



TESIS DE GRADO  
EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

CONVENIENCIA DE LAS BOLSAS DE  
POLIETILENO ENTRE SUS ALTERNATIVAS

Autor: Martín Hernán Rubio

Legajo: 44.214

Director de tesis: Ing. Félix J. Jonas

2010



## **RESUMEN BIBLIOGRÁFICO**

Este proyecto final tiene como objetivo proponer una solución definitiva al problema de la contaminación ambiental que provocan las bolsas de polietileno, expendidas en su mayoría por supermercados.

Analizando las alternativas ofrecidas actualmente, se demostrará que ninguna es una solución comprometida con el medio ambiente. Una vez demostrada la conveniencia de continuar con el uso de las bolsas actuales, se analiza la forma de recuperarlas y de reciclarlas.

Se concluirá que el recupero de las bolsas del flujo de residuos urbanos para su posterior reciclado y reutilización en otros productos es la solución de mayor compromiso con el medio ambiente.



## RESUMEN EJECUTIVO

En los últimos años la sociedad ha incrementado su interés por el bienestar del medio ambiente en el que viven. Si bien se ha tomado conciencia sobre algunos fenómenos de la vida cotidiana, como por ejemplo la contaminación de los autos, dejar una luz prendida, determinar una cierta temperatura en el aire acondicionado, todavía hay muchos objetos de los cuales se desconoce el impacto que tienen en el medio ambiente. Un claro ejemplo de esto último es el uso de las bolsas de polietileno, comúnmente expendidas por supermercados.

Estas bolsas, además de cumplir con la función principal de trasladar objetos desde el supermercado hasta la casa de cada uno, también sirven para disponer finalmente los residuos particulares. Las personas suelen especular con estas bolsas a la hora de hacer las compras para luego poder “tirar la basura”, como normalmente se dice en Argentina.

Si bien la primera aparición de las bolsas de polietileno fue en la década de los setenta, su consumo se incrementó estrepitosamente con la aparición de los supermercados. Esto trajo aparejado un problema ambiental muy grave del que muchas personas todavía no toman conocimiento. Hoy en día, además de en los supermercados, las bolsas se pueden encontrar en un espejo de agua asfixiando algún animal, en el campo impidiendo la alimentación de una cabra, en un alambrado de un colegio mientras los chicos juegan, en una boca de tormenta provocando una inundación en la ciudad, etc. Los impactos que tienen estas bolsas son innumerables, y la gente no tiene noción de los mismos.

Si bien muchos gobiernos ya han tomado conciencia sobre la problemática de las bolsas, todavía no logran tomar la contramedida correcta. Ya se ha impuesto su prohibición, su reemplazo y hasta se ha implementado un impuesto para desalentar su uso. Se demostrará que ninguna de estas alternativas es realmente una solución comprometida con el medio ambiente.

*¿Son las bolsas de polietileno un mal necesario?*

Este proyecto final evalúa las alternativas que se ofrecen actualmente mediante un análisis de ciclo de vida, y concluye que las bolsas de polietileno son la opción menos nociva. Finalmente se propone una solución verde para reducir el impacto ambiental de las mismas.



## **ABSTRACT**

In the last years society has increased its concern on the environment welfare, but unfortunately it still does not get aware of the impact generated by the use of certain products. Although we have become aware of the impact of many daily activities, such as car's pollution, leave a light on, set a temperature on air conditioning system, there are still some quotidian objects whose impacts are unknown. A clear example of the latter are polyethylene bags, commonly dispensed at supermarkets.

These bags, besides fulfilling the primary function of carrying objects from supermarkets to houses, are also used as trash bags. People usually speculate with them when grocery shopping in order to take out the trash later.

Although bags' appearance dates from the seventies, its consumption increased precipitously with the advent of supermarkets. This resulted in very serious environmental problem that many people still do not realize. Now a days, bags can be found on many other places besides the supermarkets: on a water mirror choking an animal, on countryside preventing a goat from feeding, hooked on a school playground's wire, on a storm drain flooding a city, and so on. These bags have many environmental impacts, and people are not aware of them yet.

Over the world, bags have been banned, replaced and also taxed in order to discourage their usage. But, even though many governments have become aware of this issue, they still have not found the correct countermeasure. It will be shown that none of today's alternatives is environmentally committed.

*Are polyethylene bags a necessary evil?*

This final project evaluates the alternatives offered nowadays through a life cycle assessment and concludes that polyethylene bags are the least damaging option. Finally, it proposes a green solution for reducing the environmental impact generated by them.



## Contenido

1. HISTORIA Y DEFINICIONES .....	1
1.1 BOLSAS.....	1
1.2 PLÁSTICO .....	2
1.3 POLÍMERO.....	3
1.4 PROCESO PRODUCTIVO .....	3
1.5 POLIMERIZACIÓN.....	5
1.6 TIPOS DE POLIETILENO .....	5
1.6.1 Polietileno de alta densidad (PEAD) .....	6
1.6.2 Polietileno de baja densidad (PEBD) .....	7
1.6.3 Polietileno lineal de baja densidad (PELBD).....	9
2. PROCESOS DE CONFORMADO.....	11
2.1 PELÍCULA TUBULAR SOPLADA POR EXTRUSIÓN.....	11
2.2 PELÍCULA PLANA POR EXTRUSIÓN .....	13
2.3 IMPRESIÓN DEL FILM.....	15
2.4 SELLADO Y CORTE DEL FILM.....	16
3. ESTUDIO DE MERCADO .....	17
3.1 CONSUMO DE POLIETILENO EN ARGENTINA .....	17
3.2 CONSUMO DE BOLSAS EN ARGENTINA .....	19
4. MEDIO AMBIENTE.....	21
5. RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	23
5.1 REDUCCIÓN EN LA FUENTE .....	23
5.2 RELLENO SANITARIO.....	24
5.2.1 Descripción.....	24
5.2.2 Biodegradación.....	26
5.3 VALORIZACIÓN .....	27
5.3.1 Reciclado mecánico.....	28
5.3.2 Combustión controlada con recupero energético .....	31
5.4 QUÉ HACEN EN OTROS PAÍSES.....	35
5.4.1 Europa.....	35
5.4.2 Estados Unidos.....	36
5.4.3 Japón.....	39
5.4.4 Argentina .....	39

6. ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA .....	47
6.1 ALTERNATIVAS .....	47
6.1.1 Bolsas de polietileno .....	47
6.1.2 Bolsas biodegradables .....	48
6.1.3 Bolsas de papel .....	49
6.2 CICLO DE VIDA DE LOS TRES TIPOS DE BOLSAS.....	50
6.1.1 Consumo de energía.....	51
6.1.2 Electricidad .....	52
6.2 OPCIONES DE DISPOSICIÓN FINAL.....	52
6.2.1 Incineración con recuperación energética.....	52
6.2.2 Relleno sanitario .....	53
6.3 DE LA CUNA A LA TUMBA .....	55
6.4 LLUVIA ÁCIDA.....	56
6.5 FABRICACIÓN DE PEAD VIRGEN Y RECICLADO.....	57
7. LEGISLACIÓN.....	63
7.1 LEY N° 1.854 – GESTIÓN INTEGRAL DE RSU .....	63
7.2 LEY N° 992 – LEY DE EMERGENCIA DE HIGIENE URBANA.....	65
7.3 LEY N° 13.868 – PROHIBICIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO .....	65
8. ACCIONES EN EL MUNDO.....	67
8.1 CHINA.....	67
8.2 IRLANDA.....	67
8.3 AUSTRALIA.....	68
8.4 ESTADOS UNIDOS .....	70
8.5 ARGENTINA.....	70
8.6 ACCIONES CORPORATIVAS .....	71
9. PLANTA CLASIFICADORA DE RESIDUOS.....	75
10. USOS DE LAS BOLSAS RECICLADAS .....	81
11. CONCLUSIÓN.....	85

## 1. HISTORIA Y DEFINICIONES

### 1.1 BOLSAS

A fines de la década del cincuenta apareció la primera bolsa de uso comercial, de tipo sándwich. En el año 1966, las bolsas de rollo se tornaron muy populares por su practicidad de uso, como así también las bolsas para pan. Finalmente a mediados de los años setenta, con el surgimiento del primer sistema rentable de manufactura de bolsas, las grandes cadenas comerciales optaron por esta nueva tecnología. Con la aparición de la bolsa tipo camiseta en el año 1982 el plástico fue progresivamente reemplazando al papel. Para mediados de la década del noventa, cuatro de cada cinco negocios de Estados Unidos entregaba bolsas de plástico. Pero a la vez comenzó a crecer la preocupación social por la amenaza ambiental que las bolsas de plástico representaban.

Una bolsa de supermercado pesa en promedio 7 gr y resiste una carga de hasta 10 kg, o sea que resiste 1.700 veces su propio peso. Gracias a los esfuerzos de la industria petroquímica las bolsas han reducido su espesor desde 35 micrones hasta 9 micrones. Esto significa una reducción del 66% en peso de la bolsa.

Cabe distinguir entre dos tipos de bolsas:

- **Bolsa camiseta:** típicamente utilizada en supermercados, su nombre proviene de su forma.



Figura 1.1 - Bolsa tipo camiseta.

- **Bolsas de arranque:** también denominadas bolsas pre cortadas, se usan principalmente para el envasado de alimentos.



Figura 1.2 - Bolsa de arranque o pre cortada.

Estos dos tipos de bolsas se fabrican con polietileno obtenido del gas natural de petróleo, del cual se separa el etano que mediante el proceso de crackeo se transforma en etileno. Éste es posteriormente transformado en polietileno mediante el proceso de polimerización. La composición química es carbono e hidrógeno, por lo que no se trata de una sustancia tóxica que pueda afectar al medio ambiente, aún cuando se lo quema.

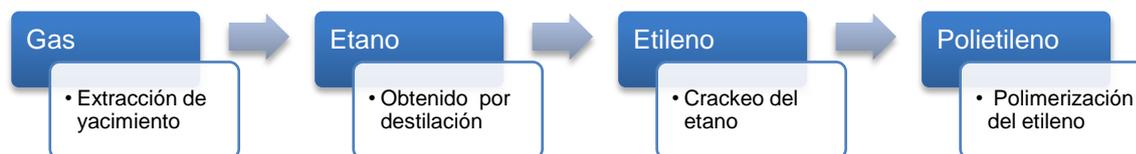


Figura 1.3 - Proceso de obtención del polietileno.

En Argentina el polietileno de estas bolsas es producido en el polo petroquímico de Bahía Blanca a partir del gas natural de las cuencas gasíferas del sur del país. Las bolsas son producidas por los transformadores que convierten los pellets de polietileno en diferentes tipos de bolsas.

En nuestro país la industria petroquímica absorbe tan solo el 2% del gas producido, por lo que la producción de bolsas de PE utiliza un poco menos del 1%. La mayor parte del gas producido a nivel nacional se lo destina a la industria, generación de electricidad, uso residencial y transporte.

Antes de comenzar con el estudio se hará referencia a los elementos y procesos que ayudaron a las bolsas a tener el éxito que tuvieron.

## 1.2 PLÁSTICO

Definición de la palabra “plástico” según la Real Academia Española:

*“Dicho de un material que, mediante una compresión más o menos prolongada, puede cambiar de forma y conservar esta de modo permanente, a diferencia de los cuerpos elásticos.”*

El primer plástico nace en el año 1860 como producto de la búsqueda de un material que lograra reemplazar el marfil natural, cuyas reservas se estaban agotando. Así es como de la mano de John Hyatt surge el celuloide: un hidrato de carbono disuelto en una solución de alcanfor y etanol. Este invento termoplástico resultó ser inflamable y fotodegradable. En los años subsiguientes surgieron un sinnúmero de materiales plásticos de similares características.

En el año 1907 Leo Baekeland inventa la baquelita, el primer plástico de características termoestables formado a partir de la sintetización de moléculas

de fenol y formaldehído. Sus propiedades aislantes, resistencia al agua y ataque de ácidos, permitieron que tenga una gran penetración en el mercado.

Durante la década del treinta, científicos ingleses descubrieron que el gas etileno bajo la acción del calor y la presión formaba un termoplástico, al que denominaron polietileno (PE). Este proceso se estudió detalladamente y se observó que lo que ocurría era una polimerización.

### 1.3 POLÍMERO

Definición de la palabra “polímero” según la Real Academia Española:

*“Compuesto químico, natural o sintético, formado por polimerización y que consiste esencialmente en unidades estructurales repetidas.”*

La definición científica de polímero establece que los monómeros, moléculas de pequeña masa molecular, se unen entre sí por medio de enlaces químicos generalmente covalentes, formando macromoléculas denominadas polímeros.

En el caso de las bolsas de supermercado, el polietileno es el polímero preferido para su fabricación. Su monómero es el etileno, un compuesto orgánico formado por dos átomos de carbono unidos por un doble enlace. El proceso que permite esta unión se denomina polimerización.

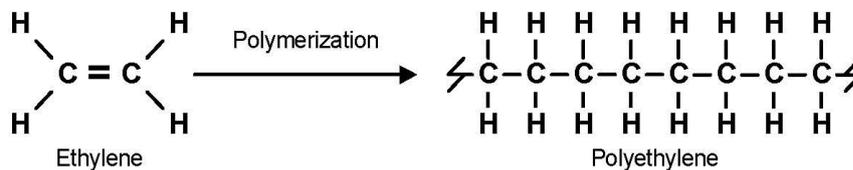


Figura 1.4 - Polimerización del etileno.<sup>1</sup>

### 1.4 PROCESO PRODUCTIVO

El proceso productivo del polietileno surge como consecuencia de estudios realizados sobre los efectos de altas presiones sobre reacciones químicas durante la década del treinta. En la Universidad de Amsterdam se realizó una prueba con etileno y benzaldehído, a 170°C y 140 MPa, que dio como resultado un material sólido, blanco y ceroso, identificado como polímero de etileno. Se encontró que este material, que fundía a 117°C, tenía una alta resistividad eléctrica y que se podía transformar en películas transparentes. Para el año 1937 ya se contaba con la primera planta piloto.

El éxito del nuevo material quedó definido por el destino ya que uno de los científicos, que había formado parte de una fábrica de telégrafos, pensó que

<sup>1</sup> Fuente: [www.coleparmer.com](http://www.coleparmer.com)

podría utilizarse como aislante de cables. Luego de ciertas pruebas de resistencia el material demostró ser propicio para su uso en cables de telefonía, por lo que en el año 1939 se abrió la primera planta comercial de lo que dieron en llamar PEBD o polietileno de baja densidad.

Durante los años cincuenta se desarrolló un nuevo proceso químico con intervención de catalizadores, que permitía la polimerización del etileno a baja presión. El Phillips Petroleum Institute patentó en el año 1953 la polimerización del etileno con catalizadores de trióxido de cromo. Este polietileno era un homopolímero de cadena recta con una alta densidad.

Ese mismo año (1953), Karl Ziegler, del Max Planck Institute de Alemania, descubrió que los catalizadores compuestos de titanio producían polímeros a presiones cercanas a la atmosférica. El polietileno de alta densidad producido mediante este método era más rígido que el de baja fabricación durante los años treinta. El descubrimiento de Ziegler junto a las investigaciones del profesor G. Natta, del Italian Chemical Institute, sirvieron como base para el auge de la ciencia de los polímeros.

La única desventaja de los primeros procesos de Phillips y Ziegler era que el proceso requería de una etapa de eliminación del catalizador. Pero fue Phillips quien descubrió que, en presencia de ciertos disolventes, el polímero tenía la capacidad de precipitarse.

Los catalizadores de Phillips proporcionaban distribuciones más amplias de pesos moleculares, por lo que las resinas producidas por este proceso eran preferentemente usadas para extrusión. Mientras que las resinas producidas por el proceso de Ziegler tenían mejor aplicabilidad en inyección.

Durante los años sesenta, la Union Carbide Corporation descubrió un proceso de polimerización a baja presión que producía polietileno en fase gaseosa, y que además no requería disolventes. Si bien fue revolucionario, limitó la versatilidad del producto ya que era difícil obtener polímeros de diferentes grados. Pero esto, junto a otras investigaciones, originaron las resinas de baja densidad producidas a bajas presiones y temperaturas. Éstas eran hasta un 25% más delgadas y además tenían una resistencia similar a las producidas por alta presión.

Dow Chemical Co. comenzó la producción de polietileno a presiones y densidades bajas, usando un proceso de disolución Ziegler-Natta, comercializándolo como polietileno lineal de baja densidad (PEBDL). Éste consiste en moléculas lineales con ramificaciones laterales, cuyas longitudes quedan determinadas por el comonomero utilizado durante la polimerización. De todos modos, todas las resinas PEBDL son copolímeros con distribuciones

de pesos moleculares estrechas que ofrecen propiedades mecánicas superiores a las del polietileno de baja densidad.

### **1.5 POLIMERIZACIÓN**

Se somete al etileno a una presión del orden de 1.000 atm a 200°C. El polietileno formado, en estado líquido, debe separarse del etileno que no ha reaccionado, el cual puede devolverse al recipiente de polimerización. Esta reacción comienza con la fase de iniciación del radical libre, producto de la presencia de catalizadores, y continúa con la propagación de la cadena de polímero hasta su finalización.

Ciertas variables como la concentración de etileno, temperatura, presión y concentración de catalizador permiten controlar la rapidez de polimerización y peso molecular del polímero.

Las dos grandes dificultades de la producción de PE a gran escala son el manejo de gases a alta presión y el manejo de una reacción altamente exotérmica. El problema de esto último es que un aumento no controlado de temperatura provocaría una disminución en el peso molecular, pudiendo provocar reacciones de descomposición del etileno.

En los primeros trabajos de polimerización a presión elevada se usó el oxígeno molecular como catalizador, el cual oxida rápidamente al etileno generando radicales libres que inician la polimerización. Luego del oxígeno se han hecho pruebas con peróxido de benzoilo y el de di-ter-butilo disuelto en un disolvente orgánico o en el etileno comprimido. Actualmente el catalizador más utilizado a nivel mundial es el Phillips (Cr/SiO<sub>2</sub>), constituido por compuestos de cromo soportados sobre materiales amorfos como el sílice o la alúmina. La temperatura del proceso es el factor más importante en la elección del catalizador.

### **1.6 TIPOS DE POLIETILENO**

El polietileno es un termoplástico utilizado mayormente en la producción de películas (films) y en el moldeo por inyección. Mediante la regulación de la temperatura de fusión, la densidad, el peso molecular, la distribución de pesos moleculares y el grado de ramificación, se pueden optimizar las características del polietileno según su uso final.

### 1.6.1 Polietileno de alta densidad (PEAD)



Se obtiene por polimerización del etileno a baja presión (entre 1 y 200 atm). Su resistencia química y térmica, así como su impermeabilidad y dureza son superiores al de baja densidad.

El PEAD consiste básicamente en cadenas lineales de 200 átomos de carbono. Este alineamiento de las moléculas permite una alta cristalinidad del producto final y una muy baja permeabilidad. La cristalinidad queda definida por la tasa de enfriamiento de la masa de material fundido (las más lentas favorecen el crecimiento cristalino). Estas propiedades junto a una alta resistencia a la rotura por fatiga, hacen del PEAD un material propicio para ser usado como contenedor de sustancias químicas.

Su baja permeabilidad, resistencia a la corrosión y dureza lo hacen propicio para tubos para agua, desagües y gas natural. Su resistencia a la tracción lo hace útil para aplicaciones temporales de carga, tal como bolsas de supermercado. Su alta temperatura de transición vítrea y temperatura de deformación permiten su uso exterior no estructural: muebles de jardín y tachos de basura.

Actualmente existen tres tipos de procesos comerciales de obtención:

- En disolución
- En suspensión
- En fase gaseosa

Algunas de sus características principales son:

- Excelente resistencia térmica y química.
- Muy buena resistencia al impacto.
- Es sólido, incoloro y translúcido.
- Muy buena maleabilidad durante su producción.
- Es flexible, aún a bajas temperaturas.
- Presenta dificultades para imprimir, pintar o pegar sobre él.
- Es atacado por los ácidos, pero resiste agua a 100°C y la mayoría de los disolventes.

Sus principales aplicaciones son:

- Bolsas de supermercado.
- Bolsas para basura.
- Juguetes.
- Elementos protectores (cascos, rodilleras y coderas).
- Envases soplados y botellas (detergentes, lavandinas, artículos de limpieza, productos alimenticios, productos químicos, etc).
- Bidones, tambores, baldes y cajones.
- Frascos para cosméticos.
- Aislante de cables.
- Sector automotriz: recipientes para aceite y gasolina, tubos y mangueras.
- Tachos para basura.
- Platos.
- Redes para pesca.
- Recubrimiento de sobres para correo.
- Acetábulo de prótesis femorales de caderas.

#### 1.6.2 Polietileno de baja densidad (PEBD)



El polietileno de baja densidad, también llamado de alta presión, es un sólido parcialmente cristalino de estructura ramificada que funde alrededor de los 115°C. Se obtiene por polimerización del etileno a presiones entre 1.500 a 3.000 atm, y 200°C con catalizador e iniciación por radicales libres. La polimerización comienza cuando el iniciador se descompone en radicales libres que reaccionan con el etileno, y termina cuando se combinan dos grupos de radicales libres, o cuando un radical hidrógeno se transfiere de una cadena a otra.

Comercialmente se lo obtiene mediante dos procesos bien diferenciados:

- **En autoclave:** se utiliza un reactor autoclave con agitación y flujo continuo, con una relación L/D entre 2:1 a 20:1. A fin de asegurar una buena agitación, el reactor puede estar dividido por bastidores. Mediante este proceso se pueden obtener resinas con un intervalo amplio de distribuciones de pesos moleculares.
- **Proceso tubular:** la relación L/D del reactor utilizado suele ser mayor a 12000:1. La operación continua puede producir un flujo tapón debido a que no hay agitación mecánica dentro del reactor.

En ambos procesos se separa el etileno que no reaccionó del polímero mediante separadores descendentes. Por cada ciclo polimeriza solamente el 30% del etileno, que al salir del separador es extruido a través de una nodulizadora sumergida en agua para formar finalmente gránulos o pellets.

Algunas de sus características son:

- Buena resistencia térmica y química (inerte al contenido).
- Buena resistencia al impacto.
- Flexible y liviano.
- Translúcido.
- Excelente procesabilidad en inyección y extrusión.
- Presenta dificultades para imprimir, pintar o pegar sobre él.
- Resistente a las bajas temperaturas.
- Impermeable.
- No tóxico.

Sus principales aplicaciones son dentro del sector del envase y empaque. A continuación se detallan los usos más comunes del PEBD:

#### Usos blandos

- Bolsas
  - Basura
  - Uso general
  - Industriales
  - Supermercados
  - Alimentos
  - Para suero
  - Tejidas
  - Boutiques
- Agro
  - Película para invernadero
  - Geomembranas
- Película termo contraíble
- Preservativos
- Strech film
- Envasamiento automático
- Base para pañales descartables

#### Usos rígidos

- Caños y tubos
  - Riego y sistemas de irrigación (acequias)
  - Gas
  - Teléfono
  - Agua potable
  - Minería
  - Drenaje
  - Uso sanitario
- Aislante para cables y conductores
- Contenedores herméticos
- Tubos y Pomos (cosméticos, medicamentos y alimentos)
- Cajones para pescados, gaseosas, cervezas, etc.
- Baldes para pintura, helados, aceites, etc.
- Envases para: detergentes, lavandina, aceites de automotor, shampoo y lácteos

### 1.6.3 Polietileno lineal de baja densidad (PELBD)

Se obtiene por polimerización del etileno con un alqueno a baja presión en presencia de catalizadores. Es un termoplástico duro y resistente, cuya estructura presenta un esqueleto lineal con ramificaciones muy cortas y uniformes definidas por el comonomero utilizado. Su temperatura de fusión y resistencia mecánica son superiores a las del PEBD. Su proceso de polimerización requiere de la copolimerización del etileno y el monómero elegido, usando un catalizador. El tipo de comonomero elegido afecta a las propiedades física de la resina (los más comunes son 1-buteno, 1-hexeno y 1-octeno). Las presiones y temperaturas del reactor dependen del proceso utilizado:

- **Lecho fluidificado en fase gaseosa:** utilizado inicialmente para producir PEAD, este proceso sufrió adaptaciones para producir PEBDL. El reactor, que trabaja con una presión de 2.1 MPa y 80-100°C, es alimentado de forma de continua con etileno gaseoso, hidrógeno, un catalizador con titanio y un comonomero. Luego el polímero y el gas se descargan de manera conjunta pero luego son separados. El polímero, en forma pulverizada, es transportado por aire para su almacenamiento o hacia las máquinas de compresión.
- **Proceso en disolución:** en el proceso patentado por Dow, el reactor es alimentado de forma continua con etileno frío, disolvente, un catalizador tipo Ziegler y un comonomero. El reactor es bien agitado a presiones de entre 2 a 5 MPa y una temperatura de entre 150 a 300°C. El polímero fundido es luego extruido y comprimido. El peso molecular del polímero se puede definir mediante la regulación de la temperatura del reactor, la composición del catalizador y con terminadores de cadena.

