

2004-07-28

**GESTIÓN AMBIENTAL.
RESIDUOS SÓLIDOS. GUÍA PARA EL
APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS
PLÁSTICOS**



E: ENVIRONMENTAL MANAGEMENT. SOLID WASTES.
GUIDE FOR TAKING ADVANTAGE OF PLASTIC WASTES

CORRESPONDENCIA:

DESCRIPTORES: plásticos; residuos; aprovechamiento;
reciclaje; selección de residuos;
reutilización.

I.C.S.: 13.030.10

Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)
Apartado 14237 Bogotá, D.C. - Tel. 6078888 - Fax 2221435

Prohibida su reproducción

Primera actualización
Editada 2004-08-10

PRÓLOGO

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, **ICONTEC**, es el organismo nacional de normalización, según el Decreto 2269 de 1993.

ICONTEC es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya Misión es fundamental para brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Colabora con el sector gubernamental y apoya al sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo.

La representación de todos los sectores involucrados en el proceso de Normalización Técnica está garantizada por los Comités Técnicos y el período de Consulta Pública, este último caracterizado por la participación del público en general.

La GTC 53-2 (Primera actualización) fue ratificada por el Consejo Directivo del 2004-07-28.

Esta norma está sujeta a ser actualizada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

A continuación se relacionan las empresas que colaboraron en el estudio de esta guía a través de su participación en el Comité Técnico 15 Residuos sólidos.

ACEGRASAS S.A.	FUNDACIÓN SANTA FE DE BOGOTÁ
AJOVER S.A.	GOBERNACIÓN DE CUNDINAMARCA
ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL	HOLCIM COLOMBIA S.A.
-ACODAL-	HOSPITAL EL TUNAL.
ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INDUSTRIAS PLÁSTICAS -ACOPLASTICOS-	INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA - INGEOMINAS
CIUDAD LIMPIA BOGOTÁ S.A. E.S.P	INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO -IDU-
CONSEJO EMPRESARIAL COLOMBIANO PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE - CECODES	LUMINEX S.A.
CHALLENGER S.A.	MERCK COLOMBIA S.A.
DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DEL MEDIO AMBIENTE -DAMA-	PROQUINAL S.A.
FRIGORÍFICO GUADALUPE S.A.	SIKA COLOMBIA S.A..
FUNDACIÓN COLOMBIANA DE CIENCIAS	SMURFIT CARTÓN DE COLOMBIA S.A.
	UNIDAD EJECUTIVA DE SERVICIOS PÚBLICOS
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Además de las anteriores, en Consulta Pública el Proyecto se puso a consideración de las siguientes empresas:

ACCA LTDA.	ALPINA PRODUCTOS ALIMENTICIOS S.A.
ACERIAS PAZ DEL RIO	ALUMINIO NACIONAL S.A. - ALUMINA S.A.
ACOPI	AMBIENCOL INGENIEROS S.A.
ACUAPEZ S.A.	ASINAL LABORATORIOS LTDA.
AGUA VIVA	

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DEL
PETRÓLEO
ASOCIACION NACIONAL DE
FABRICANTES DE LADRILLO Y
DERIVADOS DE LA ARCILLA – ANFALIT
BASF QUÍMICA COLOMBIANA S.A.
BAVARIA S.A.
CABLES DE ENERGÍA Y
TELECOMUNICACIONES S.A -
CENTELSA
CARVAJAL S.A.
CENTRO LAS GAVIOTAS
CENTRO NACIONAL DE PRODUCCIÓN
MAS LIMPIA - NODO CENTRO
CERVECERÍA LEONA S.A.
CERVECERÍA UNIÓN S.A.
COMPAÑÍA COLOMBIANA DE TEJIDOS
S.A COLTEJER
COMPAÑÍA DE GALLETAS NOEL S.A.
COMPAÑÍA NACIONAL DE CHOCOLATES
S.A.
COMPAÑÍA NACIONAL DE LEVADURAS -
LEVAPAN S.A.
CONSORCIO LIME BOGOTA S.A.
COOPERATIVA DE GANADEROS -
CODEGAN
CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL
DE CUNDINAMARCA - CAR
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL
DEL CENTRO DE ANTIOQUIA -
CORANTIOQUIA
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL
RIONEGR-NARE - CORNARE
CORPORACIÓN COLOMBIANA DE
INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA -
CORPOICA
CORPORACIÓN PARA LA
INVESTIGACIÓN SOCIOECONÓMICA Y
TECNOLÓGICA DE COLOMBIA - CINSET
CRYOGAS S.A.
ECOFUTURO
ECOPETROL S.A.
ECSI S.A.
EMPRESA DE ACUEDUCTO Y
ALCANTARILLADO DE BOGOTA ESP
EXTRUCOL S.A.
FABRICA DE CAFÉ LIOFILIZADO

FUMIGAX S.A.
FUNDACIÓN AL VERDE VIVO
FUNDEPÚBLICO
GENERAL MOTORS COLMOTORES S.A.
GESTIÓN AMBIENTAL S.A.
IMAL S.A.
INALCEC
INDUSTRIAS ALIADAS
INGENIERÍA CIVIL Y AGUAS
INGENIO SAN CARLOS
INSTITUTO COLOMBIANO
AGROPECUARIO
LADRILLERA SANTAFE S.A.
LAQMA LTDA.
MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y
DESARROLLO TERRITORIAL
MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO
Y TURISMO
MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL
NESTLE DE COLOMBIA
OCCIDENTAL DE COLOMBIA
PAVCO S.A.
PIRS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE
COLOMBIA
PROPAL S.A.
SHELL COLOMBIA S.A.
SIGRA S.A.
SOCIEDAD DE ACUEDUCTO, ASEO Y
ALCANTARILLADO DE BARRANQUILLA
E.S.P
SUCROMILES S.A.
SURAMERICANA DE SEGUROS S.A.
TECHINT INTERNATIONAL
CONSTRUCTION CORPORATION
(TENCO)
TETRA PACK
TEXACO
TUBOTEC S.A.
UMATA - LA PINTADA
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
UNIVERSIDAD DISTRITAL
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
– BOGOTA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
– MEDELLÍN

ICONTEC cuenta con un Centro de Información que pone a disposición de los interesados normas internacionales, regionales y nacionales.

DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

**GESTIÓN AMBIENTAL.
RESIDUOS SÓLIDOS. GUÍA PARA EL APROVECHAMIENTO
DE LOS RESIDUOS PLÁSTICOS**

1. OBJETO

Esta guía provee información que permite realizar una gestión integral de los residuos plásticos provenientes de la posindustria o del posconsumo, incluyendo lo relacionado con las etapas de separación en la fuente y la recolección selectiva.

