un orificio de una forma determinada para producir un tubo o perfil.

**EMISIÓN:** Descarga de una sustancia o elemento al aire, en estado sólido, líquido o gaseoso, o en alguna combinación de estos, proveniente de una fuente fija o móvil.

**ENTIDAD PRESTADORA DEL SERVICIO PÚBLICO DOMICILIARIO DE ASEO:** Persona jurídica, pública, privada o mixta, encargada de todas, una o varias actividades de la prestación del servicio público domiciliario de aseo.

**ENTIDAD PRESTADORA DEL PROCESO DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS:** Es la persona natural o jurídica encargada del montaje, construcción y prestación de esta clase de servicios y de la actividad de comercialización de los productos, incluidos los calificados como escombros.

**ESCOMBROS:** Comprende todo residuo sólido sobrante de la actividad de la construcción, de la realización de obras civiles, o de otras actividades conexas, complementarias o análogas, el cual no puede ser llevado a rellenos sanitarios. Para tales efectos se consideran los escombros, concretos, ladrillos, cemento, acero, mallas, madera, formaletas y similares, grava, gravilla, arena, recebos y similares, agregados sueltos de construcción, demolición y capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación. Los

escombros deben ser llevados a los lugares técnicamente idóneos que establezcan los Municipios o Distritos.

**FACTURA DEL SERVICIO DE ASEO:** Es la cuenta que, en desarrollo de un contrato de prestación del servicio público domiciliario de aseo, se entrega o remite al usuario, en la cual se establece para usuarios residenciales la frecuencia de prestación y su valor y para usuarios no residenciales y servicios especiales la producción de residuos sólidos y el valor del servicio. También incluye el valor de prestación de las actividades complementarias del mismo. Con cargo al pago del servicio de aseo en el componente de disposición final, se incluirá dentro de las tarifas y eventos previstos por la regulación expedida por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico CRA, los valores de aprovechamiento, tratamiento o recuperación de residuos sólidos.

**FILTRO TEXTIL:** Una bolsa o diafragma de tejido de malla fina a través del cual se hacen pasar los gases de combustión en su camino hacia el exterior. Sirve para filtrar el polvo de los gases.

**FORMULACIÓN:** Selección de componentes (aditivos tales como: estabilizadores, colorantes, endurecedores, plastificantes, rellenos, etc.) y sus cantidades, (eventualmente el tiempo y secuencia de mezcla) para elaborar un compuesto empleado para la fabricación de un producto con propiedades específicas óptimas para el uso final deseado. La formulación por tecnólogos expertos es esencial en el caso de productos que tengan que ajustarse a especificaciones o condiciones de servicio especiales.

**GAS DE COMBUSTIÓN:** Los gases producidos en un incinerador y que se conducen hacia el medio exterior a través de una chimenea.

**GENERADOR:** Personas naturales o jurídicas, habitantes permanentes u ocasionales, nacionales o extranjeros que perteneciendo a los sectores residencial o no residencial y siendo usuarios o no del servicio público domiciliario de aseo, generan o producen basuras o residuos sólidos, como consecuencia de actividades domiciliarias, comerciales, industriales, institucionales, de servicios y en instituciones de salud, a nivel urbano y rural, dentro del territorio nacional.

**GESTION INTEGRAL DE RESIDUOS:** Conjunto de operaciones y disposiciones encaminadas a dar a las basuras y residuos sólidos el destino global más adecuado desde el punto de vista ambiental, de acuerdo con sus características, volumen, procedencia, costos de tratamiento, posibilidades de recuperación, aprovechamiento, comercialización y disposición final.

**GRUPO ORGANIZADO DE RECICLADORES:** Grupo de recicladores que se encuentra organizado bajo una modalidad asociativa o de economía solidaria.

