

23  
20



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE QUIMICA**



**EXAMENES PROFESIONALES  
DE QUIMICA**

**"ALTERNATIVAS EN EL RECICLAJE DE ENVASES DE  
VIDRIO Y PLASTICO, EMPLEADOS POR LA  
INDUSTRIA MEXICANA DE ALIMENTOS"**

**TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**QUIMICO FARMACEUTICO BILOGO**

P R E S E N T A

**FERNANDO BAUTISTA GALINDO**



MEXICO, D. F.

1993

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE

A .....	<b>OBJETIVOS</b>	Pág. 3
B .....	<b>INTRODUCCION</b>	Pág. 5
C .....	<b>ANTECEDENTES</b>	Pág. 8
C.1.....	Reciclabilidad, característica básica de un empaque funcional de alimentos.	
C.2 .....	El reciclaje como una nueva solución para viejos problemas.	
C.3 .....	El reciclaje, actividad que salva al medio ambiente.	
C.3.1 ....	Efecto invernadero.	
C.3.2 ....	Contaminación del agua.	
C.3.3 ....	Degradación de la capa de Ozono.	
C.3.4 ....	Erosión del suelo.	
C.3.5 ....	Lluvia ácida.	
C.4 .....	El reciclaje; más que una actividad una necesidad.	
C.5 .....	¿Por qué reciclar ?	
C.6 .....	Métodos de disposición de los desechos sólidos.	
C.6.1 ....	Tiraderos y rellenos sanitarios.	
C.6.2 ....	Pepena.	
C.6.3 ....	Compactación.	
C.6.4 ....	Incineración.	
C.6.5 ....	Composteo.	
C.6.6 ....	Reciclaje.	
C.7 .....	Composición de los desechos sólidos	
D .....	<b>PLASTICO</b>	Pág. 42
D.1 .....	Origen de los materiales plásticos.	
D.2 .....	Clasificación de los materiales plásticos.	
D.3 ....	Panorama internacional del sector plásticos.	
D.4 ....	Panorama general de algunos de los principales plásticos empleados en la fabricación de empaques y envases para alimentos.	

- D.4.1.... Polietilen Teraftalato.
- D.4.2 ... Polietileno de alta densidad.
- D.4.3 ... Cloruro de polivinilo.
- D.4.4 ... Polietileno de baja densidad.
- D.4.5 ... Polipropileno.
- D.4.6 ... Poliestireno.
- D.4.7 ... Otros.
- D.5 .... Consumo nacional de plásticos, crecimiento 1981-1992.
- D.6 .... Segmentación del consumo nacional de plástico.
- D.7 .... Sistema de codificación de envases y empaques plásticos.
- D.8 .... Proceso de regranulado de termoplásticos.
- D.9 .... Proceso de reciclado de mezclas de envases plásticos.

**E ..... VIDRIO** Pág. 108

- E.1 ... Origen del vidrio.
- E.2 ... Características del vidrio.
- E.3 ... Clasificación del vidrio.
- E.4 ... Proceso de elaboración del vidrio.
- E.5 ... Importancia del reciclaje de vidrio en el mercado de envases.
- E.6 ... Panorama de la industria de reciclaje de vidrio.
- E.7 ... Sistemas de reciclaje de envases vítreos para alimentos.

**F ..... ANALISIS** Pág. 118

**G ..... CONCLUSIONES** Pág. 144

**H ..... BIBLIOGRAFIA** Pág. 147

## **A OBJETIVOS**

- ◆ El objetivo de este trabajo es el de efectuar una revisión de los métodos de reciclaje existentes para el vidrio y el plástico empleados como envases de alimentos; describiendo tanto sus fallas y deficiencias, así como los aciertos y ventajas que presentan.
- ◆ También se presenta como objetivo de este trabajo el dar un panorama global de la producción y del consumo de los distintos tipos de plásticos y vidrios, empleados como envases de alimentos. No sólo a nivel nacional, sino de manera internacional.
- ◆ Se pretende hacer un análisis de la importancia que tienen los envases de alimentos como parte integral de los desechos sólidos (no basura), mostrando los niveles de generación de estos y considerando los problemas tan graves que se originan con los sistemas actuales de disposición de estos ( tiraderos, rellenos sanitarios e incineradores, etc.
- ◆ Durante el presente trabajo se pretende mostrar el devastador impacto ambiental de no sólo los principales métodos actuales de disposición de desechos sólidos, sino además se busca recalcar las erróneas políticas que se siguen en la actualidad en la industria de alimentos, con respecto al reciclaje de envases dentro de los sistemas de producción y legislación.
- ◆ Se pretende demostrar que el reciclaje después del reuso, es la actividad o grupo de actividades más importantes, viables, limpias, rentables, adecuadas, necesarias, apropiadas, sencillas, favorables y urgentes que se tienen para los envases de alimentos y prácticamente todos los materiales de desecho que genera el ser humano a lo largo de su vida.

◆ Durante este trabajo se desean mostrar los impedimentos que se tienen, al menos en México, para establecer sistemas apropiados de reciclaje de materiales de envase de alimentos, abarcando diversos aspectos como son los económicos, tecnológicos, políticos y sociales entre otros; así como algunas de las probables soluciones que se tendrían para erradicar o al menos disminuir dichos impedimentos.

◆ También se analizan los sistemas de reciclaje con que cuentan algunas de las principales ciudades de los países más avanzados en esta actividad.

◆ De manera global mediante esta tesis se pretende analizar la situación actual que vive el reciclaje de algunos de los materiales de envase de alimentos (vidrio y plástico) a nivel nacional y de manera menos profunda a nivel internacional, mostrando desde algunos de los aspectos más básicos o fundamentales de esta actividad, hasta su importancia económica, ecológica y social.

◆ Por último se tiene como objetivo de este trabajo, el fomentar una conciencia más previsor y menos derrochadora de los recursos del planeta, ya que en unos años los problemas se agravarán primero, con una escasez de materiales y después con una falta absoluta de materias primas, acarreando problemas económicos, políticos y sociales.