No establece parámetros de seguridad industrial o higiene ocupacional asociados con la gestión integral. Es responsabilidad del usuario de esta guía el establecer las prácticas de seguridad del proceso y la salud y la seguridad de los empleados.

2. TERMINOLOGÍA

2.1 VOCABULARIO USUAL ENTRE LOS AGENTES ECONÓMICOS DEDICADOS A LA ACTIVIDAD DEL RECICLAJE DE PLÁSTICOS Y DEFINICIONES

2.1.1

tatuco

identifica los envases rígidos, independiente del tipo de resina utilizada para su fabricación.

2.1.2

chuspa

identifica las bolsas o películas de envoltura plásticas.

2.1.3

pasta

identifica los productos plásticos diferentes a los tatucos y chuspas.

2.1.4

centro de acopio

lugar donde se lleva a cabo el almacenamiento y, en ocasiones, algunas operaciones de acondicionamiento de los materiales recuperados.

2.2 DEFINICIONES RELATIVAS A LA APLICACIÓN DE ESTA NORMA

Adicional a las definiciones presentadas en las GTC 86 y GTC 24, se tiene en cuenta las siguientes:

2.2.1**termoplásticos**

plásticos que pueden ser repetidamente fundidos por medio de calor o endurecidos por enfriamiento, en un intervalo de temperatura característica del plástico, a partir de los cuales se pueden elaborar nuevos artículos por medio de procesos de moldeo o extrusión.

2.2.2**termoestables**

plásticos que después de haber sido curados, por medio de calor u otro medio, no pueden ser fundidos o solubilizados sin romper su estructura química.

2.2.3**reciclaje mecánico posindustria o primario**

alternativa de valorización conducente a preservar el valor intrínseco de los residuos plásticos. Hace referencia al reciclaje de materiales plásticos industriales (tortas) y se lleva a cabo normalmente mediante la reincorporación al proceso de fabricación del material plástico recuperado, que permite obtener un producto con desempeño equivalente al producto original elaborado con resina virgen.

2.2.4**reciclaje mecánico posconsumo o secundario**

se denominan así los procesos para aprovechar, los residuos de productos hechos con materiales plásticos, una vez que estos han terminado su vida útil, para obtener productos que tienen una menor exigencia de desempeño a los elaborados a partir de resina virgen. Incluye los residuos de materiales plásticos industriales cuyas características no permiten realizar un reciclaje primario (barridos).

2.2.5**reciclaje químico o terciario**

es el tratamiento de residuos plásticos mediante procesos bioquímicos o físico-químicos para convertirlos nuevamente en sustancias químicas básicas aprovechables o en combustibles.

2.2.6**incineración con recuperación de energía o reciclaje cuaternario**

son los procesos que, mediante combustión controlada aprovechan el alto contenido energético de los residuos plásticos como combustible alternativo.

2.2.7**residuo plástico posindustria**

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.

2.2.8**residuos plástico posconsumo**

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

2.2.9**resina virgen**

material plástico que no ha sido sometido a alguna transformación.

2.2.10**resina virgen fuera de especificación**

resina que no cuenta con las exigencias de calidad adecuadas, y por tanto se considera como un residuo posindustria.

2.2.11**torta**

residuo plástico posindustria que puede ser aprovechado a través de reciclaje mecánico.

2.2.12**vida útil**

periodo durante el cual el producto plástico cumple adecuadamente con las funciones para las cuales fue diseñado.

2.2.13**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.

2.2.14**gestión integral de residuos plásticos**

es el conjunto de operaciones y disposiciones encaminadas a dar a los residuos plásticos producidos el destino más adecuado desde el punto de vista ambiental, de acuerdo con sus características, volumen, procedencia, costos, tratamiento, posibilidades de recuperación, aprovechamiento, comercialización y disposición final.

2.2.15**reducción en la fuente**

es la reducción de la cantidad de residuos generados bien sea por la adaptación de diseños de bienes de consumo o de procesos, para utilizar menos materia prima o para prolongar su vida útil.

2.2.16**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.

2.2.17**reciclaje de plásticos**

proceso por el cual los residuos plásticos provenientes de la posindustria o el posconsumo 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.

2.2.18**separación en la fuente**

es la operación que debe realizar el generador de residuos sólidos para seleccionarlos y almacenarlos separadamente en recipientes diferentes, según sean: aprovechables, de alimentos y similares, o especiales.

2.2.19**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.

2.2.20**material recuperado**

material plástico que se extrae o separa de la corriente de los residuos sólidos.

2.2.21**plásticos mezclados**

corriente de residuos plásticos constituida por diferentes tipos de resinas plásticas

2.2.22**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.

2.2.23**plástico remolido**

material plástico resultante de la molienda de los residuos plásticos posindustria, para su uso interno.

2.2.24**plástico reconstituido**

plástico obtenido por síntesis química de los compuestos provenientes de la descomposición química o térmica de los residuos plásticos.

2.2.25**minimización de residuos**

es la optimización de los procesos o los cambios en los hábitos de consumo los cuales permiten disminuir la generación de residuos.

3. TIPOS DE RESINAS PLÁSTICAS APROVECHABLES

En la Tabla 1 se presentan algunas de los tipos de resinas plásticas más utilizadas y los tipos de reciclaje utilizados para su aprovechamiento. Así mismo se presentan las aplicaciones típicas con sus códigos de identificación del sistema de envases y empaques.

Tabla 1. Residuos plásticos aprovechables y sus aplicaciones típicas

Tipo de resina plástica	Tipo de reciclaje	Plástico	Código ¹	Aplicaciones típicas
Termoplásticos (véase 2.5.1)	Mecánico posindustrial (véase 2.5.7), Mecánico posconsumo (véase 2.5.4), Químico (véase 2.5.5), Incineración con recuperación de energía (véase 2.5.6).	Polietilen Tereftalato (PET)		Botellas de gaseosas, agua, aceite, vinos, bebidas refrescantes, envases farmacéuticos, tejas, películas para el envasado 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) Sin plastificantes (PVC-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, cielorrasos 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.
		Con plastificantes (PVC-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.
		En espuma (PVC-Emulsión)		Papel decorativo para recubrimientos interiores, cueros sintéticos para muebles y calzado, juguetes.
		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.
Poliestireno (PS)		Vasos desechables y vasos de agua, envases para jabón, contenedores de productos lácteos, vasos, platos y cubiertos desechables, cajas de discos compactos, de audio casete, recipientes de cosméticos, difusores de luz, divisiones de baño, cielorrasos, rejillas arquitectónicas, accesorios médicos casetes para cintas, juguetería, carcasas para electrodomésticos y computadores, gabinete interior y contraportas de neveras.		
Poliestireno expandido y espumado		Vasos y recipientes térmicos, aislamientos térmicos, cacetones para construcción, neveras portátiles, empaques protectores, vasos y platos.		