**HOLLÍN:** Un depósito negro que consiste en partículas finas formadas por la combustión de un combustible.

**IRM:** Instalación de recuperación de material

**LIXIVIADO:** Líquido residual generado por la descomposición biológica de la parte orgánica o biodegradable de las basuras, bajo condiciones aeróbicas y anaeróbicas o como resultado de la percolación de agua a través de los residuos en proceso de degradación.

**MADERA ASERRADA:** Un término genérico para las tablas, paneles y perfiles hechos de madera. Se utiliza a menudo como alternativa a la madera en bruto.

**MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS PLÁSTICOS:** Conjunto de actividades y técnicas operativas y administrativas, que puestas en práctica, conducen a la reducción en la fuente, al máximo aprovechamiento, considerando sus características, volúmenes, costos y posibilidades de comercialización, y/o a la disposición final adecuada de los residuos plásticos.

**MATERIAL VIRGEN:** Materiales de nueva producción que van a procesarse por primera vez.

**MATERIAL RECUPERADO:** Material plástico que se extrae o separa de la corriente de los residuos sólidos.

**MEZCLA/MEZCLADO:** El producto o proceso de aunar materiales.

**MINIMIZACIÓN DE RESIDUOS EN PROCESOS PRODUCTIVOS.:** Es la optimización de los procesos productivos tendiente a disminuir la generación de residuos sólidos.

**MOLDE/MOLDEO:** Cavidad con una forma concreta en la que se fuerza la entrada de

material plástico. Después de enfriarse la pieza moldeada retiene la forma del molde.

**MONITOREO:** Actividad consistente en efectuar observaciones, mediciones y evaluaciones continuas en un sitio y periodo determinados, con el objeto de identificar los impactos y riesgos potenciales hacia el ambiente y la salud pública o para evaluar la efectividad de un sistema de control.

**NANOGRAMO:** La mil millonésima parte de un gramo ( $10^{-9}$ ).

**PASTA:** Identifica los productos plásticos diferentes a los tatucos y chuspas.

**PLÁSTICOS ESPUMADOS:** Polímeros en los que se han introducido o generado gases durante el procesamiento por un agente espumante. En los procesos de moldeo o extrusión para hacerlos más ligeros y con mejores propiedades como por ejemplo, aislante térmico y/o acústico.

**PLÁSTICOS MEZCLADOS:** Producto o material de residuos plásticos constituidos por diferentes tipos de resinas plásticas.

**PLÁSTICO RECICLADO:** Material plástico proveniente de los residuos, que después de ser recuperado y acondicionado, se transforma, solo o mezclado con resina virgen y otros aditivos, en un nuevo producto.

**PLÁSTICO REMOLIDO:** Material plástico resultante de la molienda de los residuos plásticos pos-industria, para su uso interno.

**PLÁSTICO RECONSTITUIDO:** Plástico obtenido por síntesis química de los compuestos provenientes de la descomposición química o térmica de los residuos plásticos.

**PLASTIFICANTE:** Compuestos orgánicos que al mezclarse con los polímeros se reduce su temperatura de transformación vítrea, tornándolos más flexibles. Los plastificantes más comunes son los ftalatos.

**POLÍMERO:** Material orgánico que consta de largas cadenas de moléculas compuestas por muchas unidades llamadas monómeros. La mayoría de los plásticos tienen una cadena de átomos de carbono como columna vertebral. Los polímeros se mezclan casi siempre con

aditivos antes de su utilización. Plásticos = polímeros + aditivos.

**POTENCIADOR DE LA RESISTENCIA AL IMPACTO:** Normalmente otro polímero que se añade a una mezcla de polímeros para aumentar su resistencia al daño por impacto.

**PRESENTACIÓN:** Es la actividad del usuario de empacar y envasar todo tipo de residuos sólidos para su almacenamiento y entrega a la entidad prestadora del servicio de aseo para aprovechamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final.

**PROCESAMIENTO TÉRMICO DE RESIDUOS SÓLIDOS:** Conversión de los residuos sólidos en productos de conversión gaseosos, líquidos y sólidos, con la subsiguiente o simultánea emisión de energía en forma de calor.