Sus características principales se detallan a continuación:

- Buena resistencia a la tracción, al rasgado y a la perforación o punción.
- Buena resistencia al impacto a temperaturas muy bajas (hasta -95°C).
- En película posee excelente elongación.

Sus aplicaciones más comunes son:

- Películas encojibles y estirables.
- Redes de contención en construcción vial.
- Costales para productos a granel y de uso pesado.
- Bolsas de basura.
- Geomembranas y acolchados agrícola.



## 2. PROCESOS DE CONFORMADO

Una vez hecha la polimerización y obtenidos los pellets de polietileno, la fabricación de bolsas sigue los siguientes procesos.

### 2.1 PELÍCULA TUBULAR SOPLADA POR EXTRUSIÓN

Como primer paso para la fabricación de una bolsa, los pellets de polietileno deben transformarse en un film, ya sea tubular o plano. Este proceso consta de la extrusión del polímero a través de un dado, seguida de la expansión soplada de tipo burbuja. Este proceso tiene la ventaja de producir el tubo en una sola operación y de forma continua. El espesor de la película se puede regular mediante el volumen de aire dentro de la burbuja y la salida del extrusor.

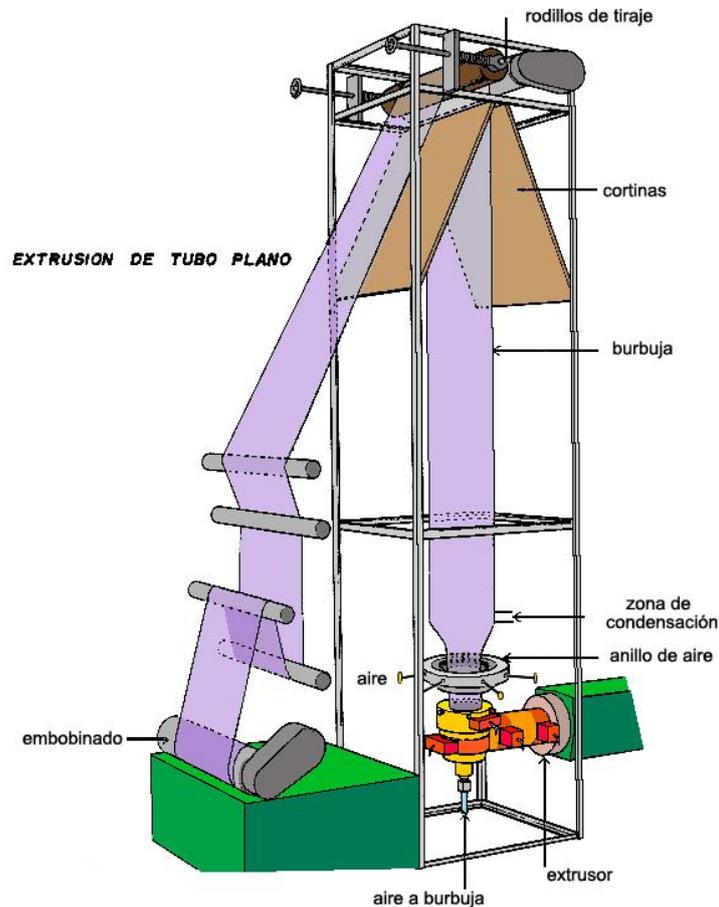


Figura 2.1 - Extrusión de película tubular.<sup>2</sup>

Durante el proceso de extrusión, el polímero granulado y frío cae de la tolva al cilindro contenedor del anillo sin fin. El material va aumentando su temperatura y presión a medida que es empujado por los filetes del tornillo, hasta fundir. El aire excedente regresa en retroflujo y el material homogéneamente fundido es extruido hacia el dado.

<sup>2</sup> Fuente: [www.tecnomaq.com.mx](http://www.tecnomaq.com.mx)

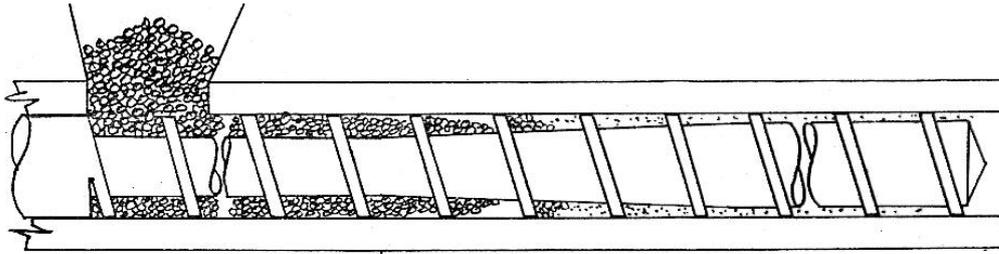


Figura 2.2 - Anillo sin fin de extrusora.<sup>3</sup>

Para el PE se aconseja un largo de tornillo igual a 24 veces su diámetro. Una relación menor no logra homogeneizar el material, y una mayor puede descomponerlo por exceso de permanencia en el cilindro.

Sobre el final del cañón se coloca una placa de acero con agujeros, llamada breaker plate, que sirve para detener la rotación del flujo, filtrar cualquier material extraño y producir una contrapresión dentro de la máquina. Luego del breaker plate se coloca el dado, que puede ser para: película tubular, plana, o para mangueras y tuberías.

Una vez que el flujo de material sale de la extrusora se lo dirige hacia el dado que consta de dos cuerpos diametrales, uno interior y otro exterior, que dejan un espacio anular entre ambos por donde sale el PE fundido en forma de tubo. Luego es enfriado con aire del exterior que es uniformemente repartido por un anillo distribuidor.

---

<sup>3</sup> Fuente: [www.tecnomaq.com.mx](http://www.tecnomaq.com.mx)

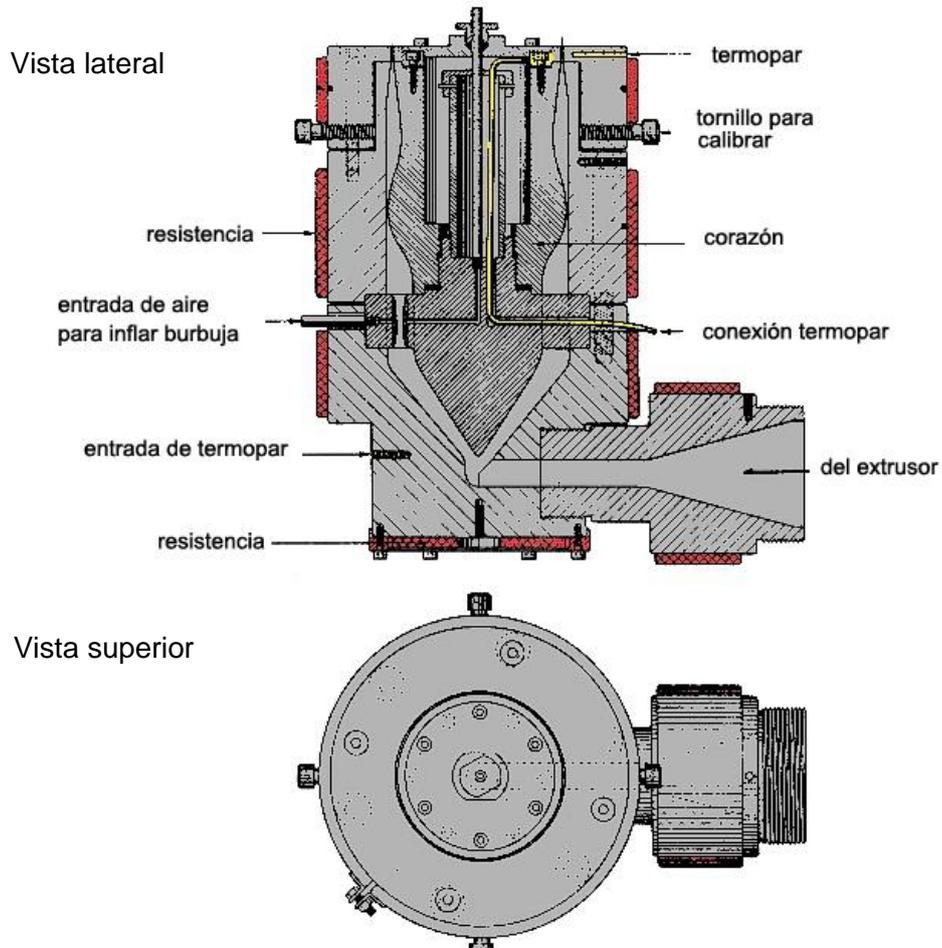


Figura 2.3 - Dado para extrusión de película tubular.<sup>4</sup>

Una vez que sale del dado, el grosor de la película es regulado mediante la presión de aire en el interior y por el trabajo de estiramiento de los rodillos de tiro, tipo nip-rolls, ubicados en la parte superior de la estructura, previo aplastamiento mediante unas placas o cortinas en ángulo. Al solidificar el polímero, el tubo se estabiliza y se lo dirige hacia una pantalla por debajo de los rodillos. Luego se puede desarrollar cualquiera de los procesos auxiliares, como tratado, corte, sellado o impresión. La película terminada se puede transformar en rollos utilizando una bobinadora o se la puede conectar en línea a una máquina para hacer bolsas.

## 2.2 PELÍCULA PLANA POR EXTRUSIÓN

El dado está formado por dos piezas del mismo largo que el ancho de la película a extruir. Por medio de tornillos de ajuste, ubicados a lo largo del dado se logra el ajuste perfecto.

<sup>4</sup> Fuente: [www.tecnomaq.com.mx](http://www.tecnomaq.com.mx)

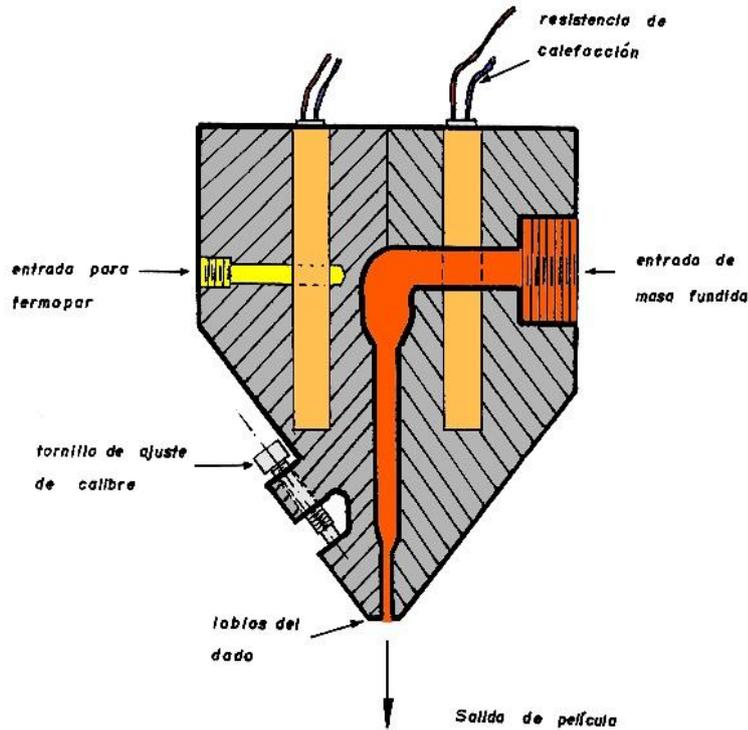


Figura 2.4 - Dado de extrusión para película plana.<sup>5</sup>

Al salir del dado, el material fundido en forma de película cae sobre una serie de rodillos enfriados por agua para alcanzar la temperatura ambiente. Luego, otros rodillos llevan la película al sistema de bobinado. Este proceso ensancha la película, la cual es recortada a la dimensión requerida.

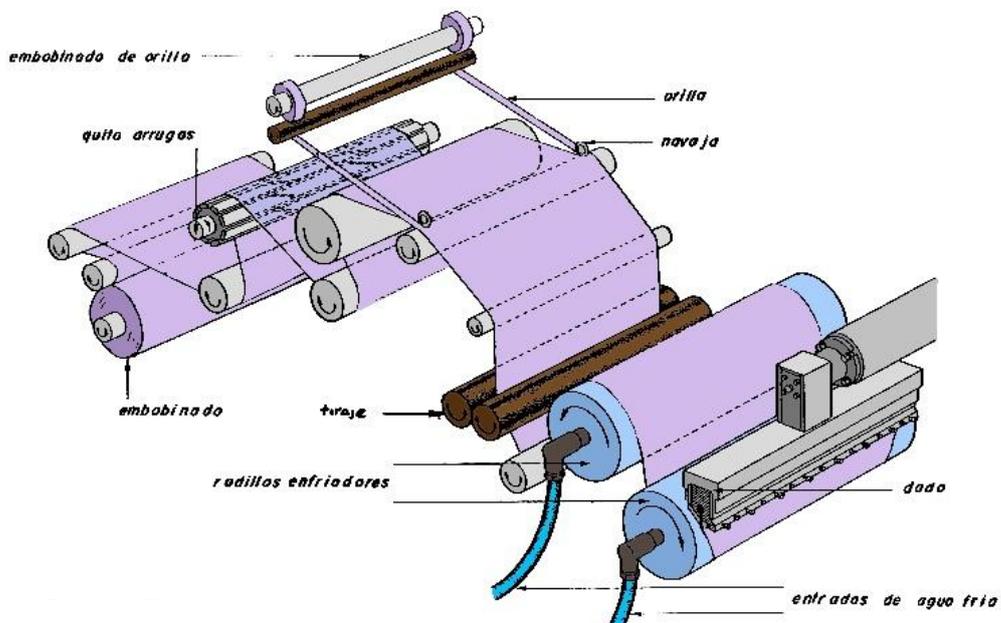


Figura 2.5 - Sistema de rodillos enfriadores y de bobinado.<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Fuente: [www.tecnomaq.com.mx](http://www.tecnomaq.com.mx)

Mediante estos dos procesos de extrusión detallados, película tubular o película plana, se pueden obtener los siguientes bobinados de film:

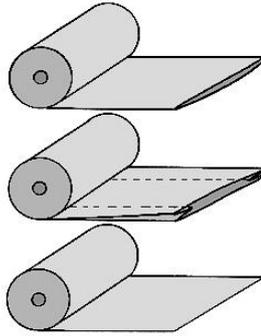


Figura 2.6 - Bobinados de películas tubulares y planas.<sup>6</sup>

La película hasta aquí producida puede tener muchos usos pero no se puede imprimir.

### 2.3 IMPRESIÓN DEL FILM

Como la superficie de PE es químicamente inerte no admite adhesivos ni tintas, por lo que se deben romper algunas ligaduras de las moléculas superficiales para activarla. Los dos métodos utilizados para esto son: descarga eléctrica de alto voltaje (corona), o acción de la zona oxidante de una flama.

Si se desean imprimir grandes tiradas desde una bobina, el flexografiado es la opción más económica. El medio de transferencia queda definido por una lámina de elastómero, la cual es fotoquímicamente atacada a partir de un negativo. Esta lámina con relieve se monta en un rodillo sobre el que pasa el film. En la figura 2.7 se puede apreciar que el rodillo 1, de caucho natural, se encuentra continuamente sumergido en la tinta. El contacto con el rodillo 2 permite eliminar el exceso, pero en él la tinta queda alojada en pequeños huecos. Esa tinta es aplicada en el cliché montado en el rodillo 3. Entre este último y el 4 pasa el material sobre el cual se desea imprimir. La tinta se traspasa del cliché al film, pasando luego a la zona de secado.

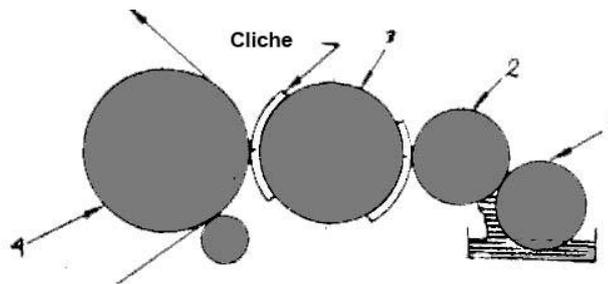


Figura 2.7 - Bobinas de flexografiado.<sup>6</sup>

<sup>6</sup> Fuente: [www.tecnomaq.com.mx](http://www.tecnomaq.com.mx)

## 2.4 SELLADO Y CORTE DEL FILM

Luego del estirado de la película tubular mediante rodillos, la misma es transportada a la selladora/cortadora, acciones que suceden de forma casi simultánea, dependiendo de la velocidad de la línea.

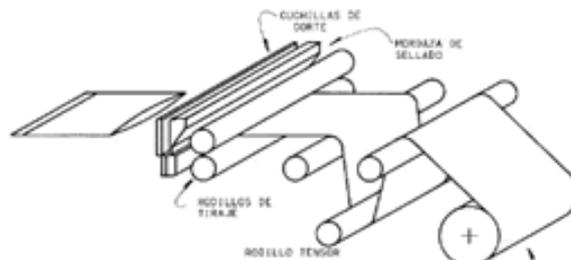


Figura 2.8 - Sellado y corte de bolsas.<sup>7</sup>

Otra forma de hacer una bolsa es doblando por la mitad la película plana, sellándola y cortándola al mismo tiempo.

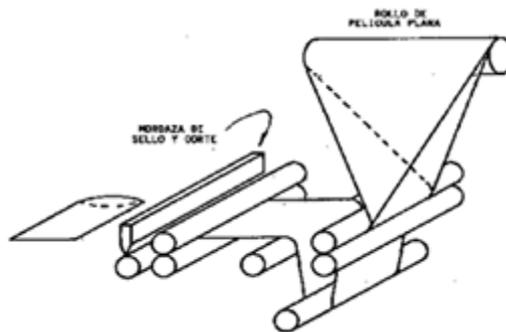


Figura 2.9 - Bolsas a partir de película plana.<sup>7</sup>

En caso de usar una película tubular se puede duplicar el rendimiento obteniendo dos bolsas por operación:

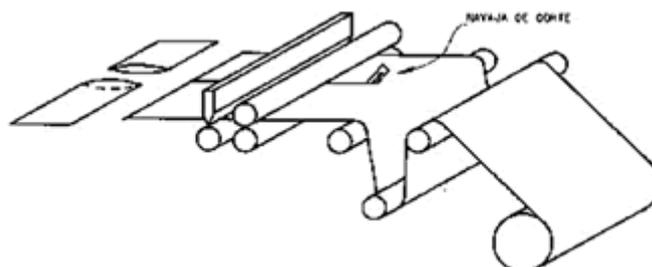


Figura 2.10 - Corte de film de tubular.<sup>7</sup>

En el caso de las bolsas tipo camiseta, las asas quedan definidas por un proceso de troquelado con la forma de las mismas.

<sup>7</sup> Fuente: [www.tecnomaq.com.mx](http://www.tecnomaq.com.mx)

### 3. ESTUDIO DE MERCADO

#### 3.1 CONSUMO DE POLIETILENO EN ARGENTINA

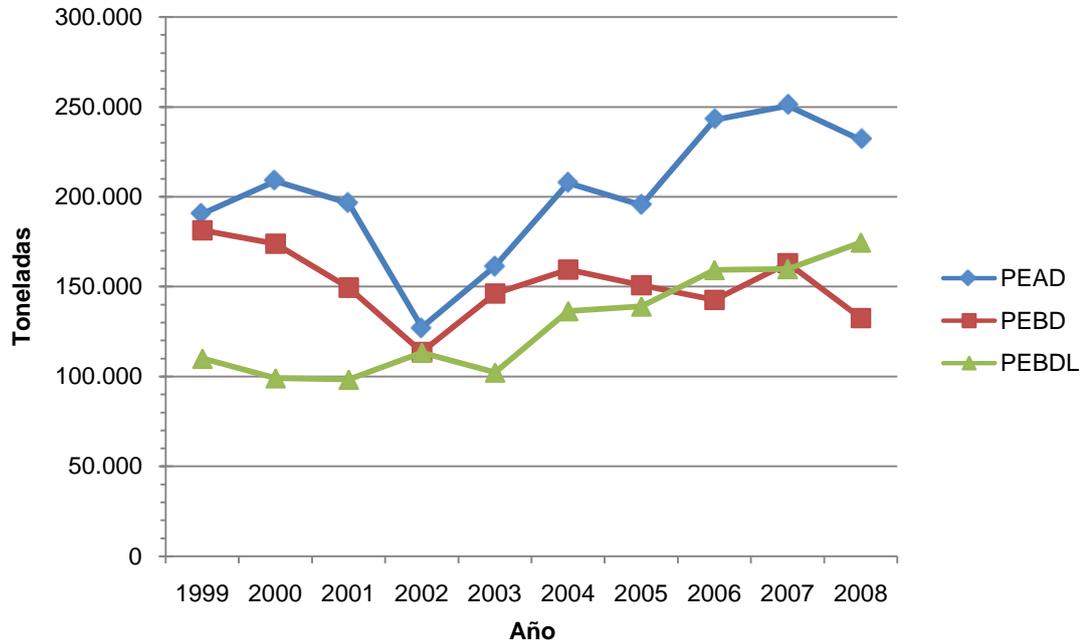


Figura 3.1 - Consumo aparente de PE en Argentina.  
 [Consumo aparente = producción nacional + importación-exportación]<sup>8</sup>

Como se puede observar en la figura 3.1, el consumo de PE en Argentina se mantuvo constante a excepción de la crisis del año 2002. Sobre el final de la serie, el PEAD tomó una pequeña ventaja con respecto al PEBD y el PEBDL, producto de la adopción del material para un mayor número de usos. Esto se debe a que el PEAD es un tanto más versátil y económico que otros productos utilizados para la producción de films y envases rígidos.

Pese al aumento mundial del consumismo en los últimos años, el volumen anual de plásticos no aumentó en la misma proporción debido a la reducción de su espesor. Esta actividad, llamada de reducción en la fuente, es gracias a la inversión de las industrias en investigación y desarrollo.

<sup>8</sup> Fuente: Cámara Argentina de la Industria Plástica.

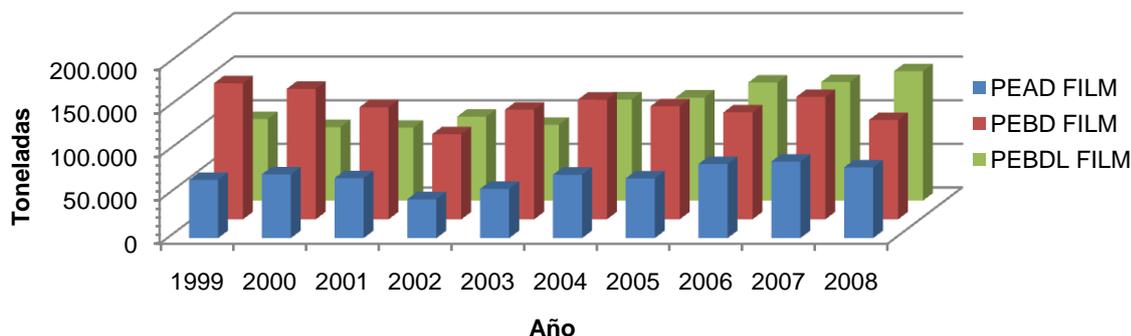


Figura 3.2 - Producción de films por año en Argentina.<sup>9</sup>

La figura 3.2 subdivide la producción de films (planos y tubulares) según el tipo de polietileno. Aquí también se observa el impacto de la crisis del año 2002, pero hay que destacar que el menos afectado fue el PEBDL. Si bien en un principio el PEBD casi duplicaba la producción de PEBDL, en los años subsiguientes ambos se dieron pelea mutua hasta que finalmente en el 2008 el PEBDL sacó una clara diferencia del 31%.