## B INTRODUCCION

Actualmente todas las sociedades del planeta se están enfrentando a un problema común, cada vez más necesario y difícil de atacar: la contaminación de suelos, aire, agua; la generación de residuos peligrosos, etc.; así como a las diversas vicisitudes que dichos problemas acarrearán; como son enfermedades, epidemias, extinción de otras especies, etc.

La industria en general (incluida la de los alimentos) es en gran medida la responsable de esta contaminación, debido a que exige la extracción de recursos naturales y a que conjuntamente con su infinidad de productos, obtiene desechos que alteran al medio ambiente.

En el caso particular de la Industria de Alimentos; considerando las primeras fases del sistema de producción, los principales problemas se encuentran marcados por la explotación irracional de materias primas por parte de la industria proveedora de sus insumos, y en consecuencia por el agotamiento de recursos naturales empleados para obtener los productos. Por otro lado considerando las últimas fases de los sistemas de producción, el principal problema que se presenta con sus productos, es el desecho generado a partir de estos.

El desecho al que se ha referido en el párrafo anterior, esta conformado principalmente por los materiales de envase y empaque empleados para conservar y proteger a los alimentos; entre los que destacan los plásticos, el vidrio, el papel, metales como el aluminio y otras aleaciones, etc.

Resulta claro que la industria es responsable de una gran parte del problema, pero que, tanto la sociedad consumista, como la falta de políticas adecuadas para el manejo de desechos impulsadas por los gobiernos, son en gran medida, quienes cargan con el resto.

En el presente trabajo no se pretende juzgar o culpar a quienes tengan una mayor responsabilidad en la contaminación del medio ambiente, sino tratar de plantear posibles soluciones para erradicar o al menos reducir en gran medida dichos problemas de contaminación, cada vez más críticos, para las sociedades actuales.

Uno de los principales problemas antes citados, es la producción de enormes cantidades de desechos sólidos, que son acumulados en depresiones del suelo, mares, ríos, etc.; causando terribles trastornos en el medio ambiente y que al no ser tratados adecuadamente, generan una serie de problemas más graves, como extinción de especies, erosión de suelos, epidemias y otros males, contaminación de mantos freáticos, etc.

Una gran parte de dichos desechos provienen o formaron parte de un envase de alimentos, y es mediante éste, que se logró hacer llegar un producto de calidad al consumidor, cuidando en gran medida las condiciones en las que dicho producto no sufriera cambios que pudieran alterar la salud del consumidor. Pero una vez desechado, ese mismo envase que anteriormente protegió y ayudó al consumidor, se transforma en un poderoso enemigo de su salud, al contaminar el medio ambiente que le rodea. 18

Los problemas creados por la producción de estas enormes cantidades de desechos no se limitan a ser de carácter ecológico o ambiental, sino además de tipo político, económico y social.

De lo expuesto con anterioridad (y que se tocará a fondo en el siguiente capítulo de este trabajo) puede surgir la duda ¿Qué relación existe entre este problema y un Tecnólogo en alimentos o Químico de alimentos ?

La respuesta es sencilla, ya que al industrial y en general a toda la sociedad consumidora pronto, en un futuro no muy lejano, se le presentará un enorme problema: la falta de materias primas y por lo tanto el encarecimiento de los productos, así como problemas críticos en el medio ambiente que les rodea. Por lo tanto resulta necesario el plantear y establecer medidas y cambios, mediante los cuales se eliminen o disminuyan las enormes cantidades de material desperdiciado, y es a los tecnólogos de alimentos, junto con los ingenieros en empaques y otros profesionistas a quienes toca la responsabilidad de hacer cambiar los sistemas actuales de producción de envases de alimentos, en los que se deberá integrar al alimento, al envase y al medio ambiente, como un todo.

Una de las medidas que se tiene para reducir el problema, y que se considera como una de las mejores (ya que son varias y se estudiarán en el siguiente capítulo) es el **RECICLAJE** de los distintos materiales de envase. Por ser un tema tan largo, únicamente se considerarán dos de estos materiales:

El **plástico** (considerando los seis tipos más importantes empleados en la industria de alimentos) y el **vidrio**, empleado en gran medida como envase de bebidas y otros productos.

El plástico es el material de envase más difícil de reciclar, ya que las limitantes que se tienen para este material son entre otras de tipo tecnológico, social, político, económico y cultural.

Por otra parte, el vidrio es el material de envase más fácil de reciclar, pero se hace de manera deficiente en México y en gran parte del mundo, debido a aspectos sociales, políticos, económicos y culturales.

Durante el trabajo se describen a fondo los problemas que se presentan en México para reciclar a estos dos materiales de envase de alimentos; y se tratará de manera más superficial el problema para el resto del mundo.

## **C ANTECEDENTES**

El presente trabajo tiene como fin el mostrar la importancia del reciclaje de los envases de los diversos alimentos que se consumen en el mundo y se tiene la convicción de que es a los Tecnólogos en alimentos, a quienes corresponde no sólo el hecho de difundir esta actividad, sino que son los responsables de que se realice esta tarea tan importante y necesaria no única para México, sino para todos los países del mundo.

### **C.1 RECICLABILIDAD, CARACTERISTICA BASICA DE UN ENVASE FUNCIONAL DE ALIMENTOS.**

Antes de continuar cabe aclarar o definir lo que es un envase, un embalaje y un empaque.

Envase primario.- En contacto con el producto.

Envase secundario.- Envoltura o caja que contiene al envase primario.

Embalaje.- Sistema para contener y transportar envases primarios o productos a granel.

Empaque.- Material para amortiguamiento de choques y para relleno de cajas.

Durante el presente trabajo no se harán diferencias entre envases primarios o secundarios, tratándoles como uno mismo.

Se considera que el Tecnólogo, Ingeniero o Químico de alimentos es el responsable de buscar ciertas características en un material para que cumpla con ciertos requisitos básicos para hacer de éste un empaque o envase funcional.