**PRODUCCIÓN LIMPIA:** Reorientación de los sectores productivos, dentro de una dimensión ambiental hacia formas de gestión y uso de tecnologías ambientalmente limpias, aumentando la eficiencia en el uso de recursos energéticos e hídricos, sustitución de insumos, optimización de procesos, modificación de productos y minimización de basuras y residuos sólidos.

**PRODUCTOS SEMIELABORADOS:** Láminas, perfiles, barras, tubos, etc. hechos de plástico que será necesario procesar ulteriormente antes de que se conviertan en parte de o en artículos acabados.

**PUNTO DE DESCARGA:** Ducto, chimenea, dispositivo o sitio por donde se emiten los contaminantes a la atmósfera.

**RECICLADOR:** Persona que de manera informal desarrolla procesos de aprovechamiento de los residuos reciclables.

**RECICLAJE:** Procesos mediante los cuales se aprovechan y transforman los residuos sólidos recuperados y se devuelven a los materiales sus potencialidades de reincorporación, como materia prima para la fabricación de nuevos productos. El reciclaje consta de varias etapas: procesos de tecnologías limpias, reconversión industrial, separación, acopio, reutilización, transformación y comercialización.

**RECICLAJE DE PLÁSTICOS:** Proceso por el cual los residuos plásticos provenientes de la pos-

industria o el pos consumo son separados en la fuente, recolectados selectivamente, acondicionados y/o transformados en nuevas materias plásticas, en nuevos productos plásticos, en productos químicos o en energía.

**RECICLAJE PRIMARIO:** Conversión de los residuos plásticos remolidos en productos que tienen características de desempeño equivalentes a las de los productos originales elaborados con resina virgen.

**RECICLAJE SECUNDARIO:** Conversión de los residuos plásticos en productos que tengan una menor exigencia de desempeño que los elaborados a partir de resina virgen. Es aplicable a algunos plásticos remolidos y a la mayoría del residuo plástico pos-consumo, dado que permite niveles de contaminación más altos que el reciclaje primario.

**RECICLAJE TERCIARIO:** Obtención de sustancias químicas básicas y combustibles a partir de los residuos plásticos, mediante procesos de degradación químicos y térmicos. También conocido como reciclaje químico o reciclaje como materia, es un proceso en el que se rompen las cadenas del polímero en sus componentes básicos.

Para el caso de la mayoría de los plásticos, los componentes básicos son hidrocarburos, en tanto que en el caso de los polímeros que contienen halógenos, las unidades básicas son hidrocarburos y cloruro o fluoruro de hidrógeno.

Los desechos plásticos se depolimerizan en monómeros, que pueden utilizarse de nuevo directamente en la polimerización (quimiólisis) o en materias primas de menor peso molecular (termólisis o craqueo) que pueden utilizarse, como el petróleo natural, en varias reacciones químicas, incluida la producción de nuevos polímeros.

**RECICLAJE CUATERNARIO:** Recuperación de la energía almacenada en los residuos plásticos mediante procesos industriales controlados de combustión.

**RECOLECCIÓN:** Acción y efecto de retirar y recoger técnicamente de las basuras y residuos sólidos de uno o varios generadores, efectuada por su generador o por la entidad prestadora del servicio público de aseo.

**RECUPERACIÓN:** Acción que permite retirar y recuperar técnicamente de las basuras aquellos materiales que pueden someterse a un nuevo proceso de aprovechamiento, para convertirlos en materia prima útil en la fabricación de nuevos productos.

**REDUCCIÓN EN LA FUENTE:** Forma más eficaz de minimizar la cantidad de residuos sólidos, los impactos ambientales y los costos asociados a su manipulación, a través del diseño y la fabricación de productos, empaques y envases, con el material técnicamente más apropiado, con la cantidad mínima de material, con una vida útil más larga y un contenido mínimo de sustancias tóxicas.