Continúa...

Tabla 1. (Final)

Tipo de resina plástica	Tipo de reciclaje	Plástico	Código ¹	Aplicaciones típicas
		Otros Policarbonato (PC) Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS) Estireno Acrilonitrilo (SAN) Poliamida (PA) Nylon Acetales Poliuretano		Botellones para agua Discos compactos Carcasas para computadores y equipos de tecnología Películas Envases para alimentos Espumas, Recubrimientos, Adhesivos, Elastómeros
Termoestables (véase 2.5.2)	Mecánico posconsumo (véase 2.5.4),	Poliéster insaturado		Aplicaciones de plásticos reforzados, piezas de automóvil, espumas plásticas, encapsulaciones de equipos eléctricos, revestimientos protectores, aplicaciones estructurales
	Químico (véase 2.5.5), Incineración con recuperación de energía (véase 2.5.6).	Resinas fenólicas		Resinas fenólicas técnicas (RFT) se utilizan para: abrasivos, materiales de fricción, textil, fundición, filtros, lacas y adhesivos. Resinas fenólicas para madera y aislantes (RFMA) tienen su campo de aplicación en: lanas minerales, impregnaciones, materiales de madera, espumas. Resinas fenólicas para polvos de moldeo (PM), que son proveedores de las industrias eléctrica, automovilística y electrodoméstica.
		Resinas epóxicas		Revestimiento de superficies, adhesivos para laminados y para metales, vidrios, cerámicas, envases a presión, pavimentación de carreteras
¹ Este código corresponde al indicado en la NTC 3205 Guía para plásticos. Sistema de codificación.				

4. FUENTES GENERADORAS DE RESIDUOS PLÁSTICOS

En la Tabla 2 se presentan las principales fuentes generadoras de residuos plásticos.

Tabla 2. Fuentes generadoras de residuos plásticos

Tipo de residuo	Fuente	Características de los residuos
<ul style="list-style-type: none"> • Resina virgen fuera de especificaciones. • Tortas. • Materia prima para otros procesos industriales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Industrias productores de resinas plásticas. 	<ul style="list-style-type: none"> • El residuo tiene un mínimo grado de contaminación. • Fácil identificación del tipo de resina.
<ul style="list-style-type: none"> • Empaques y embalajes de materias primas o productos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Industrias productoras de resinas plásticas. • Transformadoras de resinas plásticas. • Consumidores de productos plásticos. • Otro tipo de industrias: <ul style="list-style-type: none"> ▪ sector agrícola, ▪ empresas floricultoras, bananeras, cafeteras y demás del sector agrícola. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Variables, según la sustancia o producto químico que hayan contenido. ▪ Si contenían un producto químico tóxico o peligroso, estos empaques se consideran residuos peligrosos. ▪ Un solo tipo de resina o plásticos mezclados entre sí o con otros materiales.
<ul style="list-style-type: none"> • Empaques y envases generados en otras secciones (cafetería, zona administrativa, laboratorios, talleres, zonas recreativas, etc.). 	<ul style="list-style-type: none"> • Industrias productoras de resinas plásticas. • Transformadoras de resinas plásticas. • Consumidores de productos plásticos. • Otro tipo de industrias: <ul style="list-style-type: none"> ▪ sector agrícola, ▪ empresas floricultoras, bananeras, cafeteras y demás del sector agrícola. ▪ Institucional: <ul style="list-style-type: none"> ▪ centros de salud, ▪ centros de educación y otras instituciones. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 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.
<ul style="list-style-type: none"> • Retales, tortas, productos fuera de especificación. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Transformadoras de resinas plásticas. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bajo grado de contaminación. ▪ Fácil identificación del tipo de resina. ▪ Diversidad de formas y tamaños
<ul style="list-style-type: none"> • Empaques y envases dañados en la sección de llenado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Consumidores de productos plásticos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 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.

Continúa...

Tabla 2. (Final)

Tipo de residuo	Fuente	Características de los residuos
<ul style="list-style-type: none"> • Envases y empaques de diversos tipos de productos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Doméstica, unidades unifamiliares y multifamiliares. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 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.
<ul style="list-style-type: none"> • Empaques y envases de agroquímicos de productos agrícolas, recubrimientos de invernaderos y zonas de cultivo, accesorios utilizados durante la cosecha (películas, mallas, sogas, mangueras, etc.), vestuario de protección personal. 	<ul style="list-style-type: none"> • Empresas floricultoras, bananeras, cafeteras y demás del sector agrícola. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 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 mecánico posconsumo o secundario sin un tratamiento previo de descontaminación y análisis cuidadosos de usos posteriores.
<ul style="list-style-type: none"> • Empaques y envases de productos farmacéuticos, Jeringas, bolsas de suero y demás accesorios para venoclisis. 	<ul style="list-style-type: none"> • Institucional, centros de salud. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 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.
<ul style="list-style-type: none"> • 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. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sector de la construcción: Construcción de casas, edificios, instalaciones industriales y comerciales. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 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.
<ul style="list-style-type: none"> • Autopartes plásticas, Accesorios. 	<ul style="list-style-type: none"> • Industria automotriz: Talleres de reparación, estaciones de servicio y desguace. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 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.

5. GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS PLÁSTICOS

5.1 GENERALIDADES

La gestión integral de los residuos plásticos es un conjunto de actividades que promueven la racionalización de los recursos y que contribuyen a la disminución de los impactos ambientales asociados a cada una de las etapas de manejo de éstos. En esta medida y a fin de lograr una gestión ambientalmente adecuada de los residuos plásticos, es necesario seguir el modelo desarrollado en la GTC 86 sobre gestión integral de residuos sólidos el cual pretende no sólo entregar los residuos a las empresas encargadas de su manejo, sino la implementación de las etapas de manejo de los residuos a saber: minimización de su generación, separación en la fuente, su adecuado almacenamiento, transporte, tratamiento en caso necesario aprovechamiento y disposición de final. Así mismo, a realizar las acciones necesarias para promover su aprovechamiento y adecuado tratamiento.