En general las funciones que se buscan para un embalaje o envase de alimentos son entre otras:

- ❖ Protección.- Contra gases, humedad, rayos solares y ultravioleta, agentes atmosféricos, impermeabilidad, etc.
- ❖ Estabilidad.- Protección contra agentes químicos, calor, frío, congelación, radiación, gases, aceites y agua. Conservación de aromas, etc.
- ❖ Resistencia física.- Suavidad, resistencia a la tracción, al estiramiento, al desgarre, a la flexión, al corte, al rozamiento, a la compresión, a punzadas y golpes.
- ❖ Maquinabilidad.- Hermeticidad, deslizamiento, elasticidad, estabilidad dimensional, evitar la contracción térmica y la electricidad estática y poder soportar adhesivos.
- ❖ Comodidad.- Ergonomía, fácil de abrir y cerrar, apto para impresión, sirve como unidad de distribución, puede ser modulable, etc.
- ❖ Economía.- Precio unitario, productividad, carga y descarga, transporte, normalización, almacenamiento, sistematización, etc.
- ❖ Higiene.- Protección contra la entrada de objetos extraños, olores desagradables y microorganismos, seguridad, control de reglamentación, protección contra falsificación para evitar la descomposición y cambios de color del producto, etc.
- ❖ Comercialización.- Presentación del producto, debe agradar, debe estar de moda, debe diferenciar al producto de otros parecidos en el mercado, debe dar un efecto de coloración, de blancura, de transparencia, de brillantez, etc. (31)

Como ya se ha mencionado en general el Tecnólogo sólo se fijaba en aspectos tales como que el envase fuese inerte a los distintos componentes del producto, protector, contenedor, conservador, estético e informador del producto que contiene, etc. Pero ahora ha llegado el momento de que se observe al alimento y al envase como un todo, pero junto con el medio ambiente, ya que con las políticas actuales de producción se están incorporando estos envases (ya utilizados y desechados) a mares, ríos, suelos y aire, en forma de contaminantes.

Es tiempo de que el Tecnólogo antes de declarar como óptimo un material o tipo de envase, deba considerar la reciclabilidad de éste. Es tiempo que el industrial apoyado en un Tecnólogo de alimentos, le de una importancia de igual o mayor magnitud al reciclaje del envase así como se le da a otras características como son la resistencia al calor o la permeabilidad a gases y humedad. 24

Entonces, es necesario agregar a la lista de atributos deseados para designar a un envase de alimentos como funcional, su grado de reciclabilidad. En la siguiente tabla, se presenta la participación porcentual aproximada de los diversos materiales empleados por la industria de la transformación, para convertirlos en envases y embalajes. (22)

<b>MATERIAL</b>	<b>PARTICIPACION PORCENTUAL</b>
Papel y Cartón	39.4 %
Metal	20.1 %
Vidrio	17.8 %
Plástico	14.9 %
Textiles	4.9 %
Madera	2.9 %

(Fuente: Dirección General de Estudios y Censo Industrial, 1980)

## **C.2 EL RECICLAJE COMO UNA NUEVA SOLUCION PARA VIEJOS PROBLEMAS**

Se necesita; para poder continuar disponiendo de los actuales materiales de envase de alimentos, establecer en un futuro no muy lejano, sistemas eficientes de reciclaje, ya que está comprobado que con los sistemas actuales de producción, pronto escasearán materias primas tales como la Bauxita empleada en el aluminio de las latas de refrescos y otras bebidas como la cerveza o las diversas arenas empleadas en la fabricación del vidrio del que se obtienen botellas y frascos o la madera de donde se obtiene el papel con el que se le da una presentación al alimento. Como consecuencia de esto es necesario considerar a los residuos o desechos sólidos como recursos estratégicos con una gran y diversa potenciabilidad.

Son también conocidos los grandes problemas de contaminación causados por las grandes acumulaciones de desechos sólidos en mares y suelos a lo largo de todo el planeta, así como los contaminantes del aire generados por la incineración de estos.

En México, aunado a la producción de maquinaria, bienes de inversión y de consumo; existe una gran producción de desechos y residuos sólidos que son responsables en gran medida del desequilibrio ecológico del que hoy se padece, y son además un reflejo de esta sociedad consumista y derrochadora que se enfrenta a problemas cada vez mayores de escasez de recursos renovables y no renovables. 3

Cabe señalar que hasta este momento y en lo subsecuente, no se ha mencionado a los desechos sólidos como "basura" ya que de acuerdo al diccionario se le llama basura a cualquier objeto que después de un uso no puede tener utilidad alguna. Por otro lado un desecho es cualquier material que después de ser empleado para un determinado fin, puede, después de pasar por algún proceso u operación, ser reusado para el mismo fin que se le creó o para otro totalmente distinto.

Existen un sin número de causas por las que se generan grandes acumulaciones de desechos sólidos, entre ellas la incultura, hábitos, flojera, indecisión, incompetencia, conformismo, irresponsabilidad, etc.; pero hasta la fecha, ni en México, ni en ningún otro país se han dado soluciones realmente efectivas para erradicar este problema.

Los desechos sólidos no representan únicamente un problema de contaminación ecológica, sino además son una carga para las sociedades dado el costo económico que representan.

Para el año de 1982, se produjeron en México aproximadamente 48,000 toneladas diarias de desechos sólidos, en 1990 fueron 62,000 toneladas al día y se estima que para el año 2000 se producirán cerca de 100,000 toneladas al día. Para poder hacer una visualización de la cantidad de desechos generados basta mencionar que el 30% del total de los desechos generados en el país tienen su fuente en el área metropolitana y que si se dejan acumular en un mes, ocuparían tres millones de metros cúbicos o el equivalente a tres estadios Azteca. Es decir que los desechos de todo el país ocuparían 10 millones de metros cúbicos o el equivalente a diez estadios Azteca por mes. (8)

A nivel mundial la cantidad de desechos sólidos generados en un día es de 4 millones de toneladas que con una densidad media de 200 kg/m<sup>3</sup>, equivalen a 20 millones de metros cúbicos que ocuparían un recipiente de base cuadrada de un kilómetro por lado y de 200 metros de altura e irónicamente son los países más desarrollados e industrializados los mayores aportadores. La generación per capita de desechos sólidos en estos países es de hasta 2.0 kilogramos al día y es en cambio de 0.5 kilogramos al día en países con poblaciones pequeñas y con un menor desarrollo. (8)