**RELLENO:** Habitualmente un mineral finamente molido, como el talco o yeso, que se mezcla con un polímero para modificar sus propiedades o reducir su precio.

**RELLENO DE SEGURIDAD:** Relleno con características especiales para el confinamiento y aislamiento temporal de residuos sólidos peligrosos, sin afectar su entorno ambiental, hasta tanto se desarrollen tecnologías que permitan su disposición final.

**RELLENO SANITARIO:** Es el lugar técnicamente seleccionado, diseñado y operado para la disposición final controlada de los residuos sólidos, sin causar peligro, daño o riesgo a la salud pública, minimizando y controlando los impactos ambientales y utilizando principios de ingeniería, para la confinación y aislamiento de los residuos sólidos en un área mínima, con compactación de residuos, cobertura diaria de los mismos, control de gases y lixiviados, y cobertura final.

**RESIDUOS:** Piezas de láminas, barras o perfiles de plástico que sobran en el componente o estructura que se está fabricando.

**RESIDUOS PELIGROSOS:** Aquellos que por sus características infecciosas, combustibles, inflamables, explosivos, radiactivas, volátiles, corrosivos, reactivos o tóxicos pueden causar daño a la salud humana o al medio ambiente. Así mismo, se consideran residuos peligrosos los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos.

**RESIDUO PLÁSTICO POS-INDUSTRIA:** Residuo originado en las diferentes operaciones de

manufactura y/o transformación de las resinas plásticas, el cual puede consistir de un tipo de resina, de una mezcla de resinas entre sí o con otros materiales no plásticos.

**RESIDUOS PLÁSTICOS POS-CONSUMO:** Residuos originados en las diferentes actividades de consumo cuando los productos, ya sean plásticos únicos o mezclas de plásticos entre sí o con otros materiales, terminan el periodo de vida útil o pierden su utilidad.

**RESIDUO SÓLIDO:** Es cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final. Los residuos sólidos se dividen en aprovechables y no aprovechables. Igualmente, se consideran como residuos sólidos aquellos provenientes del barrido de áreas públicas.

**RESIDUO SÓLIDO DOMICILIARIO:** Residuo que por su naturaleza, composición, cantidad y volumen, es generado en actividades realizadas en viviendas o en cualquier establecimiento asimilable a éstas.

**RESIDUO SÓLIDO ESPECIAL:** Aquellos por su naturaleza, composición, tamaño, volumen y peso, no pueden ser manejados, tratados o dispuestos normalmente dentro del servicio ordinario de aseo.

**RESINA:** Un polímero artificial resultado de la reacción química entre dos o más sustancias, habitualmente con ayuda del calor o de un catalizador. Esta definición incluye a la goma sintética, siliconas (elastómeros).

**RESINA VIRGEN:** Material plástico que no ha sido sometido a alguna transformación.

**RESINA VIRGEN FUERA DE ESPECIFICACIÓN:** Resina que no cuenta con las exigencias de calidad adecuadas y, por tanto, se considera como un residuo pos industria.

**REUTILIZACIÓN:** Es la prolongación y adecuación de la vida útil de los residuos sólidos recuperados y que mediante procesos, operaciones o técnicas devuelven a los materiales su

posibilidad de utilización en su función original o en alguna relacionada, sin que para ello requieran procesos adicionales de transformación.

**REVESTIMIENTO:** Aislamiento de plástico. Un ejemplo común es el aislamiento con plástico como PVC o PE, que protege los cables, pero que puede ser también de papel engrasado, dependiendo del uso.

**REUTILIZACIÓN:** Acción por la cual el residuo sólido, previa una limpieza adecuada, es utilizado directamente para su función original o para alguna relacionada, sin adicionarle procesos de transformación.

**RUTA DE RECICLAJE:** Recorrido necesario para recoger los residuos separados en el sitio de origen.

**SEPARACIÓN EN LA FUENTE:** Es la clasificación de los residuos sólidos en el sitio donde se generan para su posterior recuperación.