La minimización de residuos, es un objetivo que ofrece un doble beneficio al evitar tanto la generación del residuo como el ahorro de recursos y debería ser la primera alternativa a considerar. Existen distintas alternativas para la minimización una de ellas es la reducción en la fuente y la otra son los cambios en los hábitos de consumo.

Debido a que la minimización no siempre es aplicable a todas las circunstancias y organizaciones es necesario aplicar otras técnicas tales como aprovechamiento, tratamiento o disposición final. De todas maneras, las organizaciones deberían elaborar sus programas de gestión de residuos bajo un enfoque razonable, tratando siempre de emplear aquélla técnica que ofrezca más beneficios ambientales dentro del marco de las posibilidades de la organización.

5.2 REDUCCIÓN EN LA FUENTE

Es la primera alternativa, tiene carácter preventivo y permite minimizar las cantidades de residuos plásticos a través de diferentes acciones como cambios en el diseño de los productos, mejoramiento de los procesos tecnológicos, sustitución de materias primas.

Los nuevos diseños permiten obtener productos de igual o mejor calidad, con cantidades mínimas de material, vida útil más larga y mínimo contenido de sustancias tóxicas, con beneficios como la disminución de los costos de producción, el ahorro de recursos naturales y la reducción de los costos de la gestión y la disposición final de los residuos sólidos y de los impactos ambientales.

En el Figura 1 se presentan algunos ejemplos de acciones que se pueden aplicar para la reducción en la fuente.

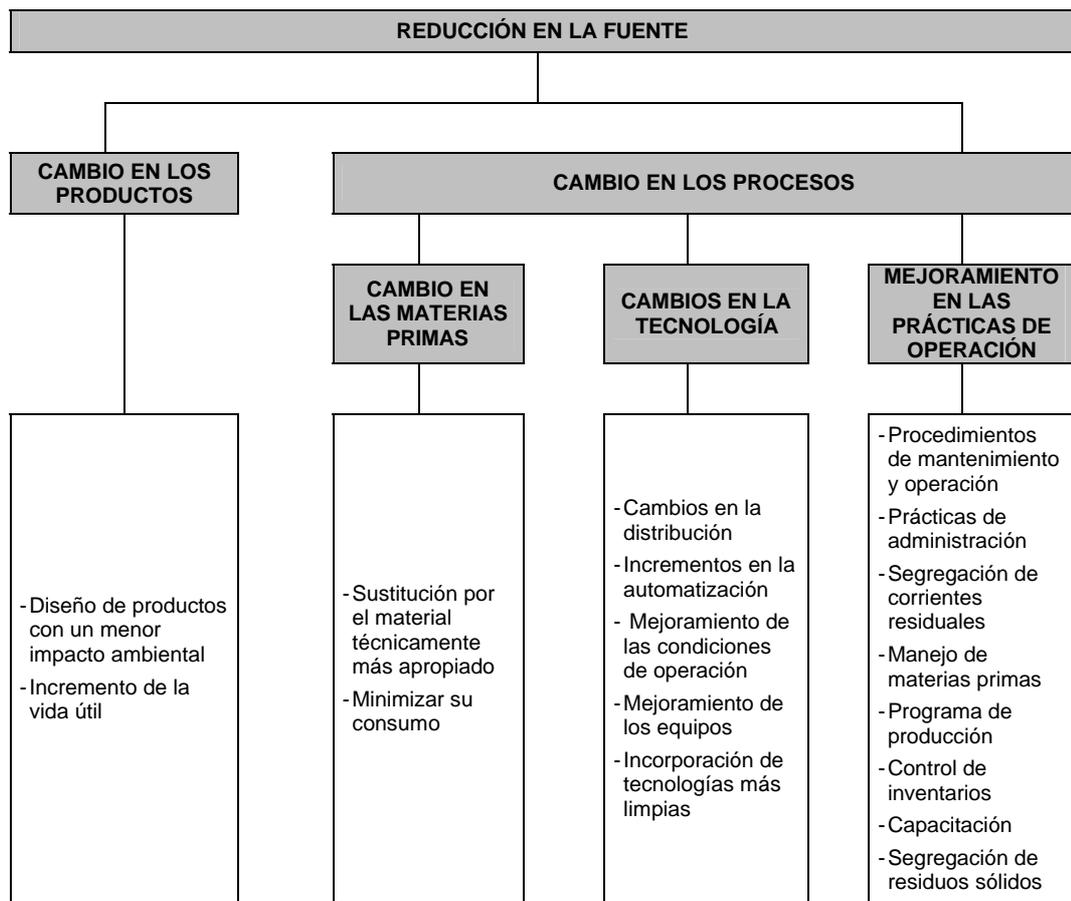


Figura 1. Métodos para la reducción en la fuente

Una herramienta que puede asistir a la industria en la identificación de oportunidades de minimización de los impactos ambientales de un producto plástico en varios puntos de su ciclo de vida, es decir desde la adquisición de materias primas hasta la disposición final de los residuos (véase la Figura 2), es el análisis del ciclo de vida.

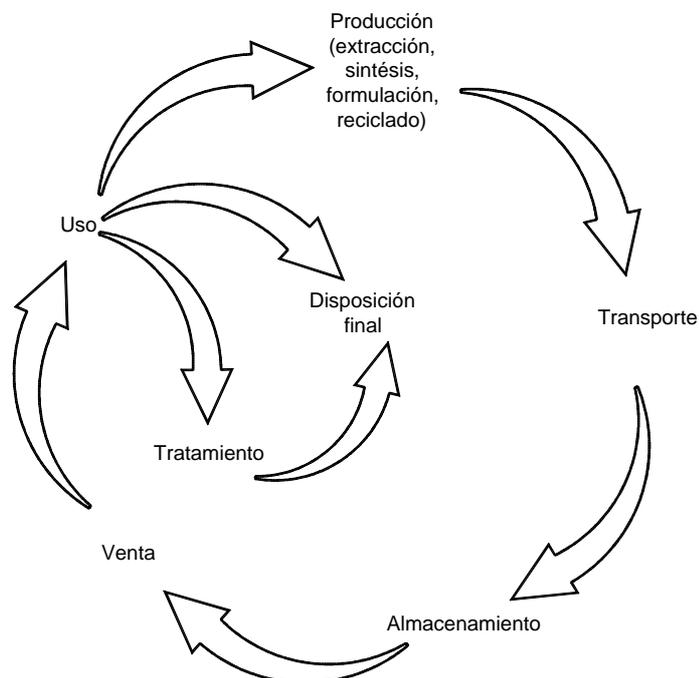


Figura 2. Análisis de ciclo de vida

El análisis de ciclo de vida es una técnica que permite la evaluación de los aspectos ambientales y los impactos potenciales asociados con un producto, a través de:

- Un inventario de uso de recursos, energía y de generación de emisiones en cada una de las entradas y salidas relevantes del sistema objeto de estudio.
- La determinación de los impactos ambientales potenciales asociados con aquellas entradas y salidas
- La interpretación de los resultados del inventario en relación con los objetivos del estudio, para establecer las oportunidades de mejora.