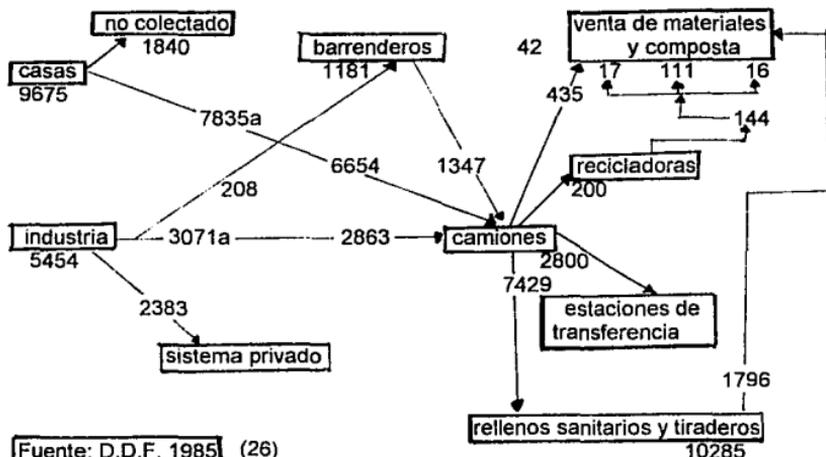
De la misma manera como varía la cantidad, dentro de un mismo país e incluso dentro de una misma población, existen grandes variaciones en la composición de los desechos de acuerdo a distintos factores como son el estrato social, costumbres, ubicación geográfica, sistemas de servicio de limpia y a la actividad económica predominante. Resulta remarcable que aún dentro de una misma casa, la composición de los desechos sufre notables cambios de temporada a temporada o debido a determinadas fechas o eventos. 7

Resulta alarmante que tan sólo el 30% de los residuos antes señalados son tratados, mientras que el 70% restante se entierra o quema constituyendo un serio problema ecológico, higiénico, sanitario, político, social y económico ya que el costo de la recolección, transporte y eliminación es cada vez más caro. También desde el punto de vista energético se pueden ver a estos desechos como un gran desperdicio, ya que se está desaprovechando el gran potencial energético de los residuos.

A continuación se presenta un diagrama de flujo de los desechos sólidos en el D.F., abarcando, desde los lugares donde son generados, hasta su disposición final. Las cantidades son aproximadas y están expresadas en toneladas por día.

DIAGRAMA DE FLUJO DE LOS DESECHOS GENERADOS EN EL D.F.

**Total generado** = 15129 = **No colectado** 1840 + **fuera del sistema público** 2383 + **Reciclado** 2401 + **CO2 y agua** 16 + **dispuesto en Tiraderos** 8489



Fuente: D.D.F. 1985 (26)

Para las cantidades que aparecen con una letra " a ", se indica la composición aproximada y se presenta en la siguiente tabla. Los datos fueron obtenidos en 1985 y corresponden a un estudio socioeconómico para establecer un sistema de reciclaje de los desechos del D.F. (26)

**Composiciones aproximadas de los desechos marcados con "a" :**

componente	industria Ton/día	casas Ton/día	total	%	%reciclado
materia orgánica	1209	3727	4936	45.3	2
metal	85	251	336	3.1	55
papel	957	1216	2173	30.0	61
cartón	445	224	669	6.1	83
plástico	60	359	419	3.8	49
vidrio	58	440	498	4.6	52
textiles	28	224	252	2.3	37
otros	229	1394	1623	14.9	22
<b>Total</b>	<b>3071</b>	<b>7835</b>	<b>10906</b>	<b>100</b>	

Fuente: D.D.F.1985 26

### **C.3 EL RECICLAJE, ACTIVIDAD QUE SALVA AL MEDIO AMBIENTE**

A continuación se presentan algunos de los problemas que pueden ser abatidos mediante programas eficientes de reciclaje.

#### **C.3.1 EL EFECTO INVERNADERO**

La temperatura de todo el planeta se está elevando, esto debido a la liberación desmedida de gases a la atmósfera tales como: bióxido de carbono y metano.

Los gases antes nombrados funcionan igual que la pared de un invernadero, donde los rayos solares pueden entrar pero no salir; las principales fuentes emisoras de estos gases son los automóviles, las fabricas y las plantas de energía, que generan el bióxido de carbono al quemar gasolina, gas natural, aceite y carbón.

Otras fuentes de emisión de metano son los tiraderos donde por degradación de los desechos, se genera en grandes cantidades.

Entonces surge la pregunta. ¿Qué relación tiene este sobre calentamiento del planeta, con una actividad como el reciclaje ?.

La respuesta se encuentra, al hacer un análisis de la cantidad de energía que se ahorra al reciclar los distintos materiales empleados día con día al consumir los alimentos. Por ejemplo, una tonelada de Aluminio reciclado puede ahorrar hasta en un 95% la energía para formar un lote de Aluminio nuevo ; con lo que se libera menos CO<sub>2</sub> a la atmósfera. (36)

También al reciclar los materiales de envase, se genera menos basura que es llevada a los tiraderos y por lo tanto se produce menos metano.

### **C.3.2 LA CONTAMINACION DEL AGUA**

Resulta ser cada vez más común que los pozos, ríos y demás mantos freáticos subterráneos se encuentren contaminados.

Los contaminantes del agua en muchas ocasiones son provenientes de los tiraderos de basura donde sus lixiviados mezclados con la lluvia, se filtran hacia el interior del subsuelo.

Con programas adecuados de reciclaje, se generarán menos desechos que acaban en los tiraderos y por lo tanto, menos lixiviados contaminantes del agua y suelo; también se disminuye el volumen de agua desperdiciada en las industrias.