**SERVICIO ESPECIAL DE ASEO:** Servicio relacionado con la recolección, transporte y tratamiento de residuos sólidos que por su naturaleza, composición, tamaño, volumen y peso, no pueden ser manejados, tratados o dispuestos dentro del servicio ordinario de aseo.

**SERVICIO PÚBLICO DOMICILIARIO DE ASEO:** Es el servicio de recolección Municipal o Distrital de residuos, principalmente sólidos. Igualmente comprende las actividades complementarias de transporte, tratamiento, aprovechamiento y disposición final de tales residuos. Incluye, entre otras, las actividades complementarias de corte de césped y poda de árboles ubicados en las vías y áreas públicas; de lavado de estas áreas, transferencia, tratamiento y aprovechamiento.

**SINTERIZADO:** Proceso de unión de partículas generalmente metálicas, por temperatura y/o presión, sin llegar al punto de fusión.

**SISTEMA DE ASPERSORES:** Un sistema de orificios de salida de chorros de agua incorporado en la estructura de un edificio, que comienza a funcionar automáticamente cuando se inicia un incendio accidental en el edificio.

**TATUCO** Identifica los envases rígidos, independientemente del tipo de resina utilizada para su fabricación.

**TERMOESTABLE** Un polímero que se solidifica o "fragua" de forma irreversible cuando se calienta. Esta propiedad está vinculada a menudo con reacciones de reticulación inducidas por el calor o la radiación. Los materiales termoestables pueden reciclarse: después de molidos, pueden añadirse como aditivos a otros polímeros, o como carga a las mismas resinas termoestables antes de su reticulación.

**TERMOPLÁSTICO** Un polímero que se ablanda cuando se expone al calor (la temperatura depende del tipo de plástico) y vuelve a su condición original cuando se enfría a temperatura ambiente.

**TORTA** Residuo plástico pos industria resultante de la purga de las máquinas de moldeo y

extrusión, cuando se realiza el cambio de una resina a otra, o de un color o grado de resina a otro.

**TRITURACIÓN** El proceso de cortar grandes piezas o componentes de plástico en trozos más pequeños aptos para el reprocesamiento.

**TRATAMIENTO** Conjunto de operaciones y/o procesos y/o técnicas y/o tecnologías encaminadas a la eliminación, la disminución de la concentración o el volumen de los residuos sólidos o basuras o su conversión en formas más estables.

**VIDA ÚTIL** Período durante el cual el producto plástico cumple adecuadamente con las funciones para las cuales fue diseñado.

## 11. Abreviaturas

### ISO 1043-1: 1987 : Plásticos - Símbolos (Extracto) Polímeros básicos y sus características especiales Símbolos de materiales poliméricos naturales y homopoliméricos