Comparando la información que se desprende de la figura 3.1 con la de la 3.2, se concluye que si bien la resina PEAD tuvo un mayor consumo, el PEBDL tuvo mayor participación en la producción de films y bolsas. La participación del PEAD creció en lo que respecta a usos rígidos.

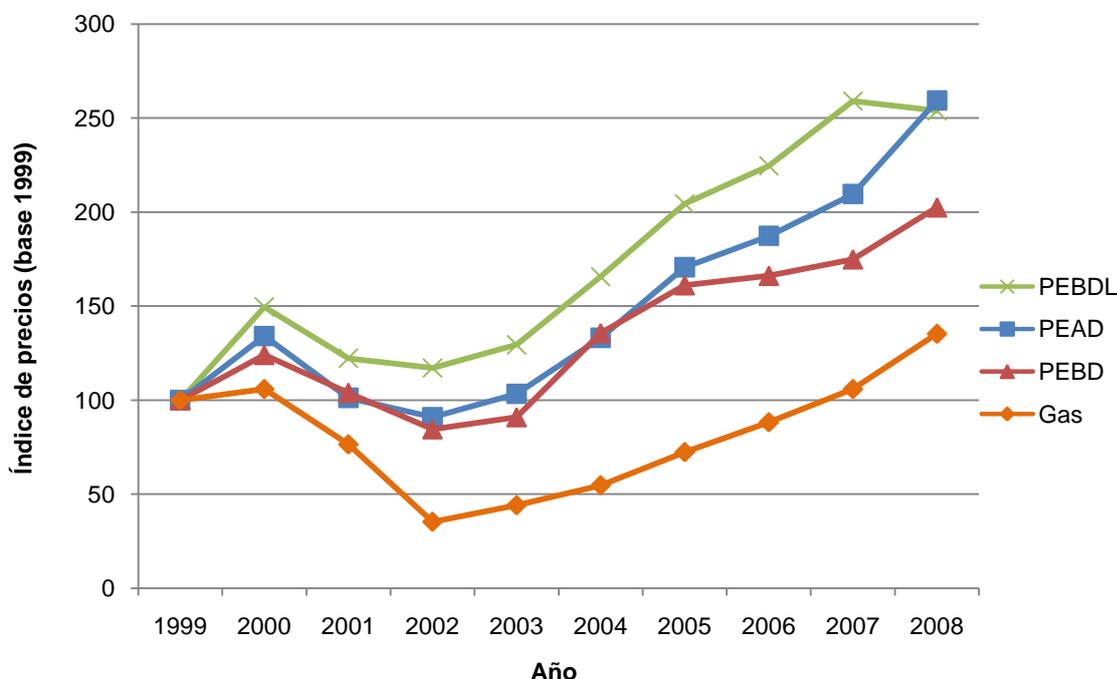


Figura 3.3 - Evolución de precios de resinas y gas natural, base 1999.<sup>10</sup>

<sup>9</sup> Fuente: Cámara Argentina de la Industria Plástica.

<sup>10</sup> Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

En la Argentina, el polietileno es producido a partir del gas natural. Este hecho se refleja en la figura 3.3 ya que la evolución de precios del polietileno sigue la misma tendencia que la del gas natural. El PEBDL es un poco más caro que el resto ya que su proceso de fabricación es un tanto más complejo. Los precios del PEAD y el PEBD se mantuvieron prácticamente iguales hasta el año 2005, a partir de donde el PEAD aumenta su participación en el mercado.

### 3.2 CONSUMO DE BOLSAS EN ARGENTINA

Las bolsas plásticas son utilizadas principalmente por supermercados de todo el país. También son distribuidas por almacenes y comercios de consumo masivo en general en menor volumen. Su función principal es la de transportar productos desde la boca de expendio hasta las casas de las personas. Pero una vez cumplida su función primaria, son reutilizadas como bolsas de basura. Es más, la gente suele especular con las bolsas de supermercados para tirar la basura y no tener que comprar bolsas específicas para tal fin.

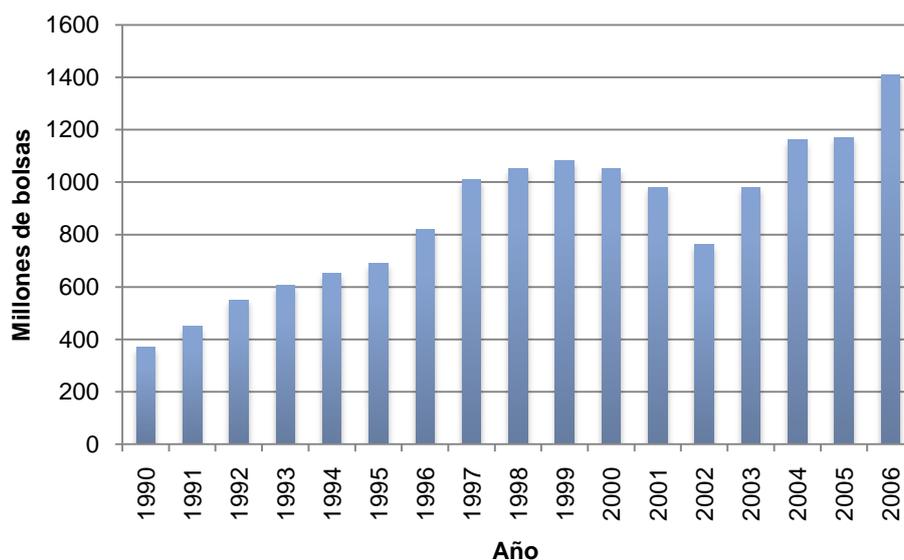


Figura 3.4 - Consumo aparente de bolsas en Argentina.<sup>11</sup>

En la figura 3.4 se puede observar que la crisis económica del año 2002 hizo caer el consumo casi un 30%. Si bien actualmente se está alcanzando un consumo de casi dos mil millones anuales de bolsas de plástico, el horizonte se está opacando para la industria petroquímica de las bolsas ya que la crisis ambiental generada por el uso de bolsas está tomando alcance mundial.

<sup>11</sup> Fuente: Plastivida Argentina



#### 4. MEDIO AMBIENTE

Una bolsa de plástico que ha sido “tirada a la calle” será llevada por el viento hasta que queda atrapada en un árbol, un cerco, tape una cloaca o llegue a un curso de agua. La fauna marina puede resultar dañada de las siguientes maneras:

- Asfixia por obstrucción de la garganta.
- Al ingerirla llena la capacidad estomacal del animal, entonces no consume más alimentos.
- Infectándolos con toxinas que pueden resultar venenosas.
- Enredando al animal, provocando su ahorcamiento, corte o incluso limitando su crecimiento.



Figura 4.1 - Daño de una bolsa a un lobo marino.

Los residuos encontrados en el agua son considerados peligrosos para todas las criaturas acuáticas. Los estudios sobre el tema hablan de desechos en general no tratan las bolsas de basura de forma individual.

Las bolsas de plástico forman parte de residuos junto a envoltorios de alimentos, botellas, redes de pesca, etc. Un estudio de 1997 estableció que al menos 267 especies habían sido afectadas por enredo e ingesta de residuos, incluyendo tortugas, pájaros, mamíferos marinos, peces y crustáceos. El enredo en las bolsas puede lastimar a los animales, incluso dejarlos inmóviles o ahorcarlos. Los pájaros, mamíferos y, sobre todo las tortugas, pueden tragarse las bolsas impidiendo su capacidad de comer, respirar y nadar. Se piensa que las tortugas confunden las bolsas con uno de sus alimentos naturales, las medusas. Las ballenas pueden tragarse las bolsas inadvertidamente mientras se alimentan, alojándose en su estómago de forma permanente.



Fig. 4.2 - Confusión de una bolsa con una medusa.



Fig. 4.3 - Daño a animales de campo.

Los animales de tierra firme tampoco están a salvo. Vacas, caballos y cabras, también pueden comerse las bolsas plásticas que se encuentran en el suelo, arbustos, árboles o en cercos. El impacto en ellos es el mismo descrito para los animales marinos.

Durante una campaña internacional de limpieza de costas en el 2002, realizada en 100 países, las bolsas de plástico representaron un 5,4% del total de residuos encontrados. Las mismas resultaron ser el octavo contaminante más común encontrado en cursos de agua, y las primeras en un listado de peligrosidad. De todos los animales encontrados muertos, el 3.1% estaba enredado en una bolsa de plástico.

La US National Oceanic Atmospheric Administration encontró que los plásticos en un ambiente acuático pueden tomar más tiempo en descomponerse debido a las bajas temperaturas, estimando unos mil años para dicho proceso.

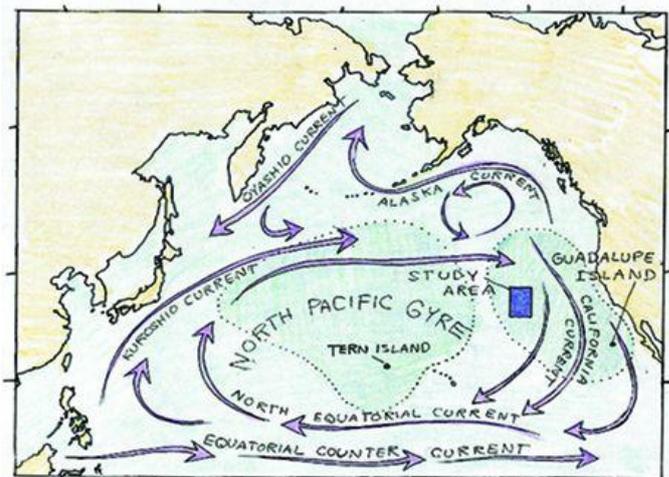


Figura 4.4 - Concentración de residuos en el océano.

La North Pacific Gyre es un área ubicada a 500 km de la costa de California, donde convergen varias corrientes circulares oceánicas. Las mismas crean una acumulación de residuos, en especial plásticos. Como los mismos no se degradan, se acumulan todos los residuos de países del pacífico norte.

## 5. RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

Tanto las bolsas de polietileno como todos los productos que cumplen con su vida útil se transforman automáticamente en basura, considerados a nivel general como un residuo sólido urbano (de ahora en más RSU).

La explosión demográfica del siglo XX produjo un aumento sostenido de la tasa de generación de residuos. La población creció de 1,5 a 6,5 mil millones de habitantes, y junto a ella creció la calidad de vida, la cual hizo que cada habitante consumiera más productos. La necesidad de envasar dichos productos de consumo doméstico también contribuyó a la generación de residuos, fenómeno que se demuestra con el aumento de la cantidad de plásticos presentes en el flujo de basura.

Dicho aumento del consumo de bienes trae aparejada la problemática de las bolsas de supermercado. El consumo de éstas crece al mismo ritmo que el consumo general de todo tipo de producto. Hoy en día son reutilizadas en su mayoría como bolsas de residuos.

### 5.1 REDUCCIÓN EN LA FUENTE

*“La mejor forma de manejar cualquier tipo de residuo es no crearlo en primer lugar.”*

Gracias al avance de la tecnología, las bolsas de supermercado han podido reducir su espesor un 70% sin ceder en ningún aspecto su performance. En 1976 el espesor promedio del film era de 0,0575 mm, y para 1989 ya era de 0,0175 mm. En simples palabras, esto permite hacer la misma cantidad de bolsas pero con menos cantidad de material.

Otro claro ejemplo de reducción en la fuente es el del film de polietileno utilizado en los alimentos. La tecnología favoreció el medio ambiente ya que con un 25% menos de espesor los alimentos siguen igual de protegidos que antes, lo que también se traduce en una reducción de residuos. Cabe señalar que el film en alimentos ayuda a alargar su vida, por lo que también se reduce la cantidad de residuos.

El film combinado con otros materiales también genera una reducción de residuos. Un caso de estudio es el café, que antiguamente era envasado en latas de metal, pero con el correr de los años se reemplazaron por tetrabricks de plásticos laminados con aluminio. Hablando de números, 29.25 kg de café requieren 7.65 kg de latas de aluminio o 1.35 kg de tetrabrick. Si bien las latas de aluminio pueden reciclarse, se debería hacerlo como mínimo en un 83,4%

para que sea ambientalmente rentable, pero en 1995 la tasa era del 65,8%. Esto también trae aparejada una reducción de contaminación y costos de transporte, es decir, se necesitan menos camiones y menos viajes para llevar la misma cantidad de producto. Como resultado se reducen el uso de fuentes de energía no renovable y la contaminación del medio ambiente.

Otro claro ejemplo de los avances tecnológicos de la industria petroquímica que impulsa la reducción en la fuente es el de envases de yogurt. El mismo, en los años 70 pesaba 6.5 gr, y hoy pesa casi la mitad, 3.5 gr, ofreciendo además mejores cualidades mecánicas y químicas.

Un aspecto que atenta contra la reducción en la fuente es la sustitución de la compra a granel por la modalidad de aprovisionamiento en supermercados. Esto hizo que la cantidad de envases aumente en el flujo de residuos urbanos. El consumo de bolsas de polietileno también sufrió un claro aumento con la aparición de los supermercados, principales expendedores de bolsas.

Actualmente, cuando un producto termina de cumplir con la función para la cual fue creada, sigue uno de los siguientes caminos:

- Es dispuesto en un relleno sanitario.
- Es valorizado:
  - Reciclado mecánico.
  - Combustión controlada con recuperación energética.
  - Reciclado químico.

## 5.2 RELLENO SANITARIO

### 5.2.1 Descripción

Un relleno sanitario es *“una técnica para la disposición final de los residuos sólidos en terrenos, sin causar perjuicio para el ambiente y sin ocasionar molestias o peligros para la salud, ni el bienestar y seguridad pública”*<sup>12</sup>.

Años atrás, los residuos se disponían en terrenos baldíos o eran quemados a cielo abierto. El daño ambiental que estas prácticas generaban comenzó a afectar la calidad de vida de quienes circundaban las zonas en cuestión. Como consecuencia surgieron problemas como la contaminación de espejos naturales y napas subterráneas, generaciones de gases de efecto invernadero, diseminación de residuos, olores y concentración de animales e insectos. Posteriormente, la disponibilidad de tierras para tal fin comenzó a ser una preocupación ya que las mismas se acabarían en el futuro.

---

<sup>12</sup> Definición de la ASCE (American Society of Civil Engineers)

Con el aumento de las costumbres consumistas de los seres humanos, los países más pudientes tuvieron que invertir en investigación a fin de encontrar alguna solución amigable con el medio ambiente. En cambio, aquellos países en desarrollo se vieron desbordados por el aumento de la generación de residuos. Es así como los rellenos sanitarios se popularizaron como la mejor opción, comprometiendo el medio ambiente en aquellos casos que no realizaron un correcto control ambiental del mismo.

La ventaja del relleno sanitario frente a la disposición a cielo abierto es que los residuos se encuentran aislados del ambiente hasta que se estabilizan y se tornan inocuos mediante procesos naturales biológicos, químicos y físicos.

Los dos requisitos básicos que todo relleno sanitario debe cumplir son:

1. Compactar los residuos para optimizar el uso de las tierras.
2. Controlar y prevenir el impacto ambiental.

A continuación, en la figura 5.1 se detalla la estructura de un relleno sanitario:

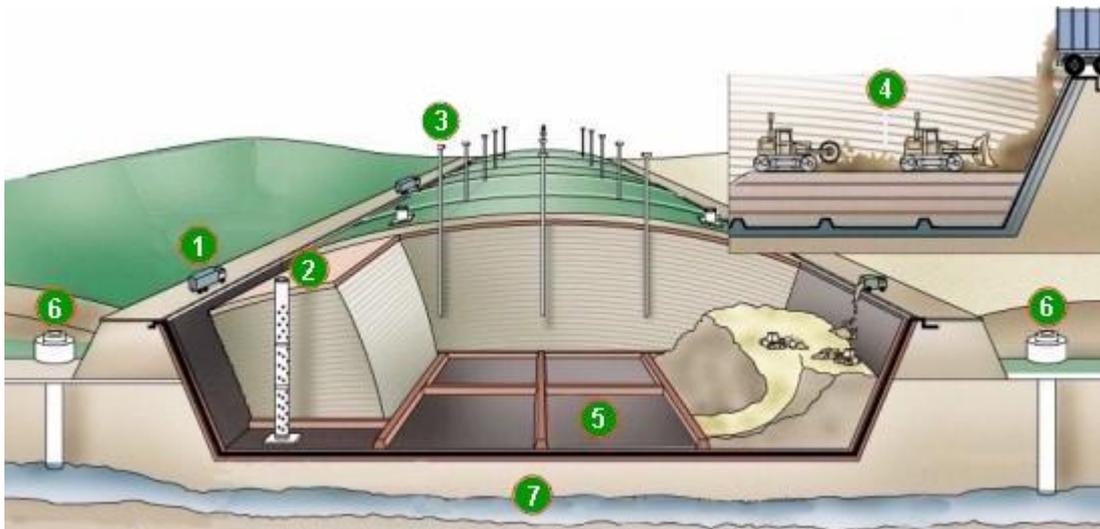


Figura 5.1 - Corte transversal de un relleno sanitario.<sup>13</sup>

1. Módulos: el área se divide en módulos. Los camiones circulan por terraplenes hasta el módulo que se está llenando.
2. Extracción de líquidos: deben ser retirados para ser tratados.
3. Tubos de monitoreo de gases: la descomposición de los residuos produce gases, principalmente metano, que se elimina por venteo.
4. Maquinaria: la basura debe ser tapada cada día con una capa de tierra compactada de 20 cm.

<sup>13</sup> Fuente: CEAMSE - Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad y Estado.

5. Impermeabilización: el relleno debe estar aislado para evitar que la filtración de líquidos contamine las napas. La base se cubre con polietileno de alta densidad.
6. Pozo de control: para tomar muestras de agua de la napa.
7. Napa freática.

Desde la instalación hasta luego del cierre de un relleno sanitario, el ente regulador debe comprobar que no se esté contaminando el medio ambiente (aire, suelo, aguas subterráneas y superficiales circundantes).

La degradación de la materia orgánica y la infiltración del agua de lluvia, que al percolar la masa de desechos disuelve, extrae y transporta los distintos componentes sólidos, líquidos o gaseosos presentes en los residuos, genera un líquido llamado lixiviado. Éste se debe extraer y transportar a plantas de tratamiento.

Tanto el fondo como los taludes deben ser impermeabilizados a fin de prevenir la contaminación de suelos y aguas circundantes. Para esto se debe contar con una capa de suelo de baja permeabilidad (barrera geológica). De no contar con ella, se debe colocar una membrana flexible impermeable para completar el cierre hidráulico, generalmente hecha de polietileno.

### **5.2.2 Biodegradación**

Según la definición de la American Society for Testing & Materials (ASTM), un plástico es degradable cuando su estructura química puede sufrir cambios significativos que resultan en una pérdida de ciertas propiedades. Si es descompuesto por entes biológicos, fundamentalmente microorganismos (bacterias, moho, etc) que lo transforman en sustancias simples o componentes menores que luego se diluyen en el ambiente, el material es considerado biodegradable. Los productos de la degradación aeróbica son agua, dióxido de carbono, y en algunos casos metano. Recordemos que los últimos dos son los principales generadores del efecto invernadero.

Los 3 componentes esenciales para que ocurra la degradación son:

- Un sustrato a ser degradado (materia orgánica).
- Un agente que efectúa la degradación.
- Un ambiente con características específicas: humedad, oxígeno en estado molecular si es aportado por el aire, o el aportado por las sales (ejemplo sulfatos) en los procesos anaeróbicos, con su correspondiente generación de gas metano y agua.

Ante la ausencia de humedad y oxígeno, y junto a un grado de acidez y temperaturas que no son las correctas, la vida bacteriana en un relleno sanitario es casi nula. Es por este motivo que la degradación causada por agentes vivos se ve muy reducida.

Un estudio realizado por el arqueólogo estadounidense William Rathje, de la Universidad de Arizona, demostró que la velocidad de descomposición de los componentes orgánicos dentro de un relleno sanitario era muy baja. Luego de realizar excavaciones en 14 predios de Estados Unidos, encontró materiales orgánicos en perfectas condiciones que todavía seguían siendo reconocibles. Un claro ejemplo es la siguiente foto de un diario encontrado de 15 años de antigüedad que todavía podía ser perfectamente leído.



Fig. 5.2 - Un diario de 15 años de antigüedad encontrado en un relleno sanitario.

La estructura de un relleno sanitario hace que las bacterias aeróbicas no tengan el suficiente oxígeno ni agua que necesitan para su accionar sobre elementos orgánicos. Es por ellos que la degradación es realizada por bacterias anaeróbicas, que no son tan rápidas como las primeras.

El plástico, por ser un material inerte, no produce lixivias y no contribuye a la producción de metano, gas generado por la degradación de materiales inorgánicos. Es por esto que el film plástico en los rellenos sanitarios no representa ningún peligro. No solo no es una amenaza sino que presenta una ventaja sobre otros residuos: tiene poco volumen y es fácilmente compactable.

### 5.3 VALORIZACIÓN

Sin tanta inversión, pero con mucha concientización, el recupero de materiales podría maximizar el rendimiento de los rellenos sanitarios, incluso podría generar un beneficio a la sociedad mejorando la calidad de tierras marginales.

La valorización es el proceso por el cual un material post-consumo es transformado en un recurso nuevo: nuevos productos, combustible, energía eléctrica, calor, etc.

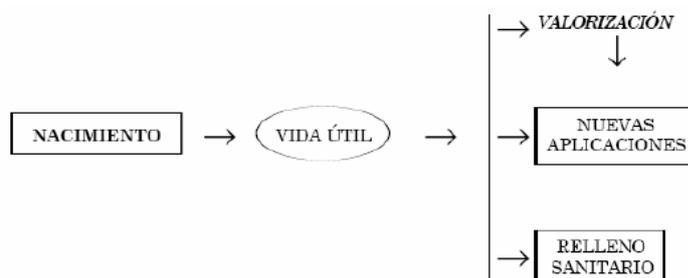


Figura 5.3 - Posición relativa de la valorización.<sup>14</sup>

Con los avances tecnológicos en materia de reciclado de residuos surgieron métodos de reaprovechamiento como el reciclado mecánico, la combustión con recuperación térmica y el reciclado químico. La elección del método más apropiado se puede definir por un estudio ambiental llamado “análisis de ciclo de vida”, es decir, considerar todos los impactos de los productos desde que son originados hasta que son finalmente dispuestos. Cabe mencionar que hoy en día estos métodos de reaprovechamiento son complementos de los ya mencionados rellenos sanitarios.

### 5.3.1 Reciclado mecánico

Consta de la recuperación del plástico post-consumo (residencial) o post-industrial (scrap), su transformación físico-mecánica, y su posterior reuso.

- ✓ Residencial: a la hora de reciclar, los plásticos recuperados del flujo de residuos sólidos urbanos, se los divide según su calidad en:
  - Simples: aquellos que fueron separados según tipo de resina.
  - Mixtos: los diferentes tipos de plásticos están mezclados, restando calidad al producto final.
  - Mixtos combinados con otros componentes: plásticos mezclados con papel, cartón, etc.
  
- ✓ Scrap: son los residuos provenientes de los procesos de fabricación de la industria petroquímica y de la transformadora. Por lo general es más fácil de reciclar ya que su recolección es homogénea, es decir, presenta un solo tipo de resina y no contiene contaminantes (cintas, adhesivos, tintas, etc.). Algunos procesos industriales, como el termoformado y el

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

soplado, cuentan con una tecnología que permite que la máquina recicle automáticamente el material.