### **C.3.3 DEGRADACION DE LA CAPA DE OZONO**

La capa de Ozono que protege de los rayos ultravioleta, emitidos por el sol, está siendo destruida por gases empleados por el hombre; estos gases llamados Clorofluorocarbonos resultan ser un peligro para el propio hombre, los animales, las plantas y en general, para todo el medio ambiente.

Con los programas de reciclaje de empaques, se ayuda a disminuir el uso de solventes en su manufactura ya que, para iniciar un proceso con materiales reciclados, se requieren de menores cantidades de solventes, que partiendo de un proceso, en el que se emplean materias primas vírgenes para producir una misma cantidad de materiales de envase; con la consecuente disminución de Clorofluorocarbonos liberados a la atmósfera.

### **C.3.4 EROSION DEL SUELO**

Como ya se ha comentado, los lixiviados provenientes de los grandes tiraderos se filtran a los mantos freáticos y al ser acarreados por el agua, se distribuyen a lo largo de grandes extensiones de subsuelo, contaminándolo y haciéndolo poco propicio para la agricultura y otras actividades. La búsqueda de nuevas fuentes de materias primas para los diversos envases de alimentos, siempre acarrea la devastación de arboles, con la subsecuente desertificación del terreno.

### **C.3.5 LA LLUVIA ACIDA**

Se están mezclando grandes cantidades de gases ácidos con las gotas de humedad de la atmósfera, cuando dicha humedad se precipita en forma de lluvia o nieve, los gases ácidos caen junto con ella, a este fenómeno se le conoce como lluvia ácida.

Los gases antes referidos son óxidos de sulfuro y de Nitrógeno, que provienen de la incineración de combustibles fósiles (Carbón, aceite y gas natural) empleados por las fábricas, los automóviles y las plantas de energía.

En algunos lugares se han alcanzado niveles de acidez tan altos, que representan serios peligros para la salud de hombres, animales y plantas.

Con los programas de reciclaje, se requieren de menores cantidades de energía en la manufactura de los materiales de envase para alimentos, reduciéndose por lo tanto la incineración de combustibles fósiles y en consecuencia se elimina o reduce la lluvia ácida.

#### **C.4 EL RECICLAJE, MAS QUE UNA ACTIVIDAD UNA NECESIDAD.**

A continuación se presenta un panorama general de la necesidad de establecer programas eficientes de reciclaje de plásticos, latas y vidrio.

De acuerdo con lo establecido en puntos anteriores de este trabajo, se conoce la gravedad y el peligro que representa la gran cantidad de desechos que se generan. Actualmente se producen en promedio 1.3 Kg de desechos al día por persona, tan sólo en la ciudad de México se producen 15000 Ton al día. De acuerdo con una aproximación estadística un adulto promedio generará a lo largo de su vida 600 veces su peso en basura. (23)

Los rellenos sanitarios que en México y en casi todo el mundo son simples tiraderos de basura y que de acuerdo con su capacidad y ubicación tienen una vigencia o vida útil determinada, actualmente se están saturando y cada vez resulta más difícil y más costoso disponer de nuevos lugares.

Aún cuando se consiga un lugar donde establecer un nuevo tiradero, si no se cumplen al pie de la letra las especificaciones propias de un "relleno sanitario", el tiradero creado, en lugar de incrementar la sanidad de la zona, sólo aumentará los riesgos de salud de las poblaciones aledañas.

De acuerdo con la Agencia de Protección del Ambiente de los E.U.A. (EPA), prácticamente todos los tiraderos y rellenos sanitarios del mundo presentan filtraciones de lixiviado hacia el subsuelo, contaminando no sólo el suelo, sino además los mantos freáticos subterráneos. (20)

Como ya se ha tratado también con anterioridad, la incineración de los desechos generados no es la mejor opción de disposición final de estos; se ha determinado que aún estableciéndose y cumpliendo con todos los controles de contaminación, los incineradores son una de las principales fuentes de contaminación del aire en muchas comunidades; estas industrias liberan a la atmósfera gases que contribuyen a la generación de la lluvia ácida, metales pesados tóxicos (Níquel, Cadmio, etc.), compuestos cancerígenos como las dioxinas y cenizas que deben ser llevadas a tiraderos o rellenos sanitarios.

De lo antes expuesto, es fácil deducir que los tiraderos y los rellenos sanitarios no son una buena forma de disposición final de desechos, ya que sólo son lugares donde se acumula basura.

Los incineradores no son de manera alguna una opción totalmente viable, ya que generan otros tipos de contaminación, por lo tanto la mejor opción se presenta como una disminución de la cantidad de basura generada y esta opción involucra a las tres " R " **REUSAR, REDUCIR y RECICLAR.**

El reciclaje de los productos empleados en un hogar común, se puede llevar algo así como dos a cinco minutos al día.

Esta actividad resulta por mucho, ser más barata que la incineración o que la disposición final en tiraderos o rellenos sanitarios; en diversas comunidades resulta más caro un sistema de eliminación de desechos que mantener al sistema de seguridad pública. Con el reciclaje el consumidor ahorra dinero ya que al producir una menor cantidad de desechos, es más fácil y por lo tanto más barato disponer de ellos. (10)

Con la generación de una industria de reciclaje se crean empleos y se incrementan las fuentes de ingresos de las familias.

Con programas de reciclaje eficientes, se salvan grandes cantidades de recursos naturales, por ejemplo el petróleo, de donde se obtienen los distintos plásticos empleados en los envases de alimentos, la Bauxita empleada en la fabricación de latas de aluminio, y de la que, de seguir su explotación como se ha llevado a cabo en los últimos años, en 200 a 300 años se habrá agotado por completo. (33)

**El reciclaje de plástico latas y vidrio ahorra además una gran cantidad de energía, algunos ejemplos de los beneficios que involucra el reciclaje en ahorro de energía son :**

- **Con el reciclaje de una sola lata de aluminio, se ahorra energía suficiente para tener encendida una televisión por tres horas.**
- **Al reciclar el vidrio se ahorra hasta un 32% de la energía requerida para la fabricación de un lote a partir de materias primas vírgenes.**

**Esto debido a que se abate la temperatura de fusión para obtener el nuevo vidrio, etc.**

- **Además existen beneficios indirectos con el ahorro de energía como lo es, la reducción de la contaminación generada por las refinерías.**

## **C.5 ¿ POR QUE RECICLAR ?**

Con el reciclaje de los diferentes tipos de materiales de envase se tienen cinco beneficios principales :

- ❖ Se contribuye al suministro de materias primas, salvando grandes cantidades de recursos naturales.
- ❖ Se reducen los volúmenes de basura generados, requiriéndose de menores espacios para su disposición final.
- ❖ Se tiene un ahorro de energía.
- ❖ Se disminuyen las descargas de contaminantes a suelos, agua y aire.
- ❖ Se abaten los costos de los procesos de manufactura de envases.