El establecimiento de unas metas y alcances en un estudio de análisis de ciclo de vida claramente definidas y consistentes, con intención de aplicación, facilitará la toma de decisiones frente a un proyecto de mejoramiento programado.

5.3 REUTILIZACIÓN

La reutilización consiste en usar repetidamente un producto plástico, en la misma aplicación original o en alguna otra relacionada, después de someterlo a un proceso de limpieza, desinfección y/o acondicionamiento. Cuando las propiedades mecánicas del producto plástico han tenido un nivel de desgaste apreciable se rompe el ciclo de reutilización y pasan a la corriente de los residuos para su posterior aprovechamiento.

Otra técnica de aprovechamiento que hay que considerar para una gestión de residuos sólidos se encamina a la reutilización de estos mismos. Una vez se haya agotada esta etapa sin éxito, se debería proceder al análisis de viabilidad de los distintos tipos de aprovechamiento.

Dada la variedad de aplicaciones que tienen los materiales plásticos, existe una serie de productos susceptibles de reutilización, tales como autopartes, envases y empaques retornables, encendedores, bolígrafos y cartuchos de impresión recargables.

Por ejemplo algunos productos que se distribuyen en envases plásticos posteriormente pueden recargarse con el mismo producto o a nivel doméstico algunos envases pueden emplearse como recipiente para otros artículos.

Los productos plásticos que estuvieron en contacto directo con materiales con características tóxicas o peligrosas no pueden ser reutilizados para contener alimentos, almacenar agua, elaborar juguetes o utilizarlos como vestuario.

5.4 SEPARACIÓN EN LA FUENTE

Antes de abordar el tema sobre los diferentes tipos de aprovechamiento, será necesario analizar las acciones relacionadas con la separación en la fuente y la recolección selectiva para garantizar una cantidad relativamente constante y homogénea de residuos plásticos, que justifique la incorporación de las tecnologías posteriores.

La selección de la técnica más apropiada de separación en la fuente depende de la cantidad y tipo de residuos plásticos generados. Se recomienda consultar la GTC 24 sobre separación en la fuente y recolección selectiva. A nivel doméstico es generalmente suficiente separar los envases o productos plásticos en un contenedor diferenciado y específico que permita recolectar los residuos plásticos libres de contaminación hasta una cantidad que facilite el transporte económico al procesador o usuario final.

5.5 RECOLECCIÓN SELECTIVA

La recolección selectiva de los residuos plásticos posconsumo es una de las etapas más importantes para lograr el éxito de un programa de reciclaje. La recolección selectiva es la acción de recolectar técnicamente los residuos reciclables, de uno o varios generadores, efectuada por su generador, las entidades prestadoras del servicio o personas interesadas en el aprovechamiento del residuo.

Este tipo de recolección puede realizarse a través de diferentes sistemas como se indica en la Tabla 3.

Tabla 3. Alternativas para la recolección de residuos plásticos

Alternativa	Actividades requeridas	Nivel de recolección
1. Recolección selectiva de residuos plásticos en la fuente de generación con vehículos especializados.	<ul style="list-style-type: none">- Campañas de educación y promoción.- Almacenamiento temporal.- Recolección en la fuente.- Separación en la fuente.	- Variable. Depende de la colaboración ciudadana y de las estrategias de recolección.
2. Acopio selectivo de residuos plásticos en puntos centralizados.	<ul style="list-style-type: none">- Campañas de educación y promoción.- Almacenamiento temporal.- Recolección en la fuente.- Separación en la fuente.	- Variable. Depende de la cultura ciudadana, de la selección de puntos estratégicos y del compromiso del ente encargado de su manejo.

Continúa...

Tabla 3. (Final)

Alternativa	Actividades requeridas	Nivel de recolección
3. Intercambio de residuos plásticos con beneficio en centros de acopio.	- Campañas educativas - Separación en la fuente. - Almacenamiento temporal. - Transporte al punto de compra.	- Bajo. Sin embargo la calidad del material es alta.
4. Depósito-reembolso para envases plásticos en máquinas especializadas.	- Separación en la fuente - Almacenamiento temporal - Transporte a la máquina.	- Bajo. Recolectan un porcentaje muy bajo de los envases reciclables.
5. Recolección conjunta con otros residuos y transporte a un centro de acopio.	- Almacenamiento temporal - No requiere separación en la fuente. - No requiere recolección selectiva.	- Alto, aunque la calidad del material es muy baja.

La recolección selectiva de los residuos plásticos posconsumo 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 aprovechables después de su recolección.

5.6 SEPARACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS PLÁSTICOS EN CENTROS DE ACOPIO

Los materiales plásticos que llegan al centro de acopio son 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.

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.

La separación puede llevarse a cabo según diferentes criterios según el caso:

- **Separación por tipo de artículo.** La línea de plásticos mezclados es posteriormente separada por tipos de artículos así: envases (tatucos), películas (bolsas o chuspas), productos rígidos (canastas de transporte, tubería, carcazas 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 y el color. Para poder identificar los artículos plásticos, la Sociedad de Industrias Plásticas de los Estados Unidos desarrolló el sistema de códigos basado en el símbolo universal del reciclaje el cual se presenta en la NTC 3205. Otros sistemas de codificación se presentan en las normas ASTM D 1972-91 y SAE J1344.

Si en los procesos de transformación posteriores no se tolera la mezcla de colores, los materiales plásticos seleccionados por tipo de resina deberían 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.

- **Otras técnicas de separación:** En la siguiente tabla se presentan otras técnicas de separación empleadas a nivel nacional¹.