A grandes rasgos el esquema del proceso es el siguiente:

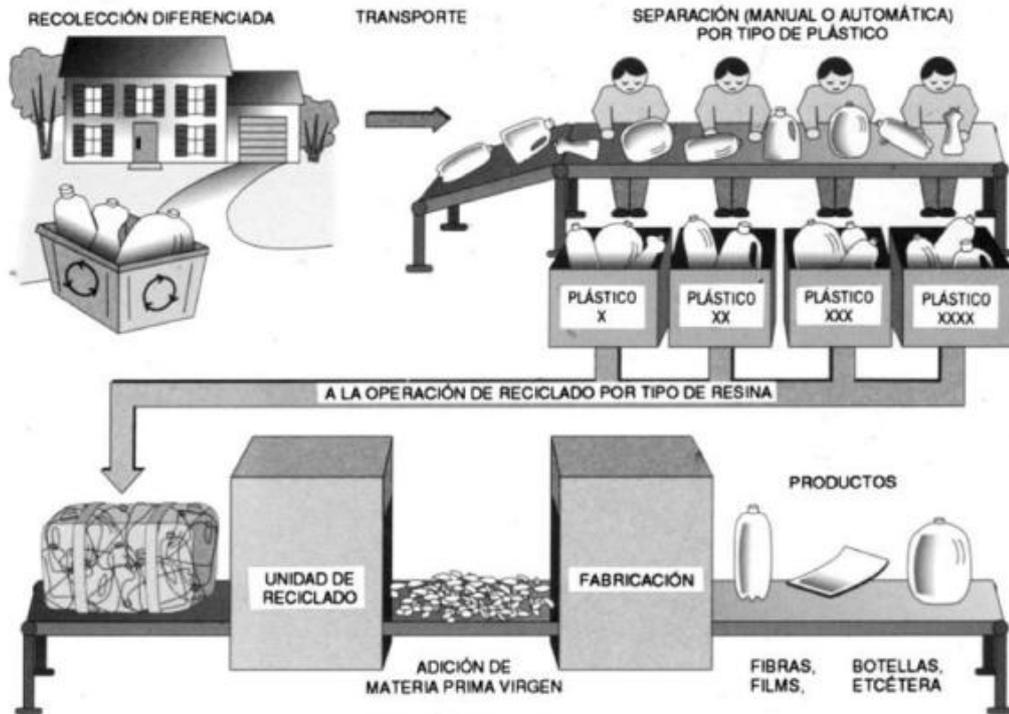


Figura 5.4 - Esquema de reciclado mecánico.<sup>15</sup>

- Recolección diferenciada: el sistema comienza por la recolección de los residuos. Es preferible que previamente se hayan diferenciado en su origen para aumentar tanto la calidad del material como la productividad del proceso. Ambos parámetros deben ser maximizados en pos de un mayor rendimiento económico de la actividad.
- Transporte: consta de la logística del material desde los domicilios hasta los centros de reciclado.
- Separación por tipo de plástico: en una cinta clasificadora se separan los plásticos y demás materiales de acuerdo a sus propiedades.
- Unidad de reciclado: consta del proceso de reciclado mecánico, que básicamente es el siguiente:

<sup>15</sup> Fuente: Plastivida Argentina.

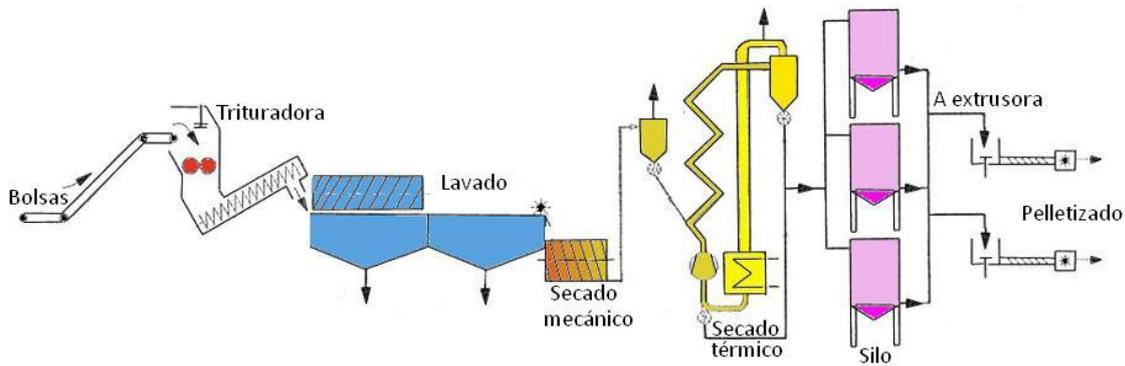


Figura 5.5 - Esquema proceso de reciclado mecánico.

- Fabricación: el material reciclado, puede ser mezclado con material virgen o no, para la posterior fabricación de otros productos.

Cabe mencionar que el reciclado mecánico puede deteriorar las propiedades originales del plástico, para lo que se recomienda el uso de aditivos antioxidantes y estabilizantes.



Figura 5.6 - Línea de reciclado mecánico de bolsas.

### Molino de pellets

Otra forma de reciclado mecánico, un tanto más económica, es la del molino de pellets. Usado en un principio por los fabricantes de alimento balanceado para perros, se está convirtiendo en uno de los métodos más populares para el reciclado de plástico.

Las bolsas son colocadas en un gran cilindro en el que son cortadas por cuchillas. Luego, gracias al aumento de la temperatura producido por la fuerza

de rozamiento de los rodillos, las bolsas se funden y fluyen a través de los agujeros laterales del cilindro. A la salida, una cuchilla corta el flujo de material fundido, formado los pellets.

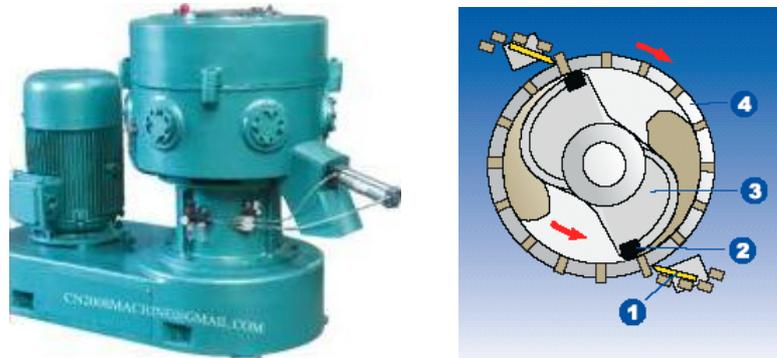


Figura 5.7 - Molino de pellets.<sup>16</sup>

### 5.3.2 Combustión controlada con recupero energético

La incineración es otra solución para la disposición final de los residuos sólidos urbanos. Antiguamente esta variante era utilizada con el fin de reducir un 75% el volumen de los residuos, disponiendo únicamente las cenizas en rellenos sanitarios.

El plástico es ideal para este proceso ya que al ser un hidrocarburo, derivado del petróleo o del gas natural, posee un alto valor energético. Es una de las pocas aplicaciones del petróleo o gas que no se quema en calefacción, generación de energía eléctrica o transporte.

A nivel mundial, se destina el 4% de la producción de estos hidrocarburos para la elaboración de polímeros. El polietileno utilizado en nuestro país proviene principalmente del gas natural. Tiene un contenido energético de 19.900 Btu/lbs, mientras que carbón, papel de diario, la madera y la materia orgánica tienen 9.600, 8.000, 6.700 y 4.500 BTU/lb respectivamente. En el siguiente esquema se puede obtener una idea de su poder calorífico:

<sup>16</sup> Fuente: Pallmann Pulverizers

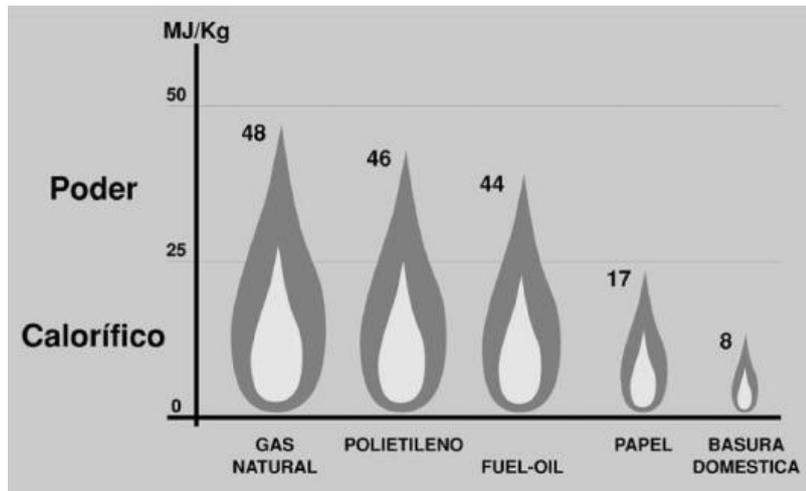


Figura 5.8 - Poder calorífico del polietileno frente a otros combustibles.<sup>17</sup>

Como se puede observar en la figura 5.8, el polietileno posee tan solo un 4,2% menos de poder calorífico que el gas natural, lo que demuestra que su proceso de transformación es muy eficiente desde el punto de vista energético. Desde un punto de vista práctico, el gas natural nos brinda un producto intermedio y muy útil, como el polietileno, antes de convertirse en energía.

Si comparamos los polímeros con otras materias primas se obtiene el siguiente cuadro:

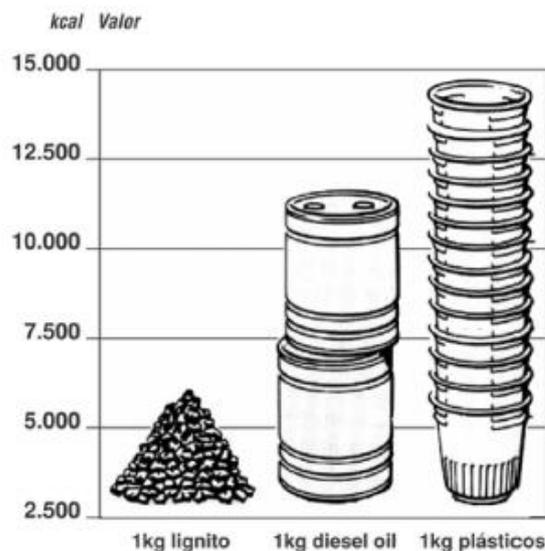


Figura 5.9 - Calorías del plástico frente a otras materias primas.<sup>18</sup>

Evidentemente los polímeros en general son una poderosa fuente de energía, y es un desperdicio que al final de su vida útil sean dispuestos bajo tierra en lugar de ser utilizados como combustible.

<sup>17</sup> Fuente: Fundación Española de Plásticos y Medio Ambiente.

<sup>18</sup> Fuente: Syndicat professionnel des Producteurs de Matieres Plastiques.

A modo de ejemplo, la energía recuperada de un pote de polietileno de alta densidad equivaldría al consumo de una lámpara incandescente de 40 w por una hora.

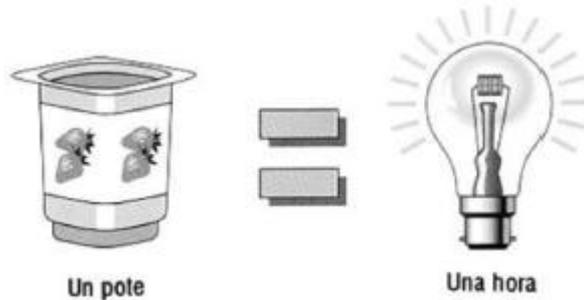


Figura 5.10 - Comparativa de consumo A.<sup>19</sup>

De igual forma, la energía recuperada de residuos poliméricos acumulados en un tacho de basura durante un año, equivaldría a la energía necesaria para calentar el agua para 500 baños o 3.500 duchas, o a la electricidad consumida por un televisor durante 5.000 horas.



Figura 5.11 - Comparativa de consumo B.<sup>19</sup>

Dependiendo de la calidad del film de polietileno recuperado, se puede hacer la siguiente división:

1. Polietileno puro: gracias a la separación previa en origen, se obtiene un combustible de excelente poder calórico.
2. Packaging en general: envases de diferentes materiales (plásticos en general, papel y cartón) son incinerados en conjunto en hornos convencionales para combustión de sólidos.
3. RSU combustibles: se separa de la masa general de residuos aquellos elementos no combustibles y se incinera el resto.
4. RSU en su totalidad: energéticamente hablando, el rendimiento de este producto es muy bajo.

<sup>19</sup> Fuente: Plastics Europe.

Aplicaciones de los residuos plásticos como combustibles:

- Agua caliente de uso domiciliario e industrial.
- Electricidad.
- Vapor para procesos industriales.

Las plantas de incineración se dividen según la calidad de los residuos, es decir, según el grado de homogeneidad de los mismos.

En el caso en que los residuos se reciben sin preclasificación alguna, el proceso de combustión se basa en una parrilla o rejilla móvil. Es un sistema muy versátil ya que se adapta a diferentes tipos de residuos y poderes caloríficos. La rejilla tiene como objetivo suministrar el material y airear los residuos que se encuentran en pleno proceso de combustión.

En caso de recibir los productos de manera preclasificada, se puede reducir el tamaño de la estructura y de ser necesario, se pueden instalar trituradores. Un sistema muy nuevo a nivel mundial es el de lecho fluidificado, pero actualmente su uso es exclusivo para residuos de tipo industrial. Japón es el pionero de este proceso.

### **Consideraciones ambientales**

Si bien el aspecto positivo es que el calor o electricidad generada es un ahorro directo de otras formas de energía, en esta forma de disposición se debe considerar la contaminación del aire con sustancias peligrosas, la generación de cenizas y la emisión de dióxido de carbono. Cabe señalar que las tecnologías disponibles hoy en día aseguran la disposición final a niveles seguros de contaminación.

El dióxido de carbono generado a partir de la incineración de residuos contribuye directamente al aumento del efecto invernadero del planeta. Si bien se probó que el aporte es mínimo comparado con el aporte de otras fuentes de combustión, según la consultora Franklin Asociados, si EEUU incinerara el 100% de sus RSU aportaría sólo el 2% del CO<sub>2</sub> producido por la combustión de otros combustibles sólidos.

Las cenizas resultantes pueden ser enterradas en rellenos sanitarios o pueden ser mezcladas con cemento en la industria de la construcción. Si bien esta última aplicación está avalada, actualmente nadie está dispuesto a arriesgar la calidad de una construcción en pos del medio ambiente.

## Aspectos económicos de las plantas de incineración con recupero energético

Este tipo de proceso tiene un alto costo de inversión, operación y mantenimiento. En Europa, los municipios pagan una tasa por este tipo de material, la cual junto con los ingresos por la venta de energía, vapor y compost generado por los residuos orgánicos, se llega a un equilibrio económico y financiero de operación.

A modo estimativo, una planta moderna de incineración con recuperación energética tiene una capacidad de 20 a 60 tn/hr, lo que equivale a 300.000 tn/año, produciendo 265 GWh. Considerando solamente la construcción civil y las maquinarias para una planta de tal capacidad, estamos hablando de 230 millones de dólares.

### 5.4 QUÉ HACEN EN OTROS PAÍSES

#### 5.4.1 Europa

A continuación se puede observar cuál es la posición de cada país europeo con respecto a los residuos plásticos post-consumo:

PAISES	RESIDUOS PLÁSTICOS POST CONSUMO (MILES DE TNS)	COMPORTAMIENTO DE LA DISPOSICIÓN Y EL RECUPERADO		
Austria	458	15,3%	61,4%	23,3%
Bélgica	457	21%	47,7%	31,3%
Dinamarca	372	17,5%	73,1%	9,4%
Finlandia	198	12,6%	15,2%	72,2%
Francia	2.963	14,8%	36,2%	49%
Alemania	3.278	32,1%	39,9%	27,9%
Grecia	460	2,2%	97,8%	
Irlanda	187	20,9%	79,1%	
Italia	3.143	17,4%	15,9%	66,7%
Holanda	888	14,8%	68,9%	16,3%
Noruega	213	19,7%	49,8%	30,5%
Portugal	475	11,2%	21,3%	67,5%
España	2.235	15,3%	18,6%	66,1%
Suecia	351	12%	46,8%	41,2%
Suiza	376	14,4%	71%	14,6%
Reino Unido	3.015	13%	7,2%	79,8%
Total	19.069	17,8%	29,2%	53%

Reciclado mecánico
  Recuperación de energía
  Disposición (relleno sanitario)

Tabla 5.12 - Destino de RSU en Europa.<sup>20</sup>

<sup>20</sup> Fuente: Foro Global Plásticos y Medio Ambiente 2005.

A la concientización social por el cuidado del medio ambiente, en Europa se suma el problema de disponibilidad geográfica. En países como Holanda, Suiza y Dinamarca, la incineración con recuperación energética es la forma de valorización predominante ya que han priorizado la generación de energía. A grandes rasgos se puede observar que el reciclado térmico ha sido adoptado como primer método de reciclado, y el reciclado mecánico en menor medida. En el siguiente gráfico se puede apreciar la evolución de la implementación de cada método en los últimos años:

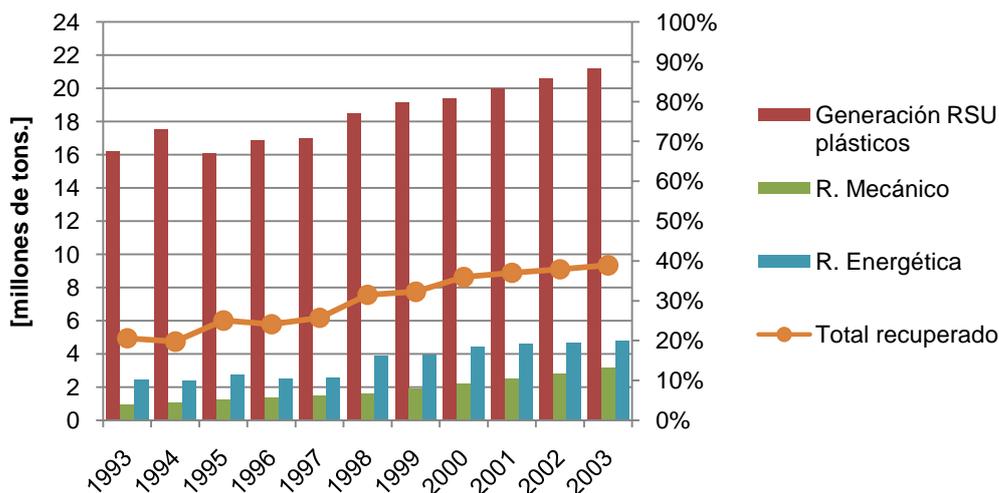


Figura 5.13 - Recupero de residuos plásticos en Europa.<sup>21</sup>

De la figura 5.13 se desprende que la recuperación energética siempre tuvo mayor participación como forma de valorización. Desde el comienzo de la serie hasta el año 1997 el nivel de recupero energético se mantuvo constante, y a partir del año 1998 en adelante sufrió un aumento sostenido gracias a la aparición de nuevas tecnologías.

### 5.4.2 Estados Unidos

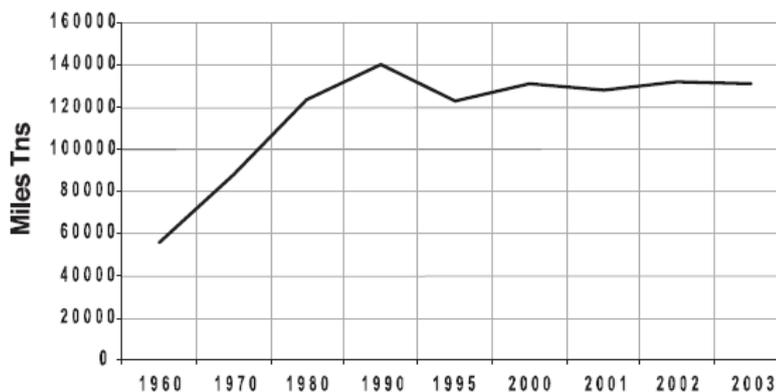


Figura 5.14 - RSU destinados a rellenos sanitarios.<sup>22</sup>

<sup>21</sup> Fuente: Plastics Europe.

La política de EEUU es abandonar el uso de rellenos sanitarios, reemplazándolos por la valorización de los residuos. En la figura 5.14 se puede observar el efecto de dicha política a partir de 1995 ya que el volumen se mantiene estable a pesar del aumento demográfico y el aumento de residuos que trae aparejado. Las principales formas de valorización son: reciclado mecánico, incineración y compostaje.

En EEUU se generan unos 254 millones de toneladas de RSU (2007). Excluyendo el compostaje, se reciclan 63.3 millones de toneladas, o sea un incremento de 1,9 millones desde el 2006, o un aumento del 3%.

Junto a la concientización social, desde principio de los años 80 comienza a surgir una gran preocupación por el medio ambiente por parte del estado. Comienzan a elaborarse leyes más fuertes y también más claras con respecto al cuidado del medio ambiente. Este despertar por el cuidado del medio ambiente comienza a tener efecto a principio de la década de los 90, coincidiendo con los avances tecnológicos en materia de reciclado.

La lista de preferencia de actividades con respecto a los residuos urbanos es:

1. Reducción en la fuente, incluyendo el reuso de productos.
2. Reciclado.
3. Combustión controlada con recupero energético.
4. Disposición en relleno sanitario.

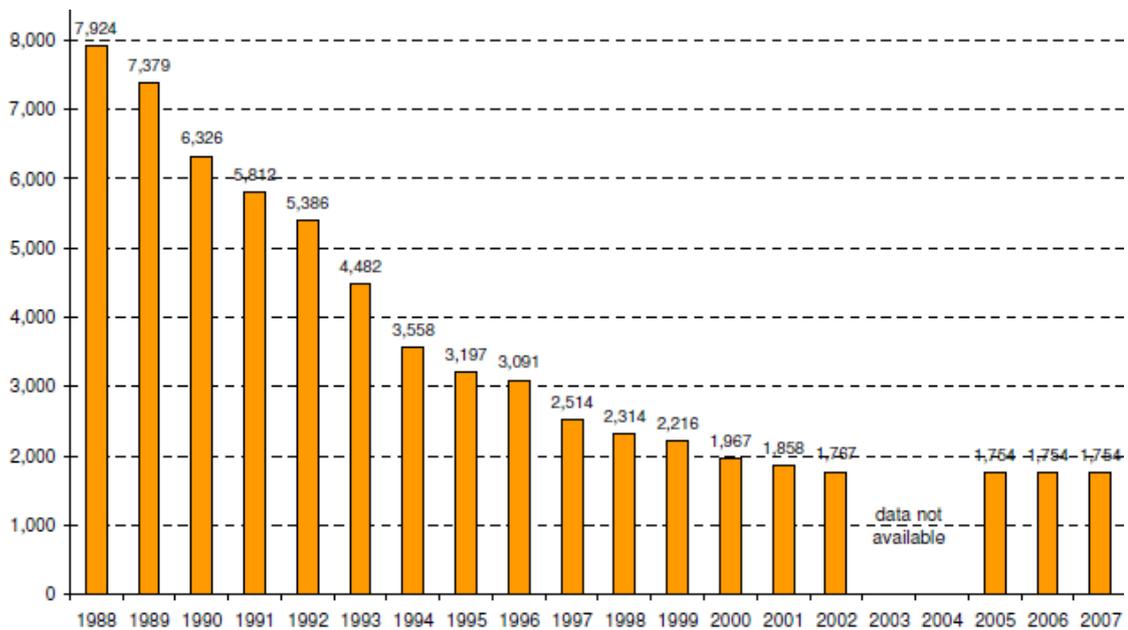


Figura 5.15 - Cantidad de rellenos sanitarios en EEUU.<sup>23</sup>

<sup>22</sup> Fuente: Environmental Protection Agency (EPA).

Una vez más se puede apreciar, en la figura 5.15, el efecto de la política a favor del medio ambiente llevada a cabo por el gobierno de EEUU desde comienzos de los años 80. Si bien la cantidad de rellenos disminuyó drásticamente, el tamaño de cada uno se incrementó, pero con un resultado positivo en lo que hace a volumen total de residuos dispuestos.