( A lo largo de este trabajo se tratarán a fondo cada una de estas ventajas)

Cada una de las anteriores se darán en mayor o menor escala dependiendo de la eficiencia en la operación de reciclaje.

La disminución en los costos, energía y contaminantes liberados, se presentan debido a que los materiales reciclados o materias primas secundarias, como las latas de aluminio o las botellas de vidrio de desecho, se encuentran con una composición mucho más cercana al producto final que las materias primas.

Con el reciclaje desde luego que surgen un sin número de costos por las diversas actividades que se involucran durante esta operación, pero también es cierto que estos costos en la mayoría de los casos son inferiores a los que se tendrían partiendo de materiales vírgenes.

Cabe señalar que aún cuando los costos de producción de los envases para los que en su manufactura se involucran materiales reciclados sean en algunos casos, superiores a los costos de producción para envases formados a partir de materiales vírgenes. Se debe, antes de considerar un criterio económico, enfatizar el criterio ecológico, ya que de no ser así además de surgir una gran escasez de materias primas con lo que finalmente se elevarían los costos de producción, con la búsqueda de

nuevas fuentes para estos materiales se agudizarían los problemas de contaminación y degradación del medio ambiente.

Por ejemplo: en el caso de las latas con una producción "secundaria" (partiendo de materiales reciclados) se requieren menos procesos metalúrgicos y químicos que en una producción primaria (partiendo de materias primas vírgenes).

Debe considerarse además que las plantas de producción secundaria son mucho más sencillas que las plantas convencionales, por lo que resultan ser más baratas y requieren de menores capitales de inversión para ser establecidas y operadas.

También las plantas de producción secundaria pueden ser establecidas en menores tiempos y pueden localizarse en sitios claves, relativamente cercanos a donde se producen las grandes cantidades de desechos. Cosa que no sucede con las industrias de producción primaria ya que para estas, una de sus grandes licitaciones para poder ser establecidas es el requisito de tener en sus cercanías una fuente de materias primas. (Depósito, mina, etc.) 32

En general los costos de operación de una producción secundaria son inferiores a los costos de operación de una producción primaria, representando en algunos casos óptimos tan sólo del 25 al 35% de esta última. (33) (26)

La tecnología que se tiene para introducir una producción basada en materiales reciclados no se encuentra en una etapa primitiva pero tampoco se encuentra en una etapa de madurez absoluta, por lo que se esperan grandes innovaciones con la introducción cada vez más agresiva de este tipo de industrias.

## **C.6 METODOS DE DISPOSICION DE LOS DESECHOS SOLIDOS**

Los principales métodos que se emplean para disponer de manera final de los desechos sólidos son :

- Rellenos sanitarios y tiraderos
- Pepena
- Compactación
- incineración
- Composteo
- Reciclaje

A continuación se da una descripción general de cada uno.

### **C.6.1 RELLENOS SANITARIOS Y TIRADEROS**

La definición teórica de estos sitios es: "Es el lugar legalmente autorizado donde se depositan las basuras municipales después de la clasificación, separación y selección de las mismas para su posterior entierro" (15).

Los rellenos sanitarios no deberían ser como sucede en México y muchos otros países "desarrollados"; barrancas, minas, depósitos de agua secos y en general, cualquier depresión de terreno que al no presentar mejores opciones de uso, son destinadas a ser receptoras finales de los desechos sólidos generados por sus habitantes más cercanos.

Para poder entender lo antes descrito se analizará la gran diferencia que existe entre un relleno sanitario y un tiradero de basura, ya que aún cuando el fin de ambos es el mismo, un relleno sanitario resulta ser mucho más elaborado que un simple hueco en la tierra que será saturado de basura.

## RELLENO SANITARIO

El relleno sanitario es un lugar destinado a ser el depósito final de una gran variedad de materiales denominados desechos sólidos, que no son más que los residuos producidos por un grupo de seres humanos al satisfacer sus necesidades básicas (alimentación, vestido, etc.)

El principal fin de este lugar es el lograr que los problemas de contaminación ecológica generados por las grandes acumulaciones de desechos, puedan ser más fácilmente controlables al encontrarse en un sólo lugar y no repartidas a lo largo de grandes extensiones, es decir, que resulta mucho más sencillo controlar grandes cantidades de basura en un solo sitio, que pequeñas cantidades pero en un gran número de sitios.

Para poder ser llamado "relleno sanitario" el lugar, debe cumplir con ciertos requisitos: (28)

- Debe estar situado lo suficientemente alejado de cualquier asentamiento humano o zona urbana, para que no represente un peligro para la salud de los individuos y animales que la habitan.
- Deben existir vías terrestres en buenas condiciones, por las que circulen los camiones que alimentan al relleno con desechos, es decir, su acceso debe ser sencillo y rápido.
- Debe tener una vasta extensión y por lo tanto una capacidad considerable, para que su uso sea prolongado y rentable.
- En cuanto a lo que es propiamente el terreno, éste debe constar en sus capas más inferiores, de una capa de barro o tierra muy compactada, cubierta a su vez de una capa de pedazos o partículas de algún plástico de alta densidad. Además incrustados entre estas dos capas debe existir un sistema de pipas perforadas con la función de recolectar y canalizar el lixiviado que se ha filtrado a través de los desechos, hacia un centro de tratamiento.
- El relleno debe contar con una red de monitoreo de los posibles contaminantes de pozos y fuentes de agua subterráneos, cercanos a la zona del relleno sanitario.