Tabla 4. Técnicas de separación e identificación de los plásticos

Procedimiento	Principio	Evaluación de la eficacia
Separación por flotación – hundimiento.	En un medio acuoso se separan las resinas plásticas aprovechando la diferencia de densidades.	Sólo es eficaz la separación de dos o tres plásticos; bajo efecto de separación; algunos aditivos como los rellenos perturban el proceso.
Separación por centrifugación.	Separación por gravedad específica.	Pureza entre 95 % y 99,9 %.
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 %.
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.
Espectroscopia del infrarrojo medio.	Pueden distinguirse once clases de plásticos: PE, PP, PVC, ABS, PC, PA, PBT, PPE, y EPDM. Espectroscopia de reflexión de 2,5 m a 50 m, estimulación de oscilaciones de grupo.	Buena identificación de plásticos técnicos, amplia preparación de la muestra, no puede automatizarse y es muy lento (tiempo estimado 20s/análisis).
Espectroscopia del infrarrojo cercano.	Separación de PET, PVC, PP, PE, y PS (espectroscopia de reflexión de 800 a 2 500 nm, estimulación de oscilaciones armónicas y oscilaciones combinadas).	Buena identificación de envases plásticos, los rellenos (hollín) perturban el proceso, revestimientos de superficies, geometría de las muestras. Imposible identificar polímeros de color negro y aditivos.
Espectrofotometría por rayos UV del espectro visible infrarrojo.	Espectrofotometría de reflexión de 200 nm a 400 nm, estimulación de vibraciones y electrones.	Identificación mínima de los polímeros, gran influencia de los aditivos (tintes), difícil de automatizar.
Espectrofotometría fotoelectrónica láser.	Separación de PET, PVC, PP, PE, y PS. Espectrofotometría de emisión láser-plasma-átomo / respuesta de impulso térmico / termografía por rayos infrarrojos.	Identificación mínima de polímeros, identificación de ingredientes heteroatómicas; en principio automatizable.
Espectrofotometría de masas.	Detección de productos pirolíticos mediante espectrofotometría de masas.	Demasiado tiempo (1 min.), poco efecto de separación, difícil de automatizar.

5.7 ACONDICIONAMIENTO

El acondicionamiento es el conjunto de todas las operaciones necesarias y conducentes a eliminar partes ajenas del residuo plástico que está siendo adecuado y/o prepararlo para la siguiente etapa de su aprovechamiento.

Las operaciones involucradas en esta etapa pueden incluir, según se requiera:

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

¹ Otras técnicas de separación se presentan en el Convenio de Basilea.

- Rasgado, trozado (grueso)
- Lavado y secado
- Molido, *crispeteado*, aglutinado o triturado (fino)
- Microselección

Esta última operación 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.

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.

5.8 TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS PLÁSTICOS ACONDICIONADOS

Los residuos plásticos que van a ser sometidos al proceso de reciclaje cuando se comercializan deberían cumplir los siguientes requisitos para su transporte:

- Estar debidamente embalados, en balas en caso de materiales compactados o en contenedores o bolsas en el caso de materiales triturados, para protegerlos durante el tránsito. Los materiales empaquetados deberían satisfacer los requisitos de manipulación segura de la parte receptora.
- Estar claramente etiquetados para que se conozca el tipo de material, el lugar de procedencia y el nombre de una persona responsable en la organización que los genera.
- El cliente debería haber recibido la documentación en la que se indiquen el tipo o tipos de residuos plásticos que van a enviarse y las instrucciones de manipulación correspondientes.

5.9 APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS PLÁSTICOS MEDIANTE RECICLAJE

Las tecnologías de aprovechamiento de los residuos plásticos se dividen en cuatro tipos generales de reciclaje: el mecánico posindustrial o primario, el mecánico posconsumo o secundario, el químico o terciario y la incineración con recuperación de energía o cuaternario.

La selección de las técnicas de reciclaje de residuos plásticos debería considerar, además de la viabilidad económica, técnica, legal y ambiental, la obtención de productos que permitan un desempeño seguro y sano. Los materiales plásticos que presenten alta contaminación microbiológica o con sustancias tóxicas, que puedan presentar un riesgo a la salud pública, deben ser sometidos a procesos de tratamiento y disposición ambientalmente controlados.

El reciclaje mecánico de residuos plásticos posconsumo, que hayan tenido contacto con productos tóxicos o peligrosos, requieren de procesos de descontaminación apropiados y un análisis cuidadoso de los usos posteriores. Por ningún motivo, el material recuperado puede

ser utilizado para elaborar productos que tengan contacto directo con alimentos, bebidas, agua potable, productos del sector farmacéutico, y en la elaboración de juguetes. Véase la NTC 5023 sobre plásticos para uso en contacto con alimentos.

El reciclaje químico y la incineración con recuperación de energía de los residuos plásticos debería garantizar un aprovechamiento eficiente de los componentes químicos y la energía almacenada a un mínimo costo ambiental, de lo contrario se estarán fortaleciendo procesos de transferencia de contaminación.

5.9.1 Reciclaje mecánico (posindustrial [primario] y posconsumo [secundario])

El reciclaje mecánico es un proceso físico mediante el cual los residuos plásticos son recuperados permitiendo su posterior utilización en nuevos productos.

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.

Tabla 5. Ejemplos de aplicaciones de los residuos recuperados por tipo de plástico

Plásticos	Aplicaciones de los residuos recuperados
Polietileno Tereftalato (PET)	<ul style="list-style-type: none"> • Parte del material recuperado para reciclaje puede proceder de la producción de polímeros y de procesos de conversión, pero la mayoría de los desechos plásticos de PET para el reciclado se extraen de la corriente de desechos urbanos. • 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. • Otras aplicaciones incluyen: tejas, zunchos, rafias, escobas, cepillos. • El PET contaminado con otros polímeros no es apto para el reciclado mecánico, pero puede utilizarse para el reciclado como materia prima por medios químicos. • Existen equipos y tecnologías para hacer reciclaje de PET llamados “botella a botella”. Es decir, que el recuperado de la 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 posconsumo. Después de juagado, 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. • Materiales para blindaje. • Materiales de relleno para chaquetas.
Polietileno de alta densidad (PE-AD)	<ul style="list-style-type: none"> • Láminas, botellas, barriles para recolectar agua y bidones para compostaje. • La lámina de PEAD de los envases comerciales o industriales se recicla. • El producto recuperado y finamente molido se utiliza también en procesos de moldeo por rotación para fabricar contenedores o tanques. • El material de las botellas y envases plásticos se recicla en nuevas botellas moldeadas mediante soplado o en contenedores mucho más grandes como barriles para agua de lluvia y bidones para compostaje. • El PEAD reciclado es una excelente materia prima para hacer madera plástica o estibas. • Envases soplados para uso en productos no alimenticios, por ejemplo: detergentes, aceites. • Baldes para pintura, minería y cestas para basura. • Contenedores industriales. • Barreras de señalización. • Marcos o perfilaría para ventanas. • Bolsas negras de colores dependiendo de la procedencia.

Continúa...