<b>CA</b>	Acetato de celulosa	<b>PES</b>	Poli(eter sulfona)
<b>CAB</b>	Acetato y butirato de celulosa	<b>PET</b>	Poli(etilentereftalato)
<b>CAP</b>	Acetato propionato de celulosa	<b>PEUR</b>	Poli(eter uretano)
<b>CF</b>	Cresol-formaldehído	<b>PF</b>	Fenol-formaldehído
<b>CMC</b>	Celulosa carboxilometilica	<b>PFA</b>	Perfluoro alcohólico alcano
<b>CN</b>	Nitrato de celulosa	<b>PI</b>	Poli(amida)
<b>CP</b>	Propionato de celulosa	<b>PIB</b>	Poli(isobutano): Poli(isobutileno)
<b>CTA</b>	Triacetato de celulosa	<b>PIR</b>	Poli(isocianurato)
<b>EC</b>	Etilocelulosa	<b>PMI</b>	Poli(metacrilimida)
<b>EP</b>	Resina epóxica	<b>PMMA</b>	Poli(metilmetacrilato)
<b>FF</b>	Furano-formaldehído	<b>PMP</b>	Poli-4-metilpentano-1
<b>HFP</b>	Hexafluoropropileno	<b>PMS</b>	Poli- $\alpha$ -metilestireno
<b>MC</b>	Metilocelulosa	<b>POM</b>	Poli(oximetileno (poliacetal): poliformaldehído)
<b>MF</b>	Melamina formaldehído	<b>PP</b>	Poli(propileno)
<b>PA</b>	Poli(amida)	<b>PPE</b>	Poli(eter propileno)
<b>PAI</b>	Poli(amida/imida)	<b>PPO</b>	Poli(fenilóxido)
<b>PAN</b>	Poli(acrilonitrilo)	<b>PPOX</b>	Poli(oxipropileno)
<b>PAUR</b>	Poli(éster de uretano)	<b>PPS</b>	Poli(sulfuro de propileno)
<b>PB</b>	Poli(butano -1)	<b>PUS</b>	Poli(sulfona de propileno)
<b>PBA</b>	Poli(acrilato de butilo)	<b>PS</b>	Poli(estireno)
<b>PBT</b>	Poli(butilentereftalato)	<b>PSU</b>	Poli(sulfona)
<b>PC</b>	Poli(carbonato)	<b>PTFE</b>	Poli(tetrafluoroetileno)
<b>PCTFE</b>	Poli(clorotrifluoroetileno)	<b>PUR</b>	Poli(uretano)
<b>PDAP</b>	Poli(ftalato de dialilo)	<b>PVAC</b>	Poli(acetato de vinilo)
<b>PE</b>	Poli(etileno)	<b>PVAL</b>	Poli(alcohol de vinilo)
<b>PEEK</b>	Poli(eteretercetona)	<b>PVB</b>	Poli(butiral vinilo)
<b>PEI</b>	Poli(eter imida)	<b>PVC</b>	Poli(cloruro de vinilo)
<b>PEOX</b>	Poli(oxietileno)		

<b>PVDC</b>	Poli(cloruro de vinilideno)
<b>PVDF</b>	Poli(fluoruro de vinilideno)
<b>PVF</b>	Poli(fluoruro de vinilo)
<b>PVFM</b>	Poli(formal vinilo)
<b>PVK</b>	Polivinilcarbazola
<b>PVP</b>	Polivinilpirrolidona

<b>SI</b>	Silicona
<b>SP</b>	Poliéster saturado
<b>TFE</b>	Tetrafluoroetileno
<b>UF</b>	Urea-formaldehído
<b>UP</b>	Poliéster insaturado

### Símbolos de materiales copoliméricos

<b>A/B/A</b>	Acrilonitrilo/butadieno/acrilato	<b>PEBA</b>	Polieter block amida
<b>ABS</b>	Acrilonitrilo/butadieno/estireno	<b>PFA</b>	Perfluoro alcoxil alcano: Tetrafluoroetileno/Perfluoro propilvinil eter
<b>A/CPE/S</b>	Acrilonitrilo/clorinado polietileno/estireno	<b>SAN**</b>	Estireno/acrilonitrilo
<b>A/EPDM/S*</b>	Acrilonitrilo/etileno-propilona- dieno/estireno	<b>S/B</b>	Estireno/butadieno
<b>A/MMA</b>	Acrilonitrilo/metil metacrilato	<b>SMA</b>	Estireno/anhidrido maleico
<b>ASA</b>	Acrilonitrilo/estireno/acrilato	<b>S/MS</b>	Estireno/á-metilestireno
<b>E/EA</b>	Etileno/etil acrilato	<b>VC/E</b>	Cloruro de vinilo /etileno
<b>E/MA</b>	Etileno/ ácido metacrílico	<b>VC/E/MA</b>	Cloruro de vinilo/etileno/metil acrilato
<b>E/P</b>	Etileno/propileno	<b>VC/E/VAC</b>	Cloruro de vinilo/etileno/ acetato de vinilo
<b>EPDM*</b>	Etileno/propileno/dieno	<b>VC/MA</b>	Cloruro de vinilo/metil acrilato
<b>E/TFE</b>	Etileno/tetrafluoroetileno	<b>VC/MMA</b>	Cloruro de vinilo/metil metacrilato
<b>E/VAC</b>	Etileno/vinil acetato	<b>VC/OA</b>	Cloruro de vinilo/octil acrilato
<b>E/VAL</b>	Etileno/vinil alcohol	<b>VC/VAC</b>	Cloruro de vinilo/ acetato de vinil
<b>FEP</b>	Perfluoro(etileno/propileno): Tetrafluoroetileno/ hexafluoropropileno	<b>VC/VDC</b>	Cloruro de vinilo/ cloruro de vinilideno
<b>MBS</b>	Metacrilato/butadieno/estireno	<b>PVC-P</b>	PVC plastificado
<b>MFA</b>	Perfluoro alcohólico alcano: Tetrafluoroetileno/Perfluoro metilvinil eter	<b>PVC-E</b>	PVC expandido (en espuma)
<b>MPF</b>	Melamina/fenol-formaldehído		