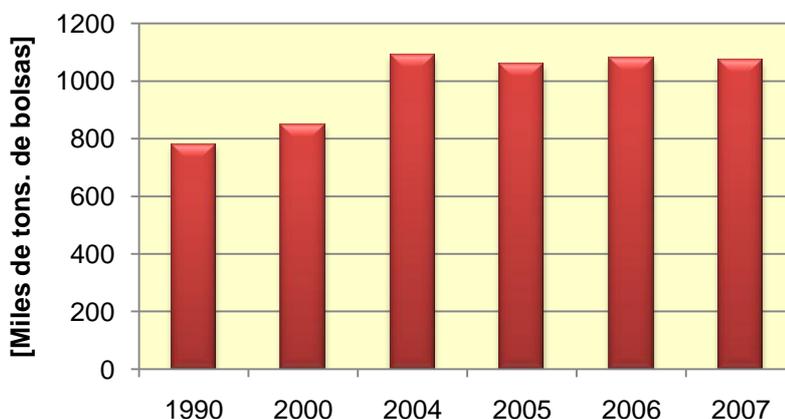


Figura 5.16 - Bolsas dispuestas en rellenos sanitarios de EEUU.<sup>23</sup>

De un estudio hecho por la consultora Franklin Asociados, en el año 2007 en EEUU se dispusieron en rellenos sanitarios 290.000 toneladas de bolsas de HDPE y 780.000 toneladas de bolsas de LDPE/LLDPE. La generación de estas bolsas llegó a 1.1 millones de toneladas en 2007 (0.4 % del total de RSU generados).

Estado	Reciclado %	Incineración %	Relleno sanitario %
California	26	2	72
Florida	40	22	38
Illinois	23	1	76
Massachusetts	33	45	22
New York	32	16	52
Ohio	15	2	83
Perinsylvania	20	14	66
Texas	14	1	85
USA Total	28	17	55

Tabla 5.17 - Tecnologías aplicada en EEUU.<sup>24</sup>

En la tabla 5.17 se puede observar un breve resumen de las políticas de reciclado de algunos estados de EEUU. Massachusetts y Florida se encuentran como referentes en lo que refiere a la gestión de los residuos.

<sup>23</sup> Fuente: Franklin Associates.

<sup>24</sup> Fuente: EPA (Agencia de Protección Ambiental): caracterización de los residuos sólidos urbanos en los Estados Unidos.

En el año 2002, 89 plantas de combustión de residuos sólidos urbanos procesaban 29 millones de toneladas anuales, equivalentes a 2800 MW de energía o 0,3% de la electricidad producida por EEUU. Actualmente en Estados Unidos se incinera alrededor del 16% de los residuos y dos tercios de las plantas incineradoras utilizan procesos de recupero de energía.

### 5.4.3 Japón

Japón es pionero en materia de combustión limpia de residuos. Además de ser un país tecnológicamente avanzado, la poca disponibilidad geográfica para la instalación de rellenos sanitarios empujó al país a desarrollar este tipo de proceso. A esto hay que sumarle su escasez de petróleo y gas. El auge de Japón como recuperador energético se puede apreciar en la siguiente tabla:

REGIÓN	Nº DE PLANTAS	CAPACIDAD mMT/año	PRODUCCIÓN DE ENERGÍA MW	PLÁSTICOS TRATADOS % EN PROMEDIO
EUROPA *	250 (aprox)	50	—	12
JAPON	190	27	1060	37
USA	89	29	2800	14

\* 14 países

Tabla 5.18 - Combustión con recupero energético de RSU, año 2002.<sup>25</sup>

### 5.4.4 Argentina



Figura 5.19 - Estudio de calidad de los residuos<sup>26</sup>.

Con el objetivo de conocer las características de generación y composición de residuos en Argentina, el Instituto de Ingeniería Sanitaria de la Universidad de Buenos Aires junto al CEMASE (Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad y Estado) realizaron un muestreo sobre el 27% de los residuos

<sup>25</sup> Fuente: [www.plasticsresources.com](http://www.plasticsresources.com)

<sup>26</sup> Fuente: CEMASE.

generados en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, obteniéndose la siguiente composición:

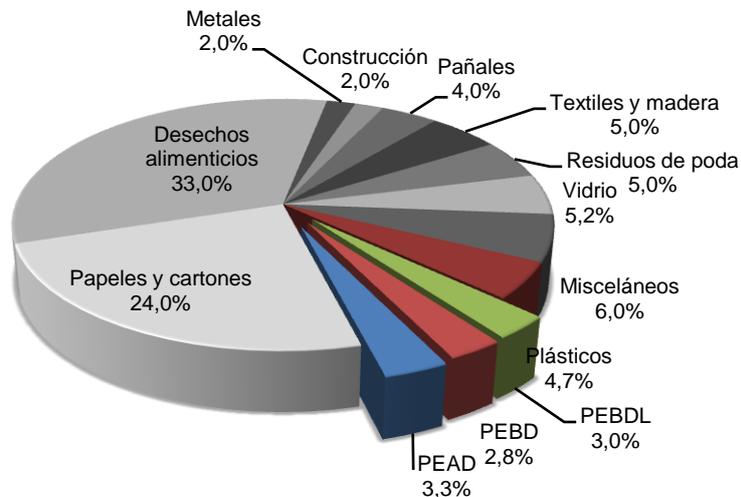


Figura 5.20 - Composición de los RSU en la Ciudad de Buenos Aires<sup>27</sup>

Como se puede apreciar en la figura 5.20, el porcentaje total de plásticos en el flujo de RSU es del 13.8%, con un desvío del 3.76%. Es el tercer componente con mayor participación luego de: desechos alimenticios (33%), y papeles y cartones (24%).

El mismo estudio relevó la composición del flujo de plástico según resinas, dando como resultado:

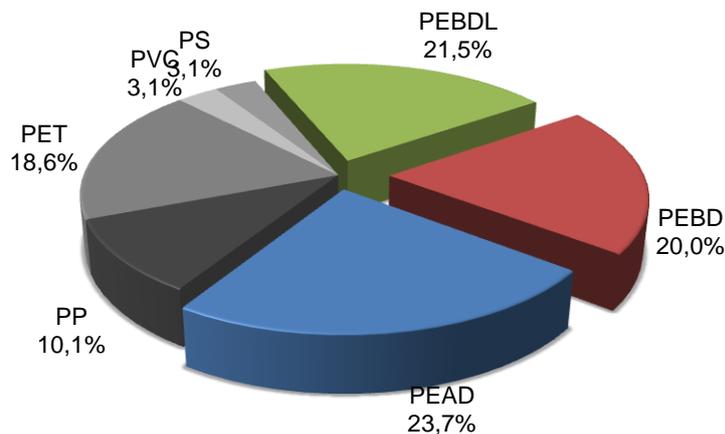


Figura 5.21 – Composición de plásticos en RSU según resinas.<sup>27</sup>

Actualmente el CEAMSE recibe 1.473.461 toneladas anuales de RSU de la Ciudad de Buenos Aires y 5.408.553 del Gran Buenos Aires, estamos hablando de un total aproximado de 950.000 toneladas anuales de plástico que son dispuestas en rellenos sanitarios. Considerando que el 80% del plástico es

<sup>27</sup> Fuente: Instituto de Ingeniería Sanitaria de la Universidad de Buenos Aires según Norma ASTM 5231-92 Standard Test of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Wastes.

reciclable, esto se traduce en 807.500 tn/año de plásticos que se podrían reciclar.

Según datos de la Cámara Argentina de la Industria Plástica, anualmente en el país se consumen 1.800 millones de bolsas de polietileno. Extrapolando esta cifra al área de servicio del CEAMSE, estas bolsas aportan con menos del 1% en peso de los residuos. Por eso la mayor preocupación de las bolsas no es el espacio ocupado en los rellenos sanitarios, sino el impacto ambiental que producen.

Ediciones anteriores de dicho estudio sobre composición de residuos muestran que la participación del plástico en el flujo de RSU creció sostenidamente. Algunos factores que ayudaron a este fenómeno son:

- Reemplazo de materiales de embalaje.
- Desarrollo de nuevos envases.
- Avances tecnológicos.
- Aumento de uso de packaging en productos de consumo masivo.

Actualmente existen empresas que recuperan residuos plásticos industriales, pero ninguna recupera las bolsas de plástico presentes en los RSU. Esto se debe principalmente a la complejidad de implementación y costos de recolección.

En el caso de los residuos plásticos industriales ya se sabe de antemano la cantidad ya que depende del nivel de producción. Además no se presentan mezclados con otros materiales, facilitando su posterior reciclado mecánico.

Del estudio realizado en forma conjunta por la FIUBA y el CEAMSE sobre la composición de RSU de la Ciudad de Buenos Aires, se desprenden las siguientes conclusiones:

- El 92% del total de los plásticos corresponde a envases y embalajes:
  - botellas y recipientes 21%.
  - bolsas 43%.
  - bandejas y embalajes de telgopor 4%.
  - envoltorio de productos 43%.
- El 79% de PEBD son bolsas.
- En el caso del PEAD, los precios internacionales del material segregado oscilan entre 27 y 50 U\$/ton para contenedores y botellas mezcladas (no embalados); hasta valores entre 30 y 65 U\$/tn para

contenedores y botellas clasificadas según colores, y 45 a 95 U\$\$/tn para PEAD claro (no embalados). Si el material es embalado y separado por colores los valores ascienden hasta 150 U\$\$/tn y si se entrega pelletizado y libre de impurezas alcanza los 220 U\$\$/tn.

En el 2001, el 80% del total de plásticos era reciclable, y en la actualidad se considera que entre el 69% y 77% lo es. Esta diferencia surge principalmente por el trabajo de los recuperadores informales, que se estima segregan un mínimo 20 tn/día de PEAD y 35 tn/día de PET. Pero en el caso de las bolsas de supermercado no se puede considerar la vía de recupero informal ya que las mismas hacen las veces de contenedores de residuos. De recuperar las mismas, los residuos quedarían desperdigados por las calles de la Ciudad.

### **Relleno sanitario en Argentina**

La disposición final de residuos de la Ciudad de Buenos Aires y alrededores es gestionada por el CEMASE (Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado). El Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) está conformada por la Ciudad de Buenos Aires y 34 municipios del Conurbano de la Provincia de Buenos Aires, y es donde el CEAMSE presta sus servicios. Es una superficie de 4.000 km<sup>2</sup>, habitada por más de 15 millones de personas. En esta región se concentra el 50% de los residuos generados y el 60% de las industrias instaladas en el país. Actualmente opera los rellenos de Bancalari, González Catán y Ensenada. El de Villa Domínico llegó a su máxima capacidad en el 2004.

En el resto del país los residuos son dispuestos a cielo abierto. Esto genera focos de transmisión de enfermedades infecciosas, contaminación de napas freáticas producto del descontrol de lixiviado, caldo de cultivo de insectos y roedores. Esto genera un centro de impacto negativo tanto sobre el medio ambiente como sobre la salud pública.

La evolución de los residuos dispuestos por el CEAMSE en los últimos años se puede apreciar en el siguiente gráfico:

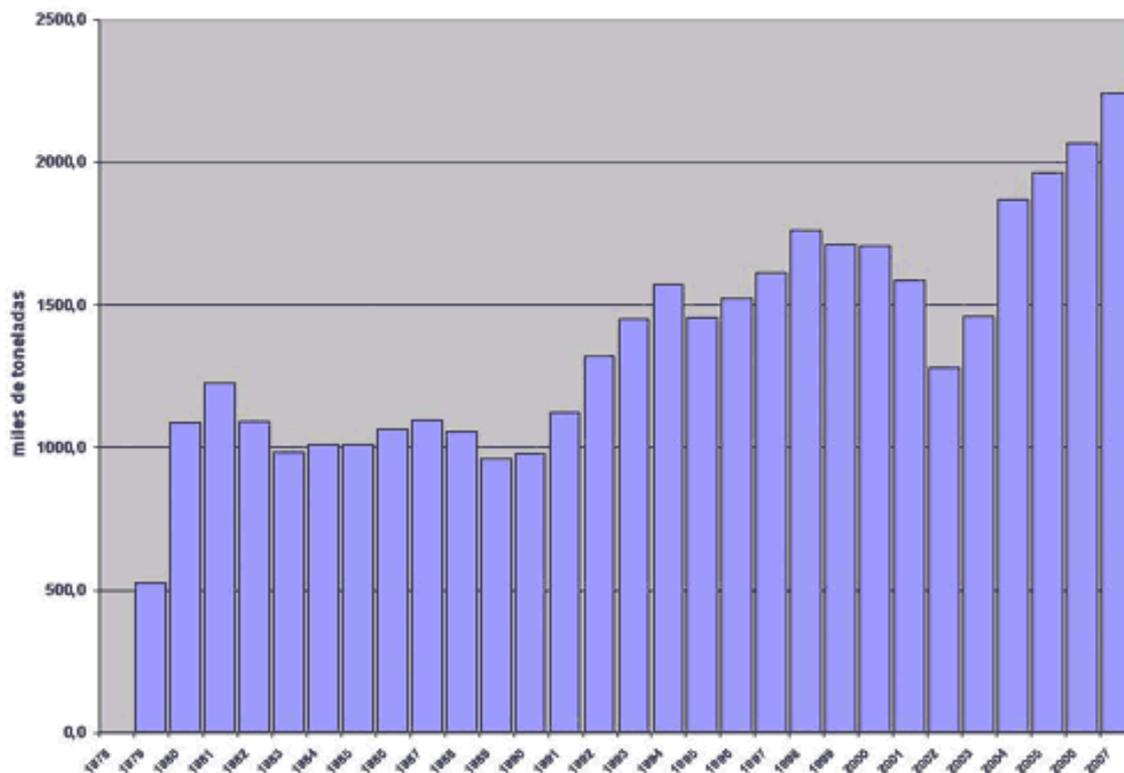


Figura 5.22 - Evolución de cantidad de residuos en CEAMSE.<sup>28</sup>

Como se puede apreciar en la figura 5.22, cabe señalar que la crisis país también afectó la evolución de los residuos, ya que incidió de manera directa sobre los hábitos de consumo de la gente. Otro hecho importante es que a partir del 2004 el CEMASE comenzó a procesar los residuos de las localidades de Avellaneda, Quilmes, Lanús y Lomas de Zamora.

### Compostaje

El compost merece una mención aparte. Esta técnica de valorización, es el proceso por el cual los residuos orgánicos (restos de comida, pasto, papel, etc) se transforman en un material similar al humus. Este es el único caso en el que las bolsas biodegradables serían de gran utilidad ya que facilitarían el proceso de compostaje. En Estado Unidos ya hay uno 3.000 centros de compost a gran escala que transforman residuos entre 8 a 24 semanas. Estos centros están basados en programas de recolección diferenciada, principalmente de residuos alimenticios y de poda de jardines.

### Perspectivas del reciclado mecánico en la Argentina

En un estudio realizado por Plastivida Argentina, se muestra que en la actualidad hay unos 40 recicladores de plástico distribuidos en todo el país, los

<sup>28</sup> Fuente: CEAMSE – Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad y Estado.

cuales reciclan 57.700 toneladas. Estas industrias reciclan plásticos de orígenes domésticos, industriales y comerciales.

A fin de realizar una comparación con las bolsas de supermercados, se puede mencionar el caso de reciclado de PET:

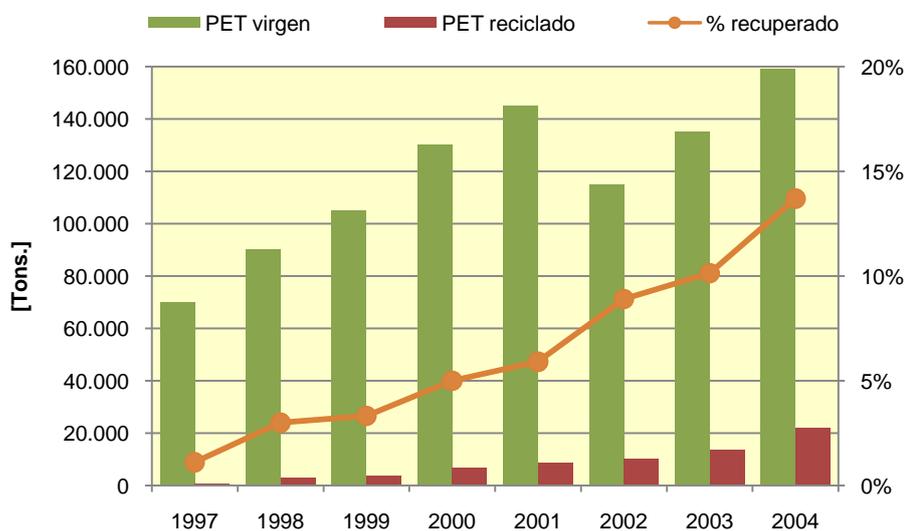


Figura 5.23 - Producción vs. Reciclado de PET en Argentina.<sup>29</sup>

Gracias a las políticas de cuidado del medio ambiente, en parte, y principalmente a la viabilidad de exportar el material triturado y lavado a China, la tasa de reciclado de PET en Argentina tuvo un continuo crecimiento con el correr de los años. Producto de la delicada situación del país en el año 2002, el consumo de PET bajó un 20% con respecto al año anterior, pero no así el reciclado, el cual tuvo un aumento del 20% interanual.

El PET en sí mismo presenta las mismas características de reciclabilidad y valorización ya vistas para el polietileno de alta y de baja densidad, por lo que es un material de alto rendimiento económico para ser reciclado. Otro de los factores que claramente marcó su éxito es su facilidad de clasificación en origen. Por lo general es utilizado como contenedor de bebidas, que si bien pueden ser consumidas en la vía pública, al finalizar su uso puede ser fácilmente dispuesto en tachos de basura diferenciados ya que no presenta ninguna otra utilidad. Diferente es el caso de las bolsas de supermercado, siendo su función principal la de trasladar bienes desde el supermercado hasta los domicilios, además sirven como bolsas de residuos.

Como conclusión del caso de reciclado de PET en Argentina, además de la ya evaluada sustentabilidad, se debe desarrollar un marco en el cual la actividad

<sup>29</sup> Fuente: ARPET - Asociación Civil Argentina Pro Reciclado del PET

sea económicamente rentable, esto incluye un plan de recolección diferenciada y un mercado para el producto final del proceso de reciclado.

### **Incineración**

En la Argentina no se utiliza este tipo de volarización de residuos. Lo más cercano es la quema libre de residuos en incineradores de edificios hace cuarenta años.



## 6. ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

El estudio de ciclo de vida (LCA por sus siglas en inglés: Life Cycle Assessment) es una metodología que permite definir y cuantificar el impacto ambiental asociado al ciclo de vida de un producto. Se consideran todos los inputs y outputs de los procesos productivos de un producto, tales como extracción de recursos naturales, procesamiento de los mismos, la manufactura del producto, su transporte y distribución, y su disposición final o recupero posterior a su uso.

Como resultado final de este tipo de estudio se puede tomar conocimiento sobre el consumo de fuentes de energía no renovables, calentamiento global, lluvia ácida y llenado de rellenos sanitarios de un proceso o producto en particular.

Esta técnica se utiliza desde los años 70 y fue estandarizada por SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) e ISO (International Standards Organization) mediante las normas 14040, 14041 y 14042, que discuten principalmente la calidad de los datos recolectados.

En lo que respecta al las bolsas de supermercado, la organización Boustead Consulting & Associates (BCAL), por pedido de la Progressive Bags Alliance de los Estados Unidos, realizó el estudio sobre tres tipos de bolsa de un solo uso que son ofrecidas actualmente en supermercados:

- Bolsa de polietileno reciclable (la usada actualmente, hecha de PEAD o PEBD).
- Bolsa de plástico degradable (hecha de fibras Ecoflex y PLA).
- Bolsa de papel reciclable (con 30% de material reciclado).

### 6.1 ALTERNATIVAS

#### 6.1.1 Bolsas de polietileno

Como ya se ha mencionado en este estudio, los productos de PE representan el 7% del peso total de los rellenos sanitarios. Las bolsas de PE representan un 0,6% en peso del total de los RSU, por lo que su impacto en los mismos es mínimo. Además, no contaminan el medio ambiente porque es un material químicamente inerte, no se biodegrada, no se disuelve con agua, por lo que no puede generar residuos contaminantes.

### 6.1.2 Bolsas biodegradables

*“Un plástico es degradable cuando su estructura química puede sufrir cambios significativos que resultan en una pérdida de alguna propiedad”<sup>30</sup>.*

Cuando una bolsa se dice que es biodegradable, significa que en presencia de microorganismos (bacterias, moho, etc.) y en un ambiente específico podrá ser fragmentado y reducido a material orgánico de menor complejidad, el cual puede ser incorporado a los procesos de la naturaleza. Las normas EN 13432 (Unión Europea) y ASTM D-6400 (USA) son las que establecen los requisitos técnicos para los materiales plásticos biodegradables.

Los productos de la degradación aeróbica son agua, dióxido de carbono, y en algunos casos metano. Recordemos que los últimos dos son los principales generadores del efecto invernadero.

Otras formas de degradación son:

- **Fotodegradación:** el PE se degrada por acción de la luz solar. La fracción de rayos UV que llega a la tierra rompe las cadenas moleculares desintegrando la bolsa en corto tiempo.
- **Biodesintegración:** ocurre cuando se mezcla PE con materiales orgánicos, por ejemplo almidón. Los microorganismos metabolizan la fracción orgánica, mientras que la fracción de PE queda sin atacar.
- **Oxo-degradables u oxo-biodegradables:** es PE con aditivos que aceleran la degradación. Todavía existen dudas de si los restos luego de la degradación son tóxicos para el medio ambiente o no. Otro problema es que si se mezcla con polímeros comunes, su reciclaje se torna biodegradable, por lo que deja de ser aplicable para usos de larga duración como tubos, cables, postes, etc.).

Un estudio realizado por la California State University ha demostrado que las bolsas que contienen aditivos oxo-degradables no se degradan en plantas de compostaje municipales, donde en teoría deberían hacerlo. Luego de hacer un ensayo a escala real con diferentes plásticos biodegradables se llegó a la conclusión que las bolsas con aditivos oxodegradables no se descomponen. El ensayo fue realizado en diferentes condiciones: compostando residuos de comida y otro compostando residuos de jardín, en ambos casos se llegó a la misma conclusión. No son una buena opción porque no existe consenso a nivel mundial sobre su biodegradabilidad y compostabilidad. Además, los aditivos prodegradantes no se fabrican actualmente en el país, elevando los costos finales debido a su importación.

---

<sup>30</sup> Definición de la American Society for Testing & Materials – ASTM.

- **Biopolímeros:** por vía fermentativa se han obtenido biopolímeros verdaderamente biodegradables de aplicación comercial: Biopol (BHP), Pululano, ácido poliláctico (PLA) derivado del maíz, etc. Sucede nuevamente lo mismo, es solo biodegradable en ciertas condiciones de relleno sanitario, por lo que debería ser dispuesto en una planta de compostaje. El Instituto Nacional de Alimentos no ha autorizado bioplásticos ni aditivos en materiales que entren en contacto con alimentos. El problema con esta tecnología es la reducida capacidad de producción mundial de bioplásticos. Estos materiales no se producen actualmente en el país, por lo que habría que importarlos, tornando muy costosa la opción. El costo está estimado en hasta 10 veces más que el de las bolsas tradicionales. Su única posibilidad de disposición final es el tratamiento en plantas de compostaje, imposibilitando cualquier otra forma de reciclado. El reciclado del plástico común se vería perjudicado por la más mínima cantidad de plástico degradable que no es reciclable.

Haciendo un análisis a largo plazo, los materiales biodegradables no son la solución para el litter<sup>31</sup>. Una bolsa biodegradable no desaparece mágicamente, sino que es cuestión de meses y en condiciones adecuadas de compostaje para que logre degradarse. En Argentina no hay valores estimados de este tipo de basura, pero estudios en Australia demuestran que el 1% del litter son bolsas de supermercados, y en Canadá el 3%.

### 6.1.3 Bolsas de papel

Las bolsas de materiales alternativos, como el papel, no tienen la resistencia mecánica ni física comparable con los materiales plásticos, y además son afectadas por los líquidos. Sus costos son superiores a los de las bolsas tradicionales.

Para producir bolsas de papel hay que talar árboles. Para fabricar 50.000 bolsas de papel se consumirían 3.628 kg de madera, lo que significa 732 troncos de 1,2 mt de alto y 10 cm de diámetro.

En este estudio se considera que la capacidad de transporte de una bolsa de papel equivale a la capacidad de una bolsa y media de polietileno reciclable o plástico degradable (se hará referencia como relación 1.5:1).