Tabla 5. (Continuación)

Plásticos	Aplicaciones de los residuos recuperados
<p>Cloruro de polivinilo (PVC)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Los residuos de productos de PVC disponibles son muy diversos. La mayoría (65 %) está constituida por aplicaciones de larga vida útil empleadas en construcción e infraestructura; una fracción menor (25 %) incluye aplicaciones de vida media, como componentes de electrodomésticos o computadores, partes de automóviles o artículos de uso doméstico; la porción restante (10 %) corresponde a productos de vida corta, tales como los envases y empaques. Los primeros se encuentran usualmente como residuos industriales de producción, residuos de construcción o demolición de obras públicas o privadas. Los demás suelen encontrarse presentes en los residuos sólidos urbanos. • Las tuberías, perfiles o paneles de PVC (presentes en marcos usados de ventanas, puertas, revestimientos exteriores) pueden reciclarse en aplicaciones análogas. • 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, baldosas o monofilamento para escobas y cepillos. • El PVC procedente de carcasas de computadores y teclados puede utilizarse en segundas aplicaciones idénticas. • 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. • Los revestimientos para pisos de PVC pueden reciclarse en nuevos revestimientos de pisos o en bases para alfombras. • El PVC presente en membranas para techos o sustratos puede reciclarse en nuevas membranas. • El PVC espumado puede reciclarse en sus aplicaciones originales si se mezcla con material virgen <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 y otros mencionados en la Tabla 6.</p>
<p>Polietileno de baja densidad (PE-BD, PE-LBD)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Bolsas Industriales • Contenedores • Bolsas de uso general • Mangueras para riego dependiendo de la procedencia • Envases para productos no alimenticios. • 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. • El PEBD se utiliza también en el aislamiento y la protección de cables. Los desechos de la producción de cables. • Se utiliza en barreras acústicas. • Perfiles para muebles, contenedores pequeños y macetas. <p>En PEBD puede utilizarse también en productos fabricados a partir de mezclas de plásticos como ocurre con el reciclaje de desperdicios de empaques flexibles.</p>

Continúa...

Tabla 5. (Continuación)

Plásticos	Aplicaciones de los residuos recuperados
Polipropileno (PP)	<ul style="list-style-type: none"> • El PP reciclado puede ser utilizado en varios sectores así: Sector agrícola: Sistemas de aspersión, válvulas, aspersores, cajas de recolección, comederos de aves. Sector marítimo: Protectores para botes, deflectoras, cabos de amarre. Sector de la construcción: Láminas divisorias, reemplazo 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, juguetería, zuncho, elementos decorativos, elementos promocionales, tacones de zapatos, ganchos para colgar ropa, conos y cilindros para embobinado de hilo e hilazas, baldes. • Los residuos de polipropileno mezclados con otros plásticos son utilizables sin problema en las aplicaciones que describe la Tabla 6.
Poliestireno (PS)	<ul style="list-style-type: none"> • Los residuos de poliestireno espumados pueden ser aprovechados para obtener subproductos tales como adhesivos, aprestos, emulsiones, impermeabilizantes y asfaltos modificados. • Los componentes de poliestireno rígido, como las tazas de café, pueden reciclarse en aplicaciones como estuches de videocasetes, equipo de oficina. • 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 mas caro que el material virgen. • Tanto los desechos de poliestireno expandido como rígido se han reciclado con éxito como sucedáneo extraído de la madera. • Artículos inyectados de oficina (papeleras, portalápices, otros elementos de escritorio) • Elementos decorativos • Elementos promocionales • Lamina extruída para aplicaciones publicitarias u otros usos. • Cuerpos de tacones de zapatos • Ganchos para colgar ropa • Conos y cilindros para embobinado de hilo e hilazas • Perfilera de uso arquitectónico o eléctrico • Rejillas y cielorrasos de uso arquitectónico • Divisiones para baño • Componentes para suelas de zapatos • Componente para baldosas o pisos sintéticos • Componente para pegantes industriales • Adoquines aglutinados • Madera plástica para estibas, postes, cercas, estacas • Mezcla para asfaltos • Muebles inyectados (sillas, mesas) • Bidones, baldes para uso industrial • Materas termoformadas e inyectadas para jardinería • Semilleros de uso general

Continúa...

Tabla 5. (Final)

Plásticos	Aplicaciones de los residuos recuperados
Otros Policarbonato (PC) Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS) Estireno Acrilonitrilo (SAN) Poliamida (PA) Nylon Acetales Plásticos compuestos (coextrusión, coinyección, colaminados) Aleaciones de polímeros	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 pero se asimila a ella. Las coextrusiones de varios plásticos y laminaciones a papel y foil de aluminio son los constituyentes principales de los empaques flexibles. <ul style="list-style-type: none"> • Autopartes • Adoquines • Carcazas para electrodomésticos • Teléfonos • Muebles • Laminadas de aglomerado con aserrín y cartón.

Es difícil clasificar los residuos de mezclas de plásticos separados de la corriente de residuos urbanos en plásticos individuales, pero se ha demostrado que es posible producir una mezcla refinada que puede extruirse o moldearse en diversos componentes de sucedáneos de madera u hormigón.

Tabla 6. Ejemplos de aplicaciones de residuos plásticos 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	

5.9.2 Reciclaje químico (Terciario)

El reciclaje químico o terciario es una opción que se lleva a cabo mediante varios tipos de proceso, en los cuales las moléculas de los plásticos son craqueadas (rotas), constituyéndose nuevamente en materias primas básicas, que pueden ser utilizadas por la petroquímica, entre otras, para fabricar nuevos plásticos.

Es una buena opción para aprovechar 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.

El reciclaje químico permite el aprovechamiento de los residuos plásticos con uno de los siguientes fines:

- reprocesar los componentes químicos básicos de los materiales plásticos, para su reutilización en la industria química. Los residuos plásticos se depolimerizan en monómeros que pueden utilizarse de nuevo directamente para la polimerización (quimiólisis) o en materias primas químicas de peso molecular

más bajo (termolisis o craqueo) que pueden utilizarse, como el aceite natural, en reacciones químicas entre las que figura la producción de polímeros.

- utilizar las propiedades químicas reductoras de los residuos plásticos en la producción de otros materiales. (por ejemplo en hornos siderúrgicos para la producción de hierro, estos residuos actúan efectivamente como complemento del coque, como se ha demostrado en diversas experiencias desarrolladas en Alemania desde 1996).

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 comparado con 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.