\* EPDM es un símbolo para la goma; las definiciones pueden consultarse en ISO 1629

\*\* En el Japón y los EE.UU., el símbolo "SAN" es una referencia PVC-U PVC sin plastificante

## 12. Bibliografía

- ACERCAR, Manuales de Buenas Prácticas-Apoyo a Minipymes, Bogotá, 2002
- ACODAL, Política para la Gestión Integral de Residuos Sólidos, Bogotá, 1999
- ACOPLASTICOS. Directorio Colombiano de Reciclaje de Residuos Plásticos. Bogotá, 2002.
- ACOPLASTICOS. Manual del Reciclador de Residuos Plásticos. Bogotá, 1999.
- ACOPLASTICOS. Plásticos en Colombia. XXXII edición, Bogotá, 2002.
- APME ASSOCIATION OF PLASTICS MANUFACTURERS IN EUROPE, Plastics and the Environment Sheet, Brussels, Belgium, 1990.
- BISIO L. Attilio, XANTHOS Marino, How to Manage Plastic Waste, Hanser Publishers, Ohio, Usa.
- CAR. Guía Ambiental Pequeñas Empresas de Transformación de Residuos Plásticos y Textiles.
- FIPMA y Plastivida. Manual de Valorización de los Residuos Plásticos, Buenos Aires, 2001.
- INSTITUTE OF PACKAGING PROFESSIONELS. 71 Reasons Why Packaging Matters, Herdon, VA, USA, 1993.
- INSTITUTO MEXICANO DEL PLÁSTICO, Enciclopedia del Plástico, Tomo 4, México D.F, 2000.
- INSTITUTO MEXICANO DEL PLÁSTICO. Enciclopedia del Plástico, primera edición, México D.F, 1997.
- MICHAELI Walter, Plastics Processing An Introduction, Hanser Publishers, Ohio, Usa.
- MICHAELI, GREIF,KAUFMANN,VOSSEBURGER, Introducción a la tecnología de los plásticos, Hanser Publishers, Ohio, Usa.
- R.J Ehrig, Plastics Recycling, Products and Processes. Hanser Publishers, Ohio, Usa.
- U.S. FDA Food and Drug Administration, Points to Consider for the Use of Recycled Plastics in Food Packaging: Chemistry Considerations, Washington DC, USA, 2002.
- U.S. FDA Food and Drug Administration, Recycled Plastics in Food Packaging, Washington DC, USA, 2002.
- UNEP Guías para el manejo ambientalmente racional de residuos plásticos ST Convenio de Basilea 2003.

Guías Ambientales  
Sector Plásticos

Principales procesos básicos de transformación  
de la industria plástica y Manejo, aprovechamiento  
y disposición de residuos plásticos post-consumo



---

**Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial**

Viceministerio de Ambiente

**Dirección de Desarrollo Sectorial Sostenible**

**República de Colombia**

---

Bogotá, Colombia. Julio de 2004