El principal punto en contra que presenta esta opción es que la disposición final de estas bolsas, considerando la misma cantidad de bienes transportados, representan un aumento en peso de 6 veces las de plástico tradicional, ocupando 10 veces más de espacio en un relleno sanitario. Esto se traduce en

---

<sup>31</sup> Litter es el término en inglés que se aplica a la basura arrojada en la vía pública.

un mayor costo de transporte, manipuleo y almacenamiento, con la contaminación que trae aparejada. Su mayor volumen también impactaría en los rellenos sanitarios ya que no se biodegradaría, como está probado que pasa. En las capas más profundas no se biodegrada porque no existen las condiciones básicas de biodegradabilidad, tales como humedad, aire, microorganismos aeróbicos, temperatura, acidez, etc.

A continuación se detallan brevemente las características de cada bolsa:

	Plástico reciclable	Plástico degradable	Papel reciclable
Largo [cm]	54.92	56.83	43.18
Ancho [cm]	30.48	29.21	30.48
Material	HDPE	Mix EcoFlex/PLA	Papel
Estiramiento (golpes)	45	20	n/a
Peso de 1.000 bolsas [kg]	5.78	15.78	51.82

Tabla 6.1 - Características de las bolsas.

## 6.2 CICLO DE VIDA DE LOS TRES TIPOS DE BOLSAS

Para compilar la base de datos y hacer los cálculos correspondientes, BCAL usa un software propio que contiene una base de datos de veinticinco años de información. Cabe señalar que en este estudio no se consideran la mano de obra ni capital de trabajo ya que se tratan de tecnologías diferentes.

Las 4 grandes categorías consideradas para el cálculo del impacto son:

1. **Operaciones para la obtención de energía:** son aquellas que tienen como finalidad la de obtener y transportar el combustible o energía para el proceso productivo (con la única excepción del costo logístico).
2. **Uso de combustible o energía:** todas aquellas formas de energía utilizadas en el proceso productivo (ej.: aquel combustible que genera vapor o la energía usada en un proceso de electrólisis).
3. **Operaciones de transporte:** se considera el combustible consumido y las emisiones de todas las operaciones logísticas que pueda haber desde la obtención de la materia prima hasta que el producto final llega al consumidor.
4. **Biomasa:** materiales biológicos usados en el proceso productivo (ej: madera, petróleo, gas, etc.).

6.1.1 Consumo de energía

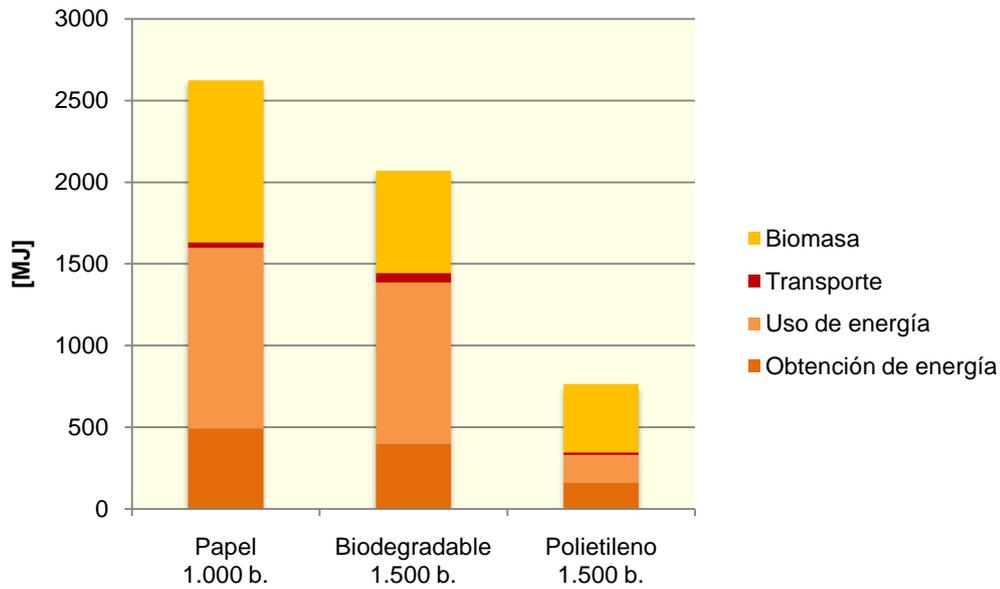


Figura 6.2 - Consumo de energía por actividad (b.: bolsas).

En la figura 6.2 se puede apreciar que en el caso de las bolsas de papel, la componente de biomasa supera ampliamente al resto debido al consumo de madera. En el caso de las bolsas de plástico corresponde a petróleo y gas natural.

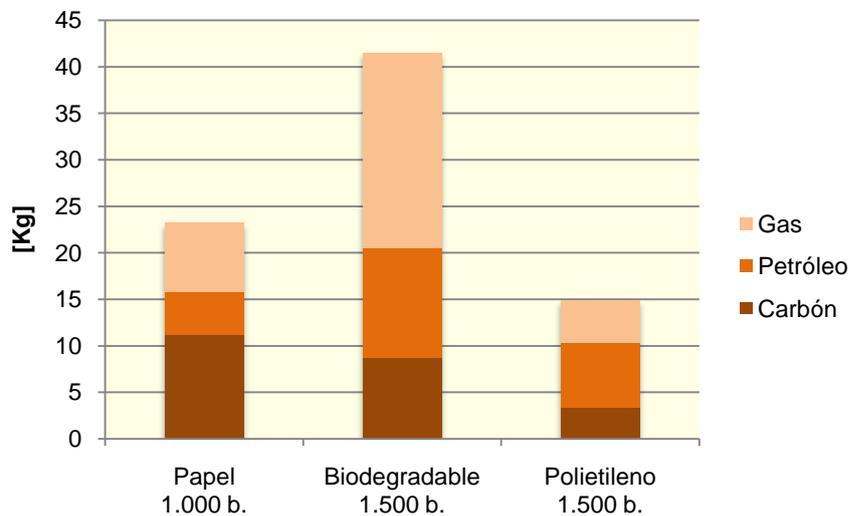


Figura 6.3 - Consumo de combustibles fósiles (b.: bolsas).

De la figura 6.3 se puede concluir que las bolsas degradables no proveen ningún beneficio con respecto a la conservación de energía ni el uso de recursos naturales.

Con respecto al uso de petróleo, las bolsas degradables no son la mejor opción ya que consumen lo mismo que la suma de los otros dos tipos de bolsas. Con respecto a las bolsas de papel, sólo serían una buena opción de poder cumplir

con la relación establecida 1,5:1, sino consumirían exactamente la misma cantidad que las bolsas de plástico reciclable.

Estas diferencias de consumo de energía radican principalmente en el hecho de que tanto las bolsas de papel como las de plástico degradable requieren más material para su producción. Esto resulta en un mayor uso de energía para la extracción, transporte de materias primas y para su fabricación.

### 6.1.2 Electricidad

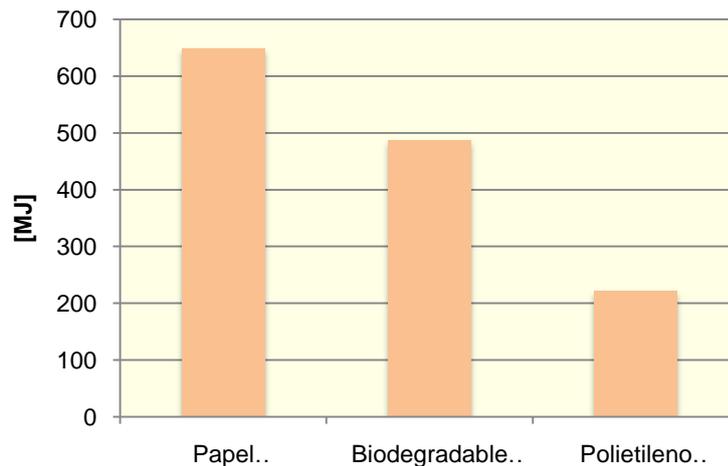


Figura 6.4 - Consumo de energía eléctrica [MJ].

Según la figura 6.4 la producción de bolsas biodegradables consume el doble de energía eléctrica que las de polietileno, mientras que las de papel el triple. Habrá que ampliar el estudio dependiendo del origen de la energía eléctrica, ya que el impacto ecológico variará si la misma proviene de una central hidroeléctrica, nuclear o de gas.

## 6.2 OPCIONES DE DISPOSICIÓN FINAL

### 6.2.1 Incineración con recuperación energética

Al final de su vida útil, estos tres tipos de bolsas pueden ser usadas como combustibles en las plantas de incineración de residuos. Considerando la eficiencia térmica de hoy en día, del 23%, y teniendo en cuenta el porcentaje de recuperación energética en los Estados Unidos del 13,6%, se obtiene lo siguiente:

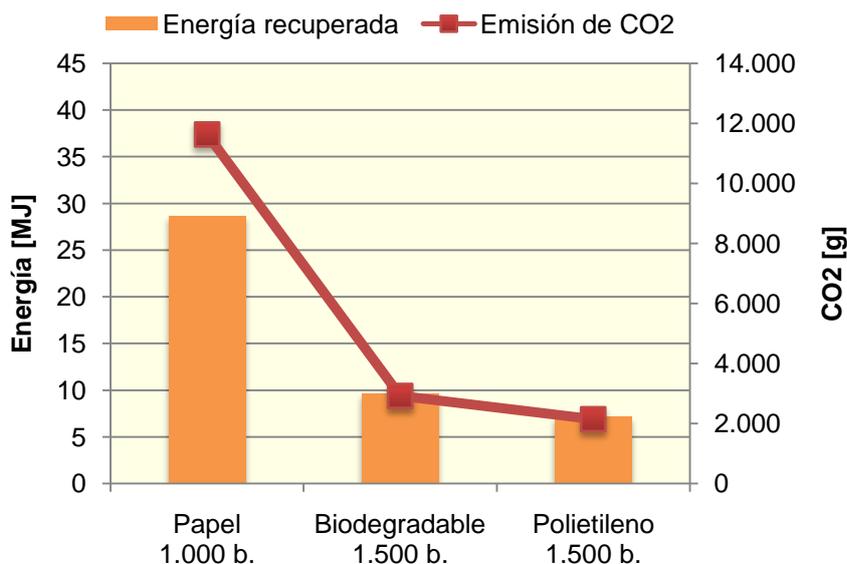


Figura 6.5 - Rendimiento de la incineración.

Como se puede observar en la figura 6.5, las bolsas de papel presentan la mayor energía recuperada pero la mayor emisión de CO2. Mientras que las bolsas de plástico reciclable y degradable se encuentran muy por debajo, representando una alternativa más viable con respecto al cuidado del medio ambiente y las fuentes de energía no renovables.

### 6.2.2 Relleno sanitario

El relleno sanitario posee varias etapas de descomposición. Inicialmente, la descomposición aeróbica consumirá el oxígeno disponible para producir dióxido de carbono y metano. Luego, al pasar a la segunda fase de descomposición, la anaeróbica, la concentración de metano puede alcanzar el 50% o 60% de la composición de gases presentes. El relleno continuará produciendo metano por 10 o 20 años más. En los Estados Unidos, la emisión de metano de rellenos sanitarios durante el 2001 se estima que fue de 8 millones de m<sup>3</sup>.

Las bolsas biodegradables de este estudio están hechas de una mezcla de Ecoflex y PLA. El Ecoflex está hecho de un copoliéster alifático-aromático, mezclado con igual cantidad de almidón. Según BASF, el Ecoflex cumple con los requerimientos de biodegradabilidad establecidos por Europa, Estados Unidos y Japón, porque puede ser degradado por microorganismos en 12 semanas, bajo condiciones controladas de compostaje. Por el otro lado, el PLA es un polímero biodegradable hecho a base de maíz y, es convertido en dióxido y agua en su totalidad.

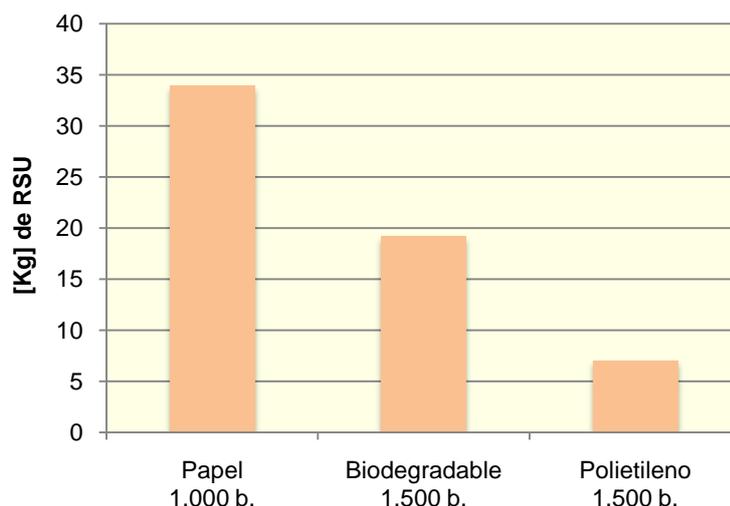


Figura 6.6 - Peso de las bolsas al formar parte de los RSU.

Aún usando la relación 1,5:1, las bolsas reciclables tienen el menor aporte en peso de los rellenos sanitarios. Las bolsas de papel aportan casi 5 veces más, y las degradables 3 veces más que las de polietileno reciclable.

A continuación se evalúa el aporte que realiza cada opción de disposición final de las bolsas. En el caso de las bolsas de papel, se consideran dos posibles escenarios de descomposición:

1. Peor escenario: la descomposición básica de la celulosa es la siguiente:  $C^6H^{10}O^5 + H^2O = 3CH^4 + 3CO^2$ , por lo que solamente la mitad del carbono se transformará en metano durante la descomposición. Normalmente el carbono representa el 45% de la masa de papel. Entonces, en la descomposición de 1 kg de papel se generará 0.225 kg de metano.
2. Escenario con secuestro de  $CO^2$ : bajo las condiciones reales de un relleno sanitario, no todos los productos derivados de la madera pueden degradarse, provocando un secuestro parcial o total de carbono. En un estudio se calculó el factor de almacenaje de carbono, dando como resultado un secuestro de 0.26 kg de  $CO^2$  para el papel.

Opción de disposición	Bolsas de papel		Bolsas de polietileno reciclables	Bolsas biodegradables	
	Peor escenario de emisión de metano	Escenario con secuestro de CO2		Descomposición 100% aeróbica en rellenos sanitarios	Descomposición 50 % aeróbica 50 % anaeróbica en rellenos sanitarios
Reciclado	21% reciclado y compostado	21% reciclado y compostado	5,2 % reciclado	5,2 % reciclado y compostado	5,2 % reciclado y compostado
Combustión con recupero de energía 13,6%	11,64	11,64	3,23	4,38	4,38
Relleno sanitario 65.4% papel, 81.2% plástico	412	41,3	0	26,1	194
<b>Total de emisiones</b>	<b>423,64</b>	<b>52,94</b>	<b>3,23</b>	<b>30,48</b>	<b>198,38</b>

Tabla 6.7 - Emisión de gases de efecto invernadero por la disposición final de 1.000 bolsas de papel y 1.500 de plástico (equivalente a 20 años de CO2) [kg]

Manteniendo la relación mencionada de 1,5:1, esta tabla muestra que las bolsas de plástico reciclable tienen la menor cantidad de emisión de gases de efecto invernadero. Las bolsas de papel en el escenario de secuestro de CO<sub>2</sub> tienen 10 veces más, y en el peor escenario tienen 130 veces más. Las bolsas degradables tienen 9 veces más con descomposición aeróbica, y 60 considerando 50% aeróbica y 50% anaeróbica.

### 6.3 DE LA CUNA A LA TUMBA

Considerando todo el ciclo de vida de las bolsas, o en inglés “from cradle to grave”, o sea: producción, uso y disposición final de 1.000 bolsas de papel y 1.500 de plástico, se obtienen los siguientes aportes de gases de efecto de invernadero:

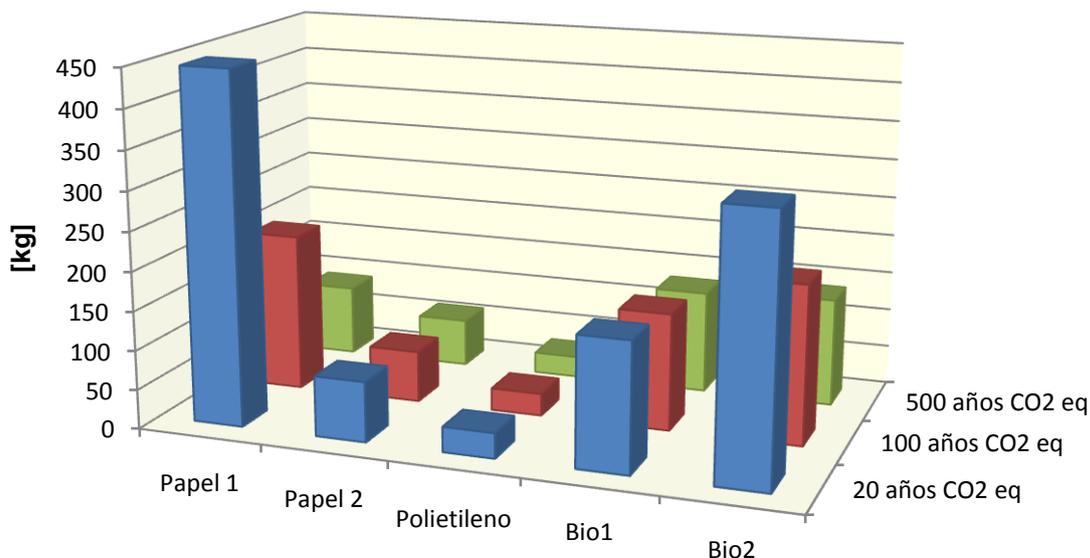


Figura 6.8 - Total de emisiones de CO<sub>2</sub> eq. para ciclo de vida (en kg).

En la figura 6.8 se aprecia que aún considerando la relación 1,5 bolsas de plástico cada 1 bolsa de papel, las bolsas reciclables tienen el aporte más bajo total (cradle to cradle) de CO<sub>2</sub>. Las bolsas de papel en su escenario de secuestro es un 2,3 veces mayor, en su peor escenario es 20 veces mayor, y el de las bolsas de plástico degradable es 5 veces mayor que las reciclables.

#### 6.4 LLUVIA ÁCIDA

La lluvia ácida es resultado de la oxidación del sulfuro y del nitrógeno. Actualmente el mayor aporte de este fenómeno viene de la generación de las plantas de carbón generadoras de electricidad.

De todas las actividades previas a la disposición se aprecian los siguientes resultados:

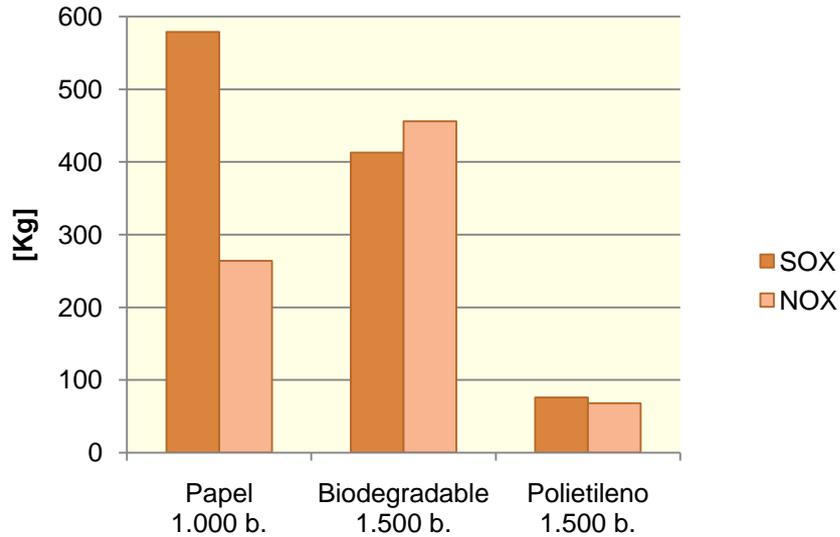


Figura 6.9 - Emisiones de lluvia ácida (en gr de SO<sup>2</sup> y NO<sup>2</sup>) resultado de las operaciones previas a la disposición final de las bolsas.

Manteniendo la relación 1,5:1, las bolsas de plástico reciclable tienen el menor aporte de lluvia ácida. Las bolsas de papel tienen 7 veces más de emisión de SOX y 4 veces de NOX. Las de plástico degradable tienen 5 veces más SOX y NOX que las reciclables.

### 6.5 FABRICACIÓN DE PEAD VIRGEN Y RECICLADO

De la misma manera que se evaluaron las bolsas ofrecidas hoy en día, en un estudio de ciclo de vida realizado por el Instituto Tecnológico del Plástico de España, se comparó la alternativa de fabricar pellets de PEAD virgen con la de fabricarlos con PEAD reciclado mecánicamente. Los datos utilizados en el estudio provienen de la industria del reciclado mecánico de scrap plástico, en la figura 6.10 se puede observar el flujograma correspondiente:

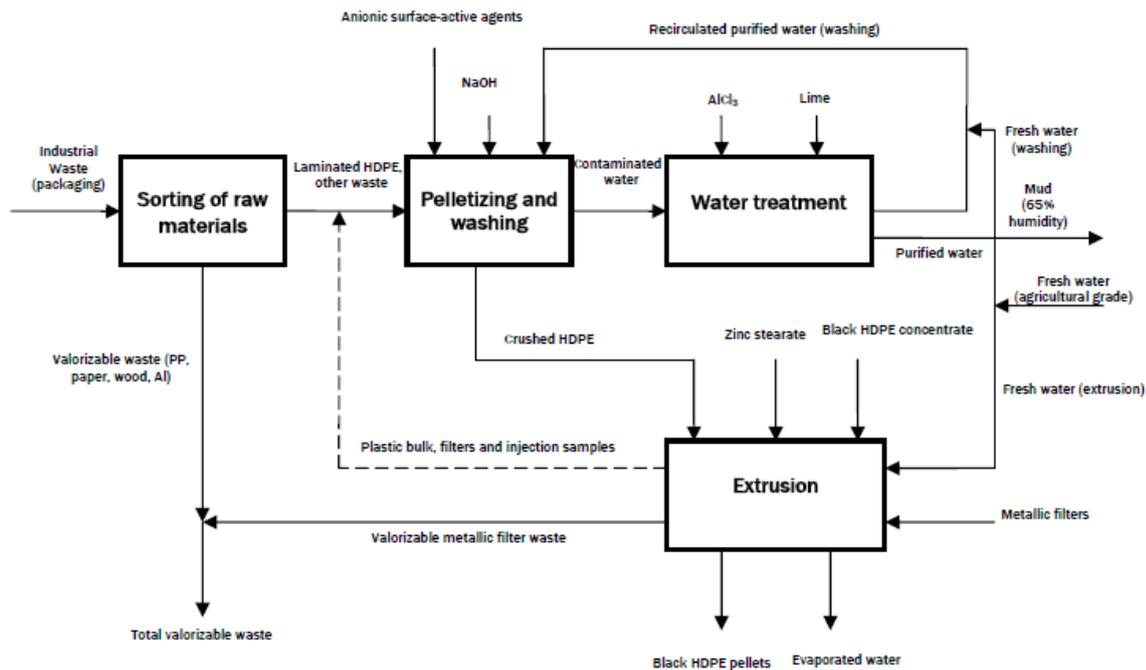


Figura 6.10 - Flujograma del proceso de reciclado plástico.<sup>32</sup>

Los datos bibliográficos del estudio se detallan a continuación:

- Perugini et ál.<sup>33</sup> publicaron en 2005 un estudio del ciclo de vida del reciclado mecánico de residuos plásticos como parte del seguimiento de un estudio anterior<sup>34</sup>. El análisis ambiental abarca un amplio conjunto de empresas italianas dedicadas al reciclaje de plástico que han evaluado otras alternativas de tratamiento de residuos como el vertido simple, la incineración, pirólisis a baja temperatura e hidrogenación a alta presión. Los datos recopilados corresponden a materiales y flujos de energía de la producción de PEAD reciclado a partir de residuos industriales (tabla 2).
- White et ál.<sup>35</sup> llevaron a cabo un estudio sobre la gestión integrada de residuos sólidos –incluyendo los plásticos– y el análisis de las entradas y salidas de los procesos de reciclado, a fin de evaluar su impacto medioambiental. Los datos disponibles provienen de un

<sup>32</sup> Fuente: Instituto Tecnológico del Plástico de España.