- Dentro de las zonas aledañas debe haber un lugar de donde se pueda obtener la tierra que será colocada día con día sobre la capa de desechos formada, esta capa de tierra se coloca con el fin de eliminar los malos olores generados por los desechos y para evitar la proliferación de fauna nociva en la zona.
- Debe existir además del sistema recolector de lixiviado, un sistema recolector del metano generado por la descomposición de los desechos orgánicos; el metano puede ser quemado o aún mejor puede emplearse para producir electricidad.
- Una vez que se ha saturado el relleno sanitario se debe cubrir la totalidad de su extensión con una capa totalmente impermeable al agua, y arriba de esta, debe haber una red de captación para el acarreo del agua de lluvia.
- Por último se cubre con una capa de tierra de 10 a 20 metros de altura, sobre la que se pueden construir aeropuertos, áreas verdes, zonas recreativas como campos de golf, etc.
- Cabe señalar que entre otros muchos detalles que se deben considerar para establecer en un determinado lugar un relleno sanitario, se debe conocer la capacidad del sitio, las limitaciones y características del suelo, el tipo de desechos que se van a depositar y los líquidos que estos originan, las pendientes del terreno, las precipitaciones que imperan en la zona, así como los vientos dominantes y las temperaturas extremas, etc.

## TIRADEROS DE BASURA

Por desgracia este es el tipo de depósitos finales de desechos que más se emplean no sólo en México, sino en todo el mundo.

La realidad es que debido a la gran existencia de tiraderos de basura incontrolados, estos en lugar de ser una ayuda para la "eliminación" de desechos sólidos, son una pieza fundamental en el origen de la depredación y degradación ambiental, sobre todo en la periferia de los grandes asentamientos humanos y en los mantos freáticos de los que se extrae el vital líquido de consumo humano.

Un tiradero de basura es cualquier depresión de terreno, que se encuentra cerca de una ciudad o asentamiento humano al que en el mejor de los casos se le realiza un estudio no muy a fondo sobre sus características y sobre el medio ambiente que le rodea; en el cual se destinan todo tipo de desechos, los cuales se distribuyen en camas de 20 a 30 cm de espesor y se compactan formando una celda que deberá recubrirse con una capa de tierra de entre 15 y 20 cm, esparcida y compactada igual que los residuos por lo menos una vez al día, al término de la jornada de trabajo. (6)

Una vez que se ha saturado el terreno destinado para el tiradero, se cubre la superficie con una capa de tierra de 40 a 60 cm, la cual se conoce como cubierta final y tiene la finalidad de:

- + Soportar el tránsito de vehículos,
- + permitir la siembra de vegetación,
- + facilitar la instalación de canales superficiales y
- + permitir la realización de nivelaciones del terreno con el paso del tiempo.

Como se puede apreciar un tiradero de basura es un lugar que a diferencia de un relleno sanitario, requiere de un mínimo de infraestructura y no tiene control alguno sobre los lixiviados y los gases generados por los desechos.

Con las filtraciones de agua de lluvia a través de las capas del tiradero, y al no contar con una capa inferior impermeable a líquidos y un sistema apropiado de captación y recolección de lixiviados, gran parte de estos son arrastrados al subsuelo del tiradero y una vez ahí, no resulta difícil que se mezclen con el agua de los mantos subterráneos, y recorran grandes distancias hasta ser extraídos junto con el vital líquido de consumo humano.

Además de la contaminación de suelos y agua, el tiradero es un auténtico festín para la fauna nociva como cucarachas, ratas y ratones, las cuales son portadoras de grandes males para el hombre y otros animales.

Otro problema que se tiene con los tiraderos es la contaminación del aire, ya que con las tolvaneras, se levantan grandes cantidades de tierra y polvo que son responsables de males respiratorios en los habitantes de las zonas aledañas a estos.

Además, se debe considerar la liberación de metano y otras sustancias que son contaminantes de la atmósfera; otro hecho notable es el mal olor que se desprende a partir de estos lugares por la descomposición de los desechos.

Tanto los grandes tiraderos de basura como los rellenos sanitarios (en menor escala) que existen a lo largo del país, y en general de todo el planeta, no son más que el reflejo de una sociedad desidiosa, derrochadora, consumista y por lo tanto decadente; que no sabe resolver un problema sin generarse otros tantos.

Un tiradero de basura no es más que una forma de querer engañar y de pretender esconder a uno de los principales responsables de los grandes problemas a los que se enfrentan todas las sociedades "civilizadas" actuales: la contaminación indiscriminada de suelos, aire y agua, así como la destrucción de otros recursos naturales no renovables. 30

Se tiene la creencia que en un tiradero, la basura supuestamente biodegradable se "elimina" en un tiempo más o menos corto con lo que se acaba rápidamente con el problema, pero esta no es la verdad:

En un artículo publicado en Mayo de 1991 sobre estudios realizados por W.L.Rathje (28), profesor de la Universidad de Arizona en Tucson E.U.A., sobre excavaciones hechas en tiraderos y rellenos sanitarios a lo largo de todo ese país, se ha revelado que debido a las condiciones que imperan en el interior de las distintas capas de los tiraderos, la descomposición que se tiene de los desechos es extremadamente lenta; prueba de ello son los distintos objetos hallados durante las excavaciones, ya que se encontraban, si no en un perfecto estado, sí de manera perfectamente reconocible.

Algunos de los objetos descubiertos eran: lechugas enterradas en 1984, maíz de 1971, un hot dog de 1974, un periódico totalmente legible de 1973, etc.

Las condiciones imperantes dentro de las capas de los tiraderos son extremas y no permiten el buen desarrollo de los microorganismos responsables de la degradación de los desechos. Algunas de estas condiciones son anaerobiosis, falta de luz, altas presiones, escasa humedad, etc.