En la Tabla 7 se presenta una descripción de algunos de los diferentes tipos de reciclaje químico

Tabla 7. Ejemplos de procesos de reciclaje químico

Proceso	Descripción
Pirolisis	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. Ofrecen la ventaja de que no requieren de una separación por tipo de resina plástica, lo que permite aprovechar residuos plásticos mixtos.
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 los siguientes gases de síntesis: 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.
Quemolisis	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.

Continúa...

Tabla 7. (Final)

Proceso	Descripción
Bioquímicas	Algunos polímeros se denominan "biopolímeros" por ser macromoléculas sintetizadas mediante procesos biológicos (biosíntesis). Ejemplos de estos son las proteínas (como albúminas, hemoglobinas, enzimas), los ácidos nucleicos (AD, RNA), los poliprenos (caucho natural) y los polisacáridos. Actualmente a nivel industrial son de interés algunos polisacáridos y políesteres producidos por bacterias. Estos plásticos pueden biodegradarse rápidamente en condiciones ambientales controladas relacionadas con la actividad microbiana, temperatura, el tipo de material y los componentes secundarios entre otras.

Fuente: Fipma y Plastivida, Manual de Valorización de Residuos Plásticos. 3 edición. Buenos Aires, 2001, p 41 y Suarez C. Y Suarez J. Biosíntesis y Caracterización de Polímeros Biodegradables PHAs Mediante Bacterias del Genero Pesudomona. Tesis Faculta Ingeniería Química Universidad Nacional de Colombia 1997.

Algunas de las tecnologías están específicamente diseñadas para tratar los residuos de PVC y se centran principalmente en la recuperación del cloro de una forma útil; algunos de esos procesos permiten la separación de metales pesados. Esos procesos apenas se encuentran en las primeras etapas de desarrollo y comercialización.

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.

5.9.3 Incineración con recuperación de energía (Reciclaje cuaternario)

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. Así mismo, podría haber residuos del proceso de reciclado que no puedan ser reciclados a su vez.

Los plásticos en general tienen un alto valor energético. Cuando se mezclan con otros residuos, los plásticos ayudan a la combustión de residuos húmedos o putrescibles. La siguiente tabla muestra el poder calorífico de algunos materiales plásticos comparado con otros residuos y combustibles.

Tabla 8. Poder calorífico de algunos materiales

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
Poli(cloruro de Vinilo) (PVC)	4 500
Polietilentereftalato (PET)	5 500
Carbón	6 390

Continúa...

Tabla 8. (Final)

Residuo	Poder calorífico inferior (Kcal/kg)
Poliuretano	6 500
Llantas usadas	6 500
Fibras sintéticas	8 300
Engrasantes, aceites y grasas	9 000
Poliestireno (PS)	9 500
Fuel-oil	10 000
Polietileno (PE)	10 200
Gasolina	10 500
Crudo pesado	10 500
Polipropileno (PP)	10 500
Crudo ligero	11 100
Gas Natural	11 400
Gas licuado del petróleo	11 807

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

- **Residuos Plásticos solos (RP):** en este caso se hace necesaria una separación de los residuos plásticos de todo otro tipo de residuos provenientes de la corriente de los residuos sólidos urbanos. De esta manera se obtiene una mezcla de diferentes tipos de plásticos que en conjunto conforman un combustible excelente de altísimo poder calórico.
- **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. Este tipo de residuos puede ser incinerado en hornos habilitados para combustibles sólidos convencionales.
- **Residuos sólidos urbanos acondicionados:** en este caso se separan los elementos no combustibles de la corriente de los residuos sólidos urbanos: metales, vidrio y residuos de comida y de jardín, destinándose a la incineración todo el resto.

Es importante destacar que cualquier tecnología empleada para la incineración con recuperación de energía debería realizarse bajo condiciones controladas que garantice que las emisiones al aire se mantienen siempre por debajo de las exigencias reglamentarias. En general, hay que tener en cuenta las exigencias legales para la realización de esta actividad.

5.10 DISPOSICIÓN EN RELLENOS SANITARIOS

La disposición final de los residuos plásticos no sólo es la última etapa de la gestión integral de los mismos sino además es un componente primordial debido a que los procesos de aprovechamiento no son 100 % eficientes.

Si se ha realizado una adecuada gestión de los residuos plásticos es de esperarse que a los rellenos solo lleguen cantidades mínimas de dichos residuos.

La disposición final debería considerar el diseño y uso de instalaciones previstas para minimizar los impactos ambientales con un control sobre sus reacciones y procesos propios de descomposición mediante procedimientos específicos previamente establecidos.

ANEXO A
(Normativo)

BIBLIOGRAFÍA

A.1 NORMAS ASTM

ASTM D 883:1996, Terminología relacionada con los plásticos

ASTM D 1600:1995, Términos abreviados relacionados con los plásticos

ASTM D 5033:1990, Guía para el desarrollo de normas relacionadas con el uso apropiado de plásticos reciclados

ASTM D 5491:1994, Fuentes de películas de polietileno posconsumo reciclado para materiales moldeados y extruidos.

ASTM D 1972:1994, Generic Marking of Plastics Products.

A.2 NORMAS ISO

ISO 7000:1989/DAM 1, Simbología para uso sobre equipos. Index y sinopsis. Enmienda 1: Simbología para recuperación/reciclaje.

ISO 1043-1:1992, Plásticos. Símbolos y términos abreviados. Parte 1: Polímeros básicos y sus características especiales

ISO 11469:1993, Plásticos. Identificación genérica y marca de productos plásticos.

A.3 NORMA DIN

DIN 6120:1996, Parte 1: Marca de materiales de empaque y empaques para reciclaje. Símbolos gráficos.

A.4 NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS

NTC 3205:1991, Sistema de codificación de resinas plásticas.

GTC 24:2003, Gestión ambiental. Residuos sólidos. Guía para la separación en la fuente y la recolección selectiva.

GTC 86:2003, Guía para la implementación de la gestión integral de residuos - GIR -.

A.5 LIBROS DE CONSULTA

Lund H. Manual McGraw-Hill de Reciclaje. Capítulo 14.

Ehrig R.J. Plastics Recycling: Products and Processes. Hanser Publisher. 1992.

Bisio A. How to Manage Plastics Waste. Hanser Publisher. 1995.

Comisión Técnica – COTEC. Manual de Valorización de los residuos plásticos. Fundación de la industria plástica para la preservación del medio ambiente y Plastivida Argentina. Tercera edición 2003.

Technical Guidelines for the Identification and Environmentally Sound Management of Plastic Wastes and for Their Disposal Draft Version. Thechnical Working Group of the Basel Convention. Marzo 2000.