<sup>33</sup> Perugini, F.; Mastellone, M.L.; Arena, U. 'A Life Cycle Assessment of Mechanical and Feedstock Recycling Options for Management of Plastic Packaging Wastes' Environmental Progress (2005) Vol. 24, n.º 2, pp 137-154.

<sup>34</sup> Arena, U.; Mastellone, M.L.; Perugini, F. 'Life Cycle Assessment of a Plastic Packaging Recycling System' International Journal of Life Cycle Assessment (2003) 8 (2), pp 92-98.

<sup>35</sup> White, P.R.; Franke, M.; Hindle, P. "Integrated solid waste management. A life cycle inventory" Ed: Blackie Academic & Professional, ISBN 0-7514-0046-7 (1995).

informe interno<sup>36</sup> de una planta de reciclaje realizado en la década de los 90.

- Fabricantes de maquinaria industrial de reciclaje: los datos considerados corresponden a los consumos de energía de las máquinas, los cuales fueron proporcionados por los mismos fabricantes. Las maquinarias consideradas son: lavado, secado y extrusora.
- Industria de reciclaje: se recopilaron datos de una industria dedicada al reciclado mecánico de plástico procedente de scrap industrial para la extrusión o soplado de PEAD negro.
- Producción de PEAD virgen: los datos correspondientes a la fabricación por extrusión de PEAD virgen provienen de la Asociación de Productores de Plásticos en Europa<sup>37</sup>. Estos datos se obtuvieron de diez plantas europeas sitas en Austria, Bélgica, Francia, Holanda, Portugal, Suecia y Reino Unido, dedicadas a la fabricación de PEAD. Estos datos se encuentran recogidos en la base de datos de Ecoinvent<sup>38</sup>.

Todos estos datos recopilados fueron procesados por el programa SimaPro<sup>39</sup> que permite determinar el perfil ecológico de un proceso o producto. Los parámetros ambientales evaluados fueron:

- **Eutrofización:** es el enriquecimiento de nutrientes en un ecosistema acuático. Básicamente comienza cuando el agua recibe un vertido de nutrientes, como desechos industriales, lo cual hace que favorezca el crecimiento excesivo de materia orgánica, provocando un crecimiento acelerado de algas y otras plantas verdes que cubren la superficie del agua y evita que la luz solar llegue a las capas inferiores. Como consecuencia de esto el agua se enturbia, y al disminuir la cantidad de luz la vegetación muere al no poder realizar fotosíntesis, generando que otros microorganismos se alimenten de la materia prima. Esto hace que se consuma el oxígeno que necesitan peces y moluscos.<sup>40</sup>
- **Acidificación:** es el nombre dado al descenso en curso del pH de los océanos de la Tierra, causado por la toma de dióxido de

---

<sup>36</sup> Deurloo, T. 'Assessment of environmental impact of plastic recycling in P&G packaging' Technical report of Procter&Gamble (1990).

<sup>37</sup> Boustead, I. 'Eco-profiles of the European Plastic Industry. PEAD Extrusion' A report for PlasticsEurope (APME) (2005).

<sup>38</sup> The ecoinvent Database v2.0. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Suiza (2007).

<sup>39</sup> SimaPro software version 7.0. PRé Consultants, Amersfoort, Holanda (2004).

<sup>40</sup> Fuente: <http://www.ecologiaverde.com/eutrofizacion/>

carbono antropogénico desde la atmósfera<sup>41</sup>. Por el momento el pH continúa por encima de 7, o sea que se trata de un medio neutro, pero la preocupación para la fauna marina es la pérdida de alcalinidad.

- **Agotamiento de la capa de ozono:** ciertas sustancias químicas, el clorofluorocarbono compuesto (CFC) la más conocida, son muy estables y pueden tener una vida media de 100 años. Cuando se lo libera a la atmósfera, no se degradan, alcanzando la estratosfera para liberar átomos de cloro. Un átomo de cloro puede destruir 100.000 moléculas de ozono.
- **Calentamiento global:** fenómeno por el cual la temperatura media mundial de la atmósfera y océanos aumentan.

A continuación se puede observar una comparación del perfil del reciclado de PEAD entre los años 90 y hoy en día, según los datos recogidos:

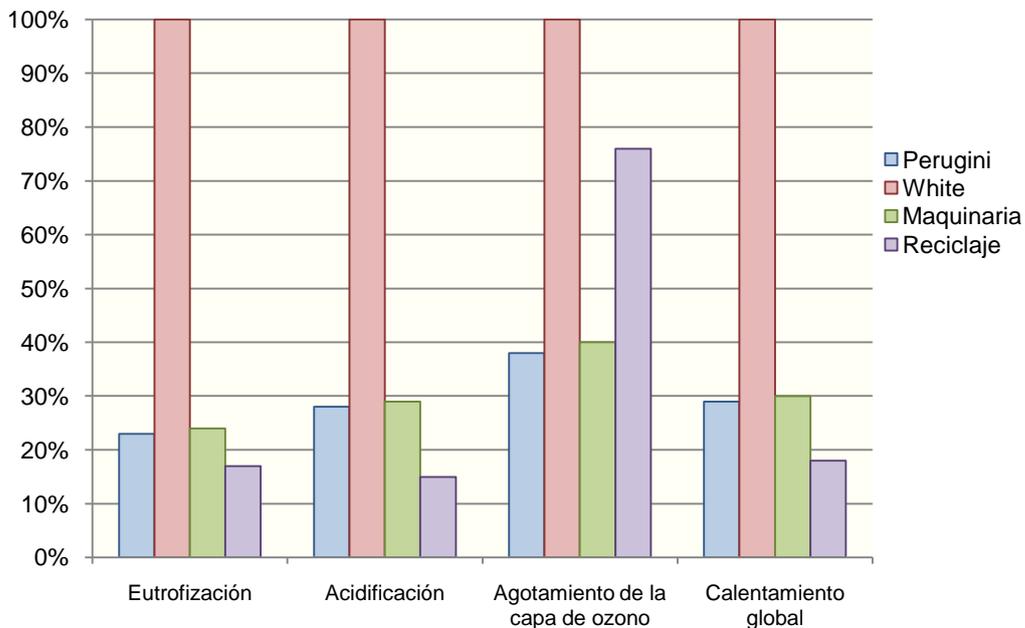


Figura 6.11 - Ecoperfil del reciclado del PEAD por fuente de datos (porcentaje con respecto al mayor valor).<sup>42</sup>

En la figura 6.11, los datos de White et ál son tomados como base (100%) ya que corresponden a los años 90, época en la que el reciclaje de plástico no estaba muy desarrollado tecnológicamente ni era rentable. Principalmente, este gráfico muestra que en la industria del reciclado hubo una gran evolución en la reducción del impacto ambiental en los últimos 20 años.

<sup>41</sup> Fuente: James C.; Fabry, Victoria J.; Aumont, Olivier; Bopp, Laurent; Doney, Scott C.; Feely, Richard A. et al. (2005). «*Anthropogenic ocean acidification over the twenty-first century and its impact on calcifying organisms*» Nature. Vol. 437. n.º 7059. pp. 681-686. ISSN 0028-0836

<sup>42</sup> Fuente: Instituto Tecnológico del Plástico de España.

La similitud entre los datos de Perugini et ál. y los de los fabricantes de maquinaria se debe a que ambos provienen de datos actuales de empresas de reciclado italianas.

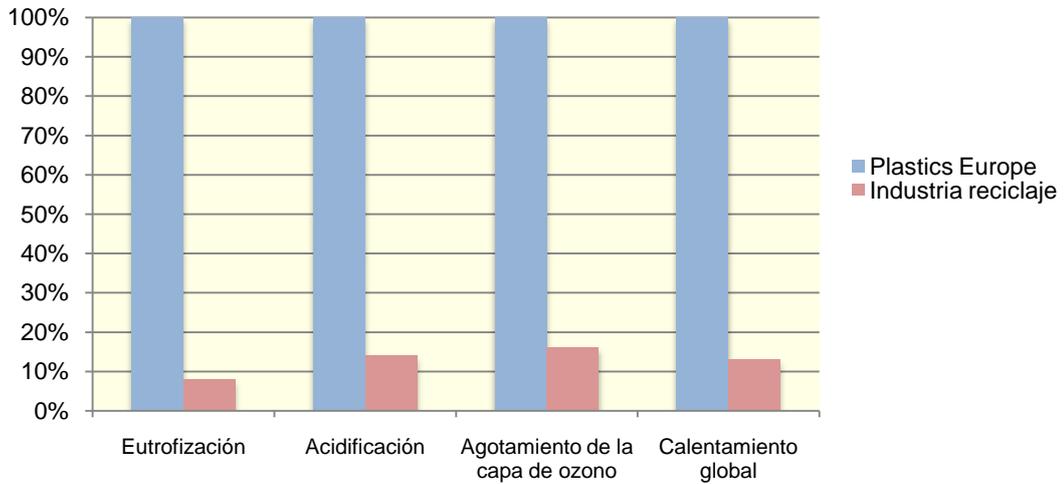


Figura 6.12 - Ecoperfil del reciclado frente al procesado del PEAD (porcentaje con respecto al mayor valor).<sup>43</sup>

La figura 6.12 muestra el perfil medioambiental del reciclado de PEAD frente a la producción del termoplástico virgen, mostrando claramente la ventaja medioambiental del proceso de reciclaje ya que aporta con tan solo el 13% de los contaminantes que la producción del material virgen.

<sup>43</sup> Fuente: Instituto Tecnológico del Plástico de España.



## 7. LEGISLACIÓN

Cualquier estrategia que se quiera adoptar con respecto a la disposición final de los rellenos sanitarios debe tener un marco legal.

Una ley que prohíba el uso de plásticos, lo único que generaría sería el reemplazo por otro material que no podría degradarse debido a la condiciones del relleno. Es más, de acuerdo a la Sociedad Alemana de Investigación del Mercado del Packaging, de sustituir los plásticos el volumen de los residuos producidos por envases aumentaría un 158%.

La Constitución Argentina hace clara mención sobre la protección del medio ambiente y el desarrollo humano. Establece que el Gobierno promoverá esto a través de la promulgación de leyes que fijen los estándares mínimos para cumplir con tal fin.

### 7.1 LEY N° 1.854 – GESTIÓN INTEGRAL DE RSU

#### Alcance

En noviembre del 2005 se sancionó la ley de Gestión integral de residuos sólidos urbanos, que establece las pautas, principios, obligaciones y responsabilidades para la gestión integral de los residuos generados en la Ciudad. Como primera medida luego de la sanción, la Ciudad adoptó el principio de reducción progresiva de la disposición final de los residuos, con plazos y metas concretas, mediante la aplicación de separación selectiva, recuperación y reciclado. El decreto 639/GCBA/07 establece el año 2010 como primer plazo con una meta a cumplir.

Año 2010	Año 2012	Año 2017
1.048.359	748.828	374.414

Tabla 7.1 - Objetivo de disposición final de residuos según ley 1845.<sup>44</sup>

La ley 1.854 promueve la separación y el reciclaje de productos susceptibles de serlo. Esta práctica se encuentra liderada por los recuperadores urbanos. A continuación se puede apreciar el resultado de la labor de los recuperados urbanos:

<sup>44</sup> Fuente: Ley 1845 – Constitución Nacional Argentina.

Nombre/ Organización	Recuperadores empadronados	Tipo de Recolección	TN/ mes
MTE	1690	barrial	4680
Coop. Ceibo	50	barrial	70
Coop. Oeste/R. Sueños	50	barrial	75
Coop. Álamo	50	barrial	70
Recup. Tren blanco	1035	barrial	2340
Recuperadores Independientes	2684	barrial	4350
Generadores Especiales		grandes generadores	500
<b>TOTALES</b>	<b>5559</b>		<b>12.085</b>

Tabla 7.2 - Recupero del circuito informal.<sup>45</sup>

Como ya se mencionó antes, las bolsas no pueden entrar en el circuito de del recupero informal ya que las mismas se encuentran conteniendo los residuos.

### Sistema de recolección diferenciada



Figura 7.3 - Sistema de recolección diferenciada.

En el año 2006, por medio de la ley 1845, se instala en un 25% de la Ciudad un sistema de recolección diferenciada de dos contenedores: uno de tapa naranja para reciclables (papeles y cartones limpios y secos, plásticos, vidrios, metales y textiles) y otro de tapa gris para basura (restos de comida, telgopor, cerámica, papeles y cartones sucios). Durante el año 2007, este sistema logró reciclar 280 tons, mientras que el sistema informal recicló 190.000 tons. El sistema formal pagó por las 280 tons recicladas \$54 millones, lo que implica que la Ciudad pagó 193.000 \$/ton, cuando el precio de mercado es de alrededor de 400 \$/ton. Pero durante el primer trimestre del 2008, MAyEP llegó a la conclusión de que el sistema formal era caro e ineficiente, y además violaba los preceptos de las leyes 992 y 1.845 con respecto a la inclusión de los

<sup>45</sup> Fuente: Informe de Gestión Ambiental del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, 2008.

recuperadores informales. Por esto mencionado es que el Gobierno se propone incluir formalmente a los cartoneros para realizar la recolección diferenciada a través de un sistema organizado. Se privilegia un eje social y con alto nivel de efectividad, y no solamente un eje económico o logístico.

## **7.2 LEY Nº 992 – LEY DE EMERGENCIA DE HIGIENE URBANA**

Los objetivos de esta ley son:

1. Concebir una Gestión Integral de los Residuos Urbanos en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, que permita la recuperación de materiales reciclables y reutilizables, y deje sin efecto, como disposición final, el entierro indiscriminado de los residuos en los rellenos sanitarios.
2. Incorporar a los recuperadores de residuos reciclables a la recolección diferenciada en el servicio de higiene urbana vigente
3. Priorizar la asignación de zonas de trabajo, considerando la preexistencia de personas físicas, cooperativas y mutuales.
4. Diseñar un Plan de Preselección Domiciliaria de Residuos.

## **7.3 LEY Nº 13.868 – PROHIBICIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO**

El 16 de octubre del 2009 se sancionó esta ley que prohíbe el uso de bolsas de polietileno en toda la Provincia de Buenos Aires. A su vez propone reemplazarlas por bolsas degradables y/o biodegradables. Establece un plazo de 12 meses para el cumplimiento por parte de los supermercados y de 24 meses para el resto de los comercios que utilizan bolsas de polietileno.

Los plásticos biodegradables se encuentran en pleno desarrollo, su nivel de producción actual no alcanzaría para cumplir con la demanda a nivel mundial.

Según Enrique Vallés<sup>46</sup>, las bolsas oxodegradables no han demostrado ser biodegradables.

- Oxodegradable: al polímero se le agrega un aditivo que, en presencia de oxígeno, aire y sol, ayuda a que el material se degrade. Más precisamente, el aditivo hace que las largas moléculas del polímero se corten. Primero se endurece, luego se resquebraja y se va partiendo hasta convertirse en polvo.
- Biodegradable: es un material que en un ambiente determinado y en un cierto plazo, se transforma en compost que luego puede ser utilizado como fertilizante.

---

<sup>46</sup> Enrique Vallés: doctor en ingeniería química graduado en la Universidad de Minesota EEUU, investigador del Conicet y profesor de la carrera de ingeniería química de la Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca.

Tanto en Europa como en Estados Unidos, las bolsas biodegradables no han sido aceptadas como biodegradables, no cumplen las normas ISO 14851, 14852 y DIN EN 13432 (compostaje).

## 8. ACCIONES EN EL MUNDO

### 8.1 CHINA



Figura 8.1 - Bolsas en un mercado de Beijing.

La prohibición de uso de bolsas en China se estableció el 1ro de junio del 2008 a fin de reducir la llamada “contaminación blanca” (white pollution). El estado prohibió la fabricación de bolsas y ordenó a los supermercados que no expendieran más bolsas. Esto produjo que la gente comience a traer sus propias bolsas, lo que desembocó en una caída de dos tercios del consumo de las mismas. Se produjo un ahorro de 1,6 millones de toneladas de petróleo en poco más de un año, lo que equivale a 40 billones de bolsas de plástico.

Por otro lado, esta aparente beneficiosa situación produjo la bancarrota del mayor fabricante de bolsas de plástico, Suiping Huaqiang Plastic, que empleaba 20.000 trabajadores para fabricar 250.000 toneladas de bolsas al año.

### 8.2 IRLANDA

Fue el primer país en aplicar un impuesto al uso de las bolsas de plástico. En los tres primeros meses posteriores a aplicar el impuesto de 0.15€/bolsa el 4 de marzo del 2002, los supermercados y almacenes de Irlanda entregaron solamente 23 millones de bolsas, 277 millones menos que lo normal. Algunos negocios optaron por ofrecer bolsas reusables y otros, bolsas de papel reciclable. Antes de imponer dicho impuesto, el gobierno estimó que se estaban expendiendo 1.2 mil millones de bolsas por año. Según el Departamento de medio Ambiente de Irlanda, el impuesto produjo una reducción del consumo de bolsas de 328 a 21 bolsas por habitante.

En el 2007, luego de que el consumo per cápita llegase a 31, el gobierno aumentó el valor del impuesto a 22 centavos de euro. Esos 7 años de impuestos produjeron una recaudación oficial de 120 millones de euros, que fueron utilizados para mejorar la gestión de residuos, campañas de reciclaje y otras iniciativas ambientales.

El diario "Irish Examiner" publicó una nota el 23 de enero del 2003, donde los comerciantes acusaban un aumento substancial de las ventas de bolsas de residuos. Dicho artículo también sostiene que una fábrica irlandesa de bolsas de residuos tuvo que emplear otro turno de producción para poder cumplir con la demanda, la cual había incrementado un 400%.

Actualmente el Departamento de Cuidado Ambiental de Irlanda planea duplicar el impuesto para fines del año 2009. Este nuevo impuesto de 0,44 €/bolsa tiene como fin asegurar que los consumidores lleven sus propias bolsas.

### 8.3 AUSTRALIA

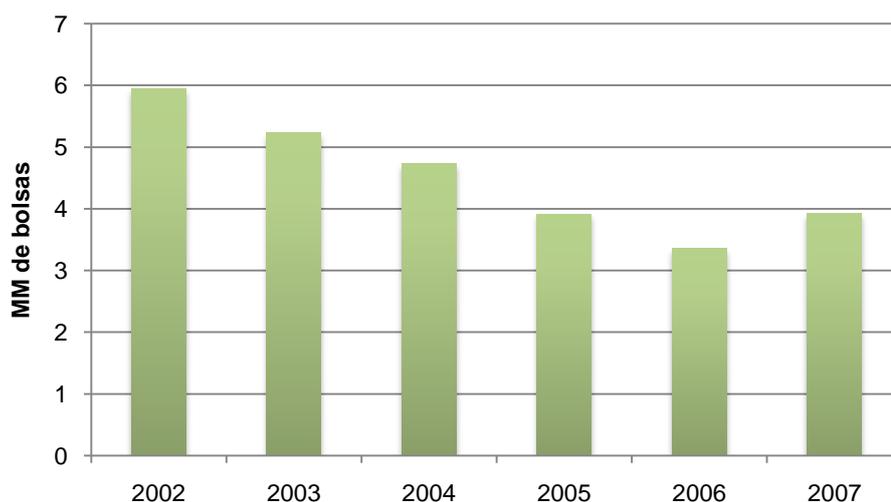


Tabla 8.2 - Consumo de bolsas de PEAD en Australia.<sup>47</sup>

En el año 2002 el consumo de bolsas de plástico fue de 5,95 mil millones de bolsas (5 eran de PEAD y el resto de PEBD). Entre 50 y 80 millones de estas bolsas se estima que terminaron como contaminantes en la vía pública (litter).

En el 2002, EPHC (Environment Protection and Heritage Council) decidió reducir el impacto ambiental de las bolsas de plástico. Como primera medida se dictó un código de prácticas para que los mayores expendedores de bolsas logren reducir su consumo un 50%. Estos mismos negocios lograron reducirlo en un 41%, y a nivel nacional se redujo en un 34%. Aún así, durante el año

47 Fuente: Australia Environment Protection and Heritage Council, Plastic Retail Carry Bag Use, 2007.

2008 en Australia se usaron 4 billones de bolsas, lo que se traduce en más de 200 bolsas por persona al año.

Con el objetivo de reducir el consumo de unas 400 millones de bolsas, desde el 4 de mayo del 2009, las bolsas de plástico están prohibidas en el sur de Australia. Todo aquel negocio que expenda bolsas de polietileno podría ser multado por un valor máximo de U\$S 20.000. La prohibición se establece tanto sobre las bolsas de polietileno de espesor menor a 35 micrones, como sobre las bolsas 100% degradables que no cumplan con el estándar australiano AS 4736-2006, ya que sostienen que las mismas se rompen en pedazos más pequeños provocando igual o mayor daño al medio ambiente. Las únicas bolsas permitidas son:



Government of South Australia  
Zero Waste SA



Figura 8.3 - Bolsas alternativas permitidas en Australia.<sup>48</sup>

<sup>48</sup> Fuente: Government of South Australia, [www.byobags.com.au](http://www.byobags.com.au)

## 8.4 ESTADOS UNIDOS



Figura 8.4 - Campaña de la ciudad de California, EEUU.<sup>49</sup>

GOT YOUR BAGS?: es una campaña llevada a cabo en California, Estados Unidos, que tiene como objetivo promover el uso de bolsas reutilizables y concientizar a la gente sobre la posibilidad de reciclar las bolsas de supermercado.

Se establecieron campañas de recupero de bolsas en supermercados y negocios que expenden bolsas de polietileno con la finalidad de que el consumidor las devuelva una vez utilizadas.

Algunas comunidades han optado por prohibir su uso. Como contrapropuesta, ofrecen bolsas de papel o reutilizables de algodón. Las primeras se ha demostrado que no son una buena opción. Las bolsas reutilizables de algodón merecen un capítulo aparte de estudio ya que realmente son una buena opción pero deben luchar contra los cómodos hábitos de la gente que prefiere ir con las manos vacías al supermercado y además no desean pagar por bolsas para tirar la basura.



- En los Estados Unidos, aproximadamente 20.000 municipios tienen programas de recolección diferenciada de residuos.
- Más de 2000 empresas están trabajando en torno del reciclado de plásticos post-consumo.
- Casi todas la mayores áreas urbanas de USA tienen programas de recolección para el reciclado representando el 80 % de la población.

## 8.5 ARGENTINA

En Argentina se ha prohibido el uso de bolsas de polietileno desde el mes de Octubre del 2009, teniendo que entregar bolsas biodegradables en su lugar. Además, un proyecto presentado por los diputados nacionales Guillermo Baigorri y Adriana Marino estipula que para el año 2013 deberán sustituirse por biodegradables en todo el país.

<sup>49</sup> Fuente: página web oficial del Gobierno de la Ciudad de California.

## 8.6 ACCIONES CORPORATIVAS

### Supermercado Jumbo

El supermercado Jumbo expendió durante el 2008 unas 60 MM de bolsas que, considerando que cada una pesa 7g, estamos hablando de 420 tons de bolsas a nivel nacional.

La empresa Cencosud, gerenciadora de la cadena de hipermercados Jumbo y supermercados Disco y Super Vea, se propuso bajar el consumo de bolsas plásticas en un 30%. Para ello tomó las siguientes acciones en su campaña:

*Ajustar el tamaño de las bolsas plásticas:* la cantidad de productos que se incluyen en las bolsas es un factor determinante para definir cuántas de ellas se llevan consigo los clientes. Jumbo Retail propone optimizar el tamaño de las bolsas con el fin de incluir la cantidad de productos adecuada (entre 4 y 5 según el producto). Esta adaptación del tamaño de las bolsas convencionales reducirá, en el término de un año, la utilización de 6 millones de bolsas.

*Ofrecer bolsas de compra reutilizables:* con diseños exclusivos para cada una de las marcas, Jumbo Retail tiene a la venta en sus locales bolsas de compra fabricadas con material reciclable y elaboradas en el país, a un precio de 8 \$/bolsa.

## Campaña para el uso de la Geobolsa



### Problemática.

Figura 8.5 - Campaña del hipermercado Jumbo.<sup>50</sup>

*Incorporar inscripciones en bolsas convencionales:* con el fin de concientizar al cliente y la comunidad en su conjunto, las bolsas plásticas de la cadena Jumbo Retail presentan inscripciones alusivas a la reducción del uso de bolsas plásticas.

<sup>50</sup> Fuente: [www.jumbo.com.ar](http://www.jumbo.com.ar)

## Campañas en Estados Unidos

- En el 2007, la cadena de artículos para el hogar **IKEA** comenzó a cobrar 5 centavos de dólar por cada bolsa. La intención era reducir el uso de bolsas en un 50% (de 70 millones al año a tan solo 35 millones). Según su página web, en un año la compañía logró reducir el consumo en un 92% en las cadenas de Estados Unidos. A partir del 1ro de octubre del 2008 ya no expende bolsas de polietileno.
- Eco Film™ y Eco Works™ son dos marcas de la Corporación Cortec que producen films y bolsas degradables. Estos productos se convierten en Dióxido de Carbono y agua a las semanas de ser desechos.
- **BioBag** hace bolsas y films 100% degradables. Todos sus productos contienen almidón libre de modificaciones genéticas, polímero biodegradable y otros recursos renovables. No se utiliza polietileno. Dependiendo de las condiciones climáticas tienen un período de desintegración que va de 12 a 24 meses.
- **“Chico Bag”** es un nuevo modelo de bolsa multiuso. Es compacta, reutilizable, lavable, y no perjudica el medio ambiente.



Figura 8.6 - ChicoBag.<sup>51</sup>

## Campañas en España

- Enero de 2008: Carrefour España se convierte en la primera empresa de distribución en España en ofrecer a sus clientes bolsas biodegradables realizadas con almidón de patata industrial (no comestible), las cuales se ofrecen a un precio de cinco centavos de euro
- Junto a la opción de la bolsa biodegradable, Carrefour también ofrece desde 2004 bolsas reutilizables, fabricadas con materiales reciclables. Esta bolsa supone en su vida media un ahorro de unas 200 de plástico.

---

<sup>51</sup> Fuente: [www.chicobag.com](http://www.chicobag.com)

En la página web el cliente puede votar por el diseño preferido para que se venda en los supermercados.

- La cadena de Supermercados EROSKI ofrece la posibilidad de comprar bolsas reutilizables y además premia al cliente por no usar las bolsas de plástico habituales. Por cada compra que el cliente realice sin usar bolsas habituales EROSKI le da 5 centavos de euro

### **Campañas en el Reino Unido**

- La cadena de Supermercados Tesco se asoció con la diseñadora Británica Cath Kidston para lanzar seis diferentes diseños de bolsas reutilizables. Esta campaña se hizo bajo el logo “Que seas green no quiere decir que estés fuera de moda”. Cada bolsa cuesta £3.50 y por cada una que se venda, Tesco dona 50p a la Fundación contra el Cáncer de Marie Curie.

### **Campaña en Australia**

La mayoría de los supermercados de Australia instalaron tachos donde la gente puede depositar las bolsas usadas, de esta manera las mismas pueden ser recicladas.

Se estima que entre los años 2001 y 2002, 1.000 toneladas de bolsas (aproximadamente 180 millones de bolsas) se reciclaron gracias a esta campaña. Esto representa una tasa de reciclaje del 2,7 %, cuyo producto final fue utilizado como materia prima para la fabricación de tubos de riego.



### **Campañas en Chile**

- Octubre de 2007: Easy Chile incorpora bolsas biodegradables en sus 21 locales. La iniciativa “bolsas+ambiente”, permite que los 18 millones de bolsas que se entregan a los clientes anualmente puedan degradarse naturalmente una vez desechadas.
- Agosto de 2007: comienza a utilizar bolsas biodegradables. La iniciativa, implementada por Jumbo en sus 22 locales, aplica sobre los 120 millones de bolsas distribuidas anualmente. Las nuevas bolsas forman parte del programa “Por una mejor calidad de Vida” de Jumbo, en el marco del cual ya se han implementado una serie de iniciativas, entre las cuales se destacan el reciclaje de cartones, papeles y plásticos, las certificaciones internacionales de la calidad de sus procesos productivos y operacionales, y diversos proyectos que buscan disminuir el consumo de material de embalaje.



## 9. PLANTA CLASIFICADORA DE RESIDUOS

Una forma de recuperar las bolsas de basura es mediante las líneas de separación y clasificación de residuos sólidos. Se trata de un conjunto de equipos que permite que la masa de residuos domiciliarios circule a una velocidad determinada, a un volumen/hora requerido, para cumplir con los objetivos:

1. **Recuperar** los materiales que poseen un valor económico para ser reutilizado y/o reciclado.
2. **Minimizar** la cantidad de residuos que se envían a los sitios de disposición final.
3. **Mejorar las condiciones** en que se envían los materiales a los sitios de disposición final, para facilitar el manejo de los mismos (lograr mayor compactación, evitar dispersión de elementos livianos, etc.) dentro de estos sectores.

A continuación se puede apreciar el esquema de una línea de separación de residuos con estructura elevada utilizada en el CEMASE:

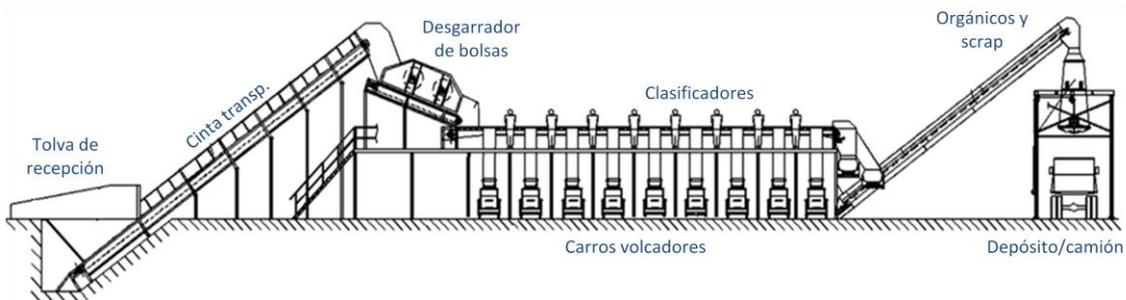


Figura 9.1 - Línea de clasificación de residuos.<sup>52</sup>

Las diferentes partes de la línea se detallan a continuación:

**Tolva de recepción:** el camión descarga los residuos, los cuales se encuentran embolsados, en una gran tolva ubicada por debajo del nivel del suelo. Las bolsas serán transportadas por una cinta elevadora hasta la desgarradora de bolsas.

**Desgarradora de bolsas:** recibe las bolsas y las rompe para liberar los residuos sobre una cinta transportadora. Esta operación resulta imprescindible para poder tratar volúmenes considerables. También disminuye el riesgo de corte y heridas punzantes en los operarios. Esta es la primera operación clave en el plan de recolectar las bolsas de supermercado ya que las mismas quedan a disposición de los operarios para su posterior clasificación.

<sup>52</sup> Fuente: Desarrollos Industriales S.A.

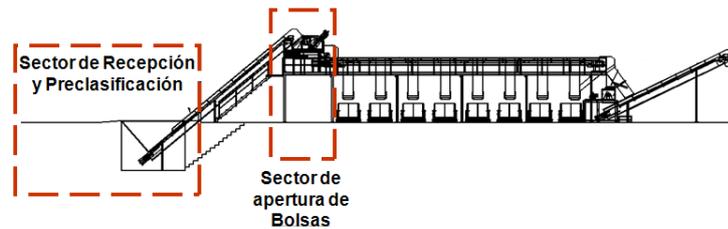


Figura 9.2 - Tolva de recepción.<sup>53</sup>



Figura 9.3 - Desgranadora de bolsas.<sup>53</sup>

**Sector de clasificación:** los residuos dispuestos sobre la cinta transportadora son conducidos a través de una serie de operarios cuya tarea es identificarlos según su tipo de composición para luego separarlos en los carros volcadores. Cada operario puede estar encargado de dos tipos de material diferentes, uno por cada mano. Los materiales son arrojados en las bocas de descarga, las cuales desembocan en los carros volcadores. Esta tarea es la que permitirá recuperar las bolsas de supermercado, destinando uno de dichos carros a ellas.

<sup>53</sup> Fuente: Desarrollos Industriales S.A.

**Depósitos:** está compuesto por los carros volcadores que alojan cada tipo de material.

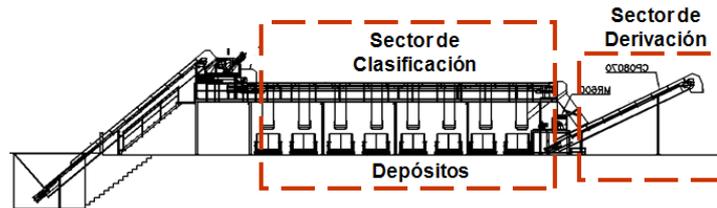


Figura 9.4 - Sector de clasificación.<sup>54</sup>

Las ventajas de esta máquina son:

- Conserva proporciones ergonómicamente adecuadas (no más de 1,2 metros de ancho).
- Conserva velocidades de transporte limitadas, lo cual define el nivel de calidad de selección.
- Optimiza cada línea para procesar residuos provenientes de sectores con características diferenciales.

<sup>54</sup> Fuente: Desarrollos Industriales S.A.

**A la hora de diseñar una línea de selección de residuos, se deben considerar los siguientes parámetros:**

1. Capacidad de Procesamiento: se refiere a las horas de trabajo diarias. Hay que considerar que como se trata de una condición de trabajo insalubre, la ley de trabajo dispone una jornada laboral máxima de 6 hs.
2. Nivel de selección de lo deseado: se debe predefinir si la separación será exhaustiva o básica. Esto establecerá la cantidad de operarios y la velocidad de la línea.
3. Tecnología de separación: definir si la separación será intensiva en mano de obra o intensiva en mecanización.
4. Compostaje: definir la necesidad de compostar residuos orgánicos, ya que esto definirá el largo de la línea y las tareas adicionales para tal fin, como la trituración de los residuos orgánicos para facilitar el posterior proceso de descomposición.

***Factores que afectan dichos parámetros:***

- Especialización y capacitación de operarios.
- Fluidez de carga y descarga.
- Utilización de tecnología opcional.
- Velocidades de cintas.

Actualmente en la Argentina, estas líneas de separación de residuos se encuentran instaladas en 7 municipalidades de las provincias de Buenos Aires, Santa Fe, Santa Cruz y San Luis.

Se tomó contacto con el Ing. Juan Gasparini, gerente general de la empresa Azcoitia, gerenciadora de los residuos de la municipalidad de San Nicolás, al norte de la Provincia de Buenos Aires, a fin de comprender la posición con respecto a las bolsas de supermercados utilizadas como bolsas de residuos. Actualmente procesan un volumen de 120 ton/día (2% del total), y han hecho pruebas de recupero de bolsas de residuos. El resultado de la misma, según el Ing. Gasparini, fue negativo en cuanto a la calidad del material recuperado ya que se encontraba altamente contaminado por el lixiviado de los residuos.

En contraposición a lo expresado por el Ing. Gasparini, en Chile ya se ha realizado el reciclado de bolsas recuperadas del flujo de residuos. Durante el proceso de reciclado, como se mostró previamente, el material es lavado eliminando las partículas extrañas y luego es calentado a altas temperaturas logrando eliminar los malos olores.

A fin de evitar dicho deterioro de las bolsas producto de la acción de lixiviado, se propone incorporar la trituración y lavado de las bolsas in situ.

### Aspecto económico

Una línea de separación de residuos con capacidad de 200 toneladas por día cuesta U\$S 320.000 (dólares estadounidenses). Considerando que el CEAMSE recibió 2,25 millones de toneladas de residuos durante el 2007, estaríamos hablando de unas 450 líneas de separación de residuos. Se podría aumentar la capacidad de cada una para reducir el monto de la inversión, pero a grandes rasgos, la implementación del recupero del 100% de las bolsas del flujo de residuos del área atendida por el CEAMSE rondaría los 144 millones de dólares.

Considerando lo establecido por la ley nacional nº 1.845, la implementación de dichas máquinas separadoras de residuos seguiría la siguiente distribución:

	Año 2010	Año 2012	Año 2017
Residuos dispuestos en rellenos sanitarios [tn]	1.048.359	748.828	374.414
Máquinas a implementar	30	30	15
Inversión entre períodos [millones U\$S]	10	10	5

Tabla 9.5 - Recupero según ley 1.845.

Considerar esta distribución para la implementación de las máquinas separadoras de residuos es un tanto absurdo a corto plazo considerando que actualmente en el área del CEAMSE sólo se han implementado 5 con la mitad de la capacidad de las consideradas para los cálculos. De todos modos se debe considerar que no sólo se podrían recuperar las bolsas de supermercado, sino que se podría clasificar el 100% de lo descargado en la línea, compostando finalmente la componente orgánica de los residuos.



## 10. USOS DE LAS BOLSAS RECICLADAS

Las diferentes resinas deben ser separadas, conduciendo a productos de mejor calidad y mayor precio, a menos que el producto final sea la denominada “madera plástica”.

En Estados Unidos, el mercado de la madera plástica (“composite” en inglés) creció un 20% en el último año. Este tipo de madera mezcla las bolsas de polietileno, previamente trituradas, con fibras de madera para formar un producto más resistente que la madera común.

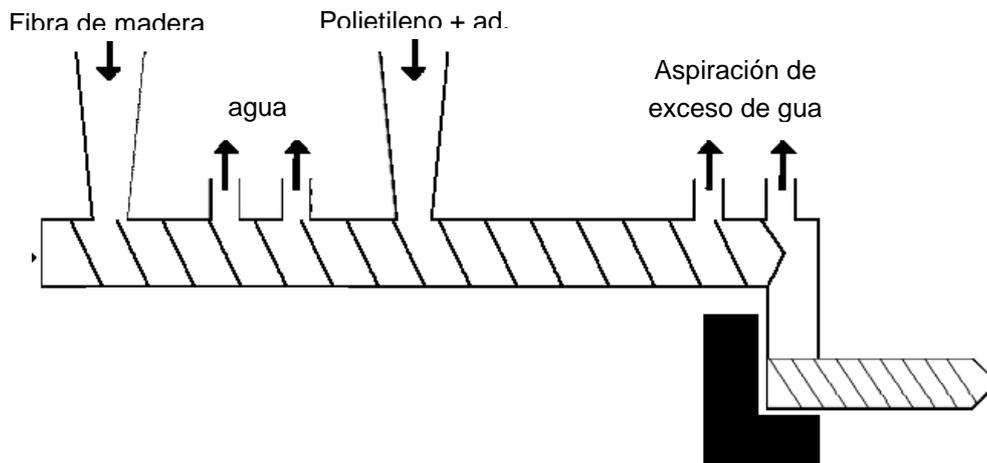


Figura 10.1 - Extrusión del composite.<sup>55</sup>

**Pallets:** con la fabricación de pallets de composite se evitan los típicos problemas que presentan los pallets de madera (se rompen, se astillan, se humedecen, etc). Además aumenta su resistencia mecánica haciéndolos especialmente útiles para apilar productos pesados.

**Durmientes de vías de tren:** en tres localidades de Estados Unidos ya se utilizan durmientes de composite en reemplazo de los clásicos de madera tratada que resisten entre 10 y 15 años. Los mismos deben ser recubiertos con un químico para aumentar su resistencia, el cual resulta tóxico para el medio ambiente. En cambio, con la incorporación de fibras de polietileno en su fabricación, se elimina la necesidad de dicho recubrimiento y además se aumenta su vida útil.

**Construcción civil:** las principales ventajas de la inclusión del composite en la industria de la construcción son la resistencia a los insectos, a la humedad, su facilidad de ser pintados y su costo.

<sup>55</sup> Fuente: Environment and Plastics and Industry Council.

**Muebles:** por su resistencia a la humedad, putrefacción y ataque de hongos, la madera plástica es apropiada para muebles de jardín.



Figura 10.2 - Muebles de jardín hechos con madera y bolsas.<sup>56</sup>

**Tablones para mobiliario urbano:** lo importante es obtener un acabado superficial liso, que facilite la limpieza e higiene. Dada la mayor flexibilidad que el plástico presenta, conviene reducir la longitud y aumentar el espesor de los tablones para aumentar la robustez estructural del banco o mesa.

## TREX

Trex es una fábrica estadounidense de decks de exterior. Sus productos están hechos de 50% de plástico reciclado y 50% de madera reprocesada, que de otro modo hubiesen sido dispuestos en un relleno sanitario. Su slogan es que ningún árbol es cortado para fabricar sus productos, la madera proviene de madera reacondicionada de madereras, pallets y aserrín (300 millones de kg anuales). Con respecto a las bolsas de plástico, Trex reutiliza 7 de cada 10 bolsas recicladas en EEUU, algo así como 1.5 mil millones de bolsas.



Figura 14 – Deck realizado con madera plástica de Trex.<sup>57</sup>

<sup>56</sup> Fuente: [www.ecoembes.com](http://www.ecoembes.com)

<sup>57</sup> Fuente: [www.trex.com](http://www.trex.com)

**Bolsas o films:** otra posibilidad es volver a fabricar otras bolsas o films. Algunas ciudades de Estados Unidos se han propuesto realizar un loop cerrado de bolsas de polietileno, es decir, reciclar mecánicamente el 100% de las bolsas utilizadas para proveer nuevamente el 100% de las bolsas a utilizar. Si bien es un objetivo al que solo se puede acceder asintóticamente, considera todas las formas posibles de cuidar el medio ambiente ya que deja de consumir energía renovable como materia prima y deja de dañar la fauna. El material debe ser meticulosamente limpiado ya que al menor rastro de contaminante se arruinaría la calidad del producto final, y afectaría el proceso de soplado de la película. Además, el polietileno admite un número finito de ciclos de reciclado mecánico ya que su estructura y propiedades se afectan progresivamente

Las temperaturas de procesamiento del polietileno (alrededor de 200°C) destruyen contaminantes orgánicos y las bacterias de los residuos. Sin embargo no es suficiente para la total esterilización, lo que origina la prohibición del contacto del material reciclado con alimentos.



## 11. CONCLUSIÓN

Si bien ya se ha tomado conciencia a nivel mundial sobre el efecto de las bolsas de polietileno sobre el medio ambiente, todavía no se ha logrado consenso sobre la forma de reducir el mismo. Ya sea mediante la aplicación de un impuesto, su prohibición o su reemplazo por biodegradables, ninguna propuesta puede asegurar una solución efectiva.

Aquellos países que optaron por aplicar un impuesto o prohibir el uso de bolsas de polietileno no han tenido en cuenta el sistema de RSU. Es decir, los ciudadanos utilizan estas bolsas para desechar la basura, por lo que si no tienen más acceso a ellas gratuitamente a través del supermercado, deberán comprarlas. Por lo que se debería trabajar sobre la forma de recolectar la basura para realmente obtener los resultados esperados.

En el caso de optar por las bolsas biodegradables o las oxodegradables, no se están considerando dos aspectos. Primero, que las mismas no han demostrado poder descomponerse en un relleno sanitario, por lo que no presentan ninguna diferencia con las bolsas comunes de polietileno. Segundo, que la contaminación ambiental es mayor si consideramos el análisis de ciclo de vida.

Una opción realmente comprometida con el medio ambiente es la de las bolsas reutilizables, pero nuevamente se encuentran ante el problema de la disposición final de los residuos por parte de los ciudadanos. Además, se debe lograr un alto grado de compromiso por parte de los usuarios. Por lo que este tipo de bolsas se encuentran con dos obstáculos muy grandes para poder ser una opción efectiva.

Se concluye que para lograr una solución comprometida con el medio ambiente se debe proceder al reciclaje de las bolsas de polietileno. Su recupero en origen es viable hasta cierto punto solamente, por el problema del desecho de residuos por parte de los ciudadanos. Por lo que sin atacar su función secundaria, no queda otra alternativa que recuperarlas en la etapa previa a su disposición final en el relleno sanitario. De esta manera, se propone implementar progresivamente líneas de separación de residuos a fin de recuperar las bolsas de polietileno. Si bien actualmente se lograría recuperar solamente un 5% de las mismas, es cuestión de lograr el compromiso del Gobierno Nacional para poder hacer viable esta solución. No se debe olvidar que dichas líneas de separación de residuos permiten clasificar tantos tipos de materiales como operarios se dispongan a lo largo de ella, por lo que se estaría apuntando al reciclaje del 100% de los residuos sólidos urbanos.

Los recuperadores informales quedarían fuera del recupero de bolsas ya que la recolección posterior de residuos se tornaría impracticable por los motivos ya mencionados.

Se debe tener en cuenta que no solo se trata de realizar la campaña y recuperar el material, también hay que desarrollar el mercado para el mismo. Introducir nuevamente los materiales al mercado tiene un costo elevado. También se debe concientizar la sociedad para que tengan en claro los objetivos. Para implementar un programa de reciclado se deben plantear objetivos claros y alcanzables, la comunidad tiene q creer, ver q realmente sirve separar, ver q otros productos se hacen.

## 12. BIBLIOGRAFÍA

### 12.1 LIBROS

- Peacock, Andrew. 2000. Handbook of Polyethylene: Structures, Properties, and Applications. 522 páginas. Editorial Marcel Dekker. ISBN 0-8247-9546-6.
- Ortuño, Ángel Vian. 1994. Introducción a la Química Industrial. 483 páginas. Editorial Reverté. ISBN 978-84-291-7933-0.
- Chanda, M. y Roy, S. 2006. Plastics Technology Handbook. 896 páginas. Taylor & Francis Group. ISBN 0-8493-7039-6.

### 12.2 BOLETINES Y PUBLICACIONES

- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. 2006. Sistema de indicadores de desarrollo sostenible, República Argentina. Jefatura de Gabinete de Ministros. Páginas 94-95.
- Instituto Petroquímico Argentino. 2009. Boletín técnico nro 54, Estudio de mercado del polietileno. Páginas 10-24.
- Plastivida Argentina. 2008. Boletín Técnico Informativo N°7: Performance ambiental de las bolsas plásticas. 37 páginas.
- Plastivida Argentina. 2009. Gacetilla informativa: aclaraciones sobre las bolsas plásticas. 3 páginas.
- Plastivida Argentina. 2009. Plásticos biodegradables, ¿Qué son? Y su relación con los RSU. Páginas 3-7.
- Facultad de Ingeniería de Buenos Aires (FIUBA) y Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad y Estado (CEAMSE). 2006. Estudio de calidad de los residuos sólidos urbanos. Páginas 46-50, 130-134.
- Garraín D., Vidal R., Franco V., Martínez P. 2008. Análisis del ciclo de vida del reciclado del polietileno de alta densidad. Páginas 58-64.
- Boustead Consulting & Associates Ltd. 2006. Life Cycle Assessment for Three Types of Grocery Bags - Recyclable Plastic; Compostable, Biodegradable Plastic; and Recycled, Recyclable Paper. 64 páginas.
- Fundación de la Industria Plástica (FIPMA) y Plastivida Argentina. 2006. Manual de valorización de los residuos plásticos. Páginas 37-92, 83-93.
- Cámara Argentina de la Industria Plástica. 2008. Posición de la cadena de valor de la fabricación de bolsas plásticas. Páginas 1-5.

### INTERNET

- Proceso de manufactura de las bolsas de polietileno. [http://www.quiminet.com/ar3/ar\\_aasdRsDFRsDF-la-fabricacion-de-](http://www.quiminet.com/ar3/ar_aasdRsDFRsDF-la-fabricacion-de-)

películas-plásticas-como-se-fabrican-las-bolsas-de-plástico.htm. Página vigente al 12/12/09.

- Plantas y equipos para clasificación de residuos sólidos urbanos. <http://www.deisa.com.ar/residuos.htm>. Vigente al 12/12/09.
- American Chemistry Council (ACC). [http://www.americanchemistry.com/s\\_acc/sec\\_newsroom.asp?CID=206&DID=555](http://www.americanchemistry.com/s_acc/sec_newsroom.asp?CID=206&DID=555). Vigente al 12/12/09.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC). <http://www.indec.gov.ar/>. Vigente al 12/12/09.