Ni los rellenos sanitarios, y por supuesto en menor medida los tiraderos, son una buena opción para la disposición final de los desechos sólidos; claro que representan una opción mucho más lógica y viable que el depósito de estos en el fondo de los lechos marinos, como en el caso de otros países "desarrollados", que "exportan" su basura y la depositan frente a litorales de países "subdesarrollados" (17).

### **C.6.2 PEPENA**

La pepena es un sistema de clasificación mecánica o manual de los desechos sólidos en sus diferentes componentes. Teóricamente esta técnica requiere de grandes equipos para ser rentable y eficiente, entre estos: se requieren de camiones recolectores que no compacten los desechos sólidos para poder ser seleccionada fácilmente, se requiere además de otra unidad para poder transportar los desperdicios clasificados a las industrias recicladoras, un almacén, etc. (7)

Desgraciadamente la pepena en los tiraderos del área metropolitana de la ciudad de México (que es donde se practica en mayor proporción esta actividad), se lleva a cabo de manera poco funcional debido a las siguientes razones: (2)

— No todos los desechos sólidos que se generan en el área llegan a los tiraderos, se estima, que el 30% de los desechos se quedan en barrancas, ríos y calles; del 70% que llega, sólo el 40% es aprovechable ya que el 30% restante, no se puede separar por ser material destruido.

— Los desechos una vez en el tiradero, pasan a manos de los pepenadores, los cuales tienen la creencia de ser sus únicos dueños, por lo que resulta difícil el cambiar un sistema de operación tan arraigado entre las familias que dedican su vida a obtener su sustento de los desechos que otros generan.

— Al no haber un interés por parte de los industriales hacia un sistema realmente funcional de reciclaje de desechos (entre ellos los envases de alimentos), no existe una presión real hacia los pepenadores para que optimicen sus procesos.

--- El sistema y forma de vida de los pepenadores se encuentra en un estado infrahumano, en muchos tiraderos no se permite la salida del local, llegando al grado de que la gente que los habita, compra sus alimentos en tiendas localizadas dentro de los propios tiraderos. Los pepenadores crecen, viven, se reproducen y mueren entre los desechos.

--- El gobierno que usa a esta gente como una fuente importante de votos y como grupos de apoyo o de choque, los protege dejándoles un total dominio sobre los desechos sólidos. Es conocido el caso de rechazo del primer plan de reciclaje y uso productivo de los residuos sólidos domiciliarios, presentado en 1987 a las autoridades del D.D.F., y del que, el principal opositor fue el entonces director de servicios urbanos, al argumentar que no era el momento político adecuado.

--- Los pepenadores junto con los barrenderos, choferes de limpia y recolección han adquirido un enorme poder, al tener la posibilidad en el momento de ver amenazado su poder sobre los desechos; de detener con un paro completo de sus actividades, la recolección de 15 mil toneladas de desechos en un solo día.

--- La pepena no sólo se lleva a cabo en los tiraderos, sino que los choferes de los camiones de recolección llevan los desechos a determinados sitios donde se efectúa una primera pepena poco eficiente, después el camión al llegar al centro de transferencia es vaciado y antes, durante y después de esta operación se practica una segunda pepena sobre su carga y al final en el tiradero y de manera más exhaustiva, se realiza una tercer pepena.

--- Al ir mezclados los desechos orgánicos con los inorgánicos, resulta mucho más difícil la separación adecuada de los materiales reciclables; en los tiraderos no se cuenta con las bandas transportadoras y otros equipos, que agilizarían la movilización de los desechos reciclables.

--- Las jornadas de trabajo de los pepenadores son de más de veinte horas; ya que lo que no pueda ser pepenado en un día será tapado por los desechos de la siguiente recolección. No hay planes estructurados de trabajo y son los líderes los que deciden que familia se debe ocupar de la pepena de una determinada zona o lote de desechos.

--- Dentro y fuera de los tiraderos las organizaciones y autoridades que tienen que ver con los pepenadores, tienen un sistema totalmente ilegal donde la corrupción y la mafia se encuentran en un nivel muy elevado y adelantado.

Como ya se ha dicho, mientras no se modernicen los sistemas de pepena y el gobierno deje en manos de gente poco preparada la organización de la pepena de los desechos, ésta seguirá siendo una actividad poco productiva y poco rentable.

### **C.6.3 COMPACTACION**

Es un método de tratamiento de residuos sólidos, con el que se logra únicamente disminuir el volumen que estos ocupan. El proceso requiere de altas presiones para poder compactar a la masa heterogénea de desechos sólidos.

Es mediante este proceso, que se han formado bloques o tabiques de desechos sólidos, que se han empleado como sustitutos de gravas y arenas en algunas construcciones, así como en caminos y carreteras.

Sin embargo este uso ha sido muy limitado, ya que se ha observado en el sistema de compactación a altas presiones, que con el tiempo se da una falla estructural, originada por la existencia de pequeños espacios o huecos formados debido a la heterogeneidad de la materia prima; con el tiempo y debido a la degradación gradual de los materiales, estos huecos se hacen cada vez más grandes, hasta formarse primero cuarteaduras y después sobreviene el rompimiento del bloque. (23)

Aún cuando este sistema no representa lo óptimo en cuanto a disposición final de desechos sólidos, sí se presenta como una opción mucho más viable que un tiradero o un relleno. Durante los próximos años se esperan tener mayores avances y desarrollos en la tecnología para la compactación, con lo que se podrán obtener productos que puedan servir como materia prima para industrias como la de la construcción, partiendo de desechos sólidos urbanos; en la actualidad en nuestro país esta actividad es prácticamente nula.

#### C.6.4 INCINERACION

Es una técnica de tratamiento de desechos sólidos que consiste en reducir por medio de la combustión, la mayor parte del volumen de estos, es una opción muy atractiva ya que se consigue reducir dicho volumen hasta en un 70 a 90%, y además con esta actividad, se puede obtener una gran cantidad de energía.

Es un método que sirve de gran ayuda sobre todo a comunidades que cuentan con poco espacio donde colocar sus desperdicios. En los E.U.A. en la incineración se ocupaba un 14.2% de los desechos generados y de acuerdo con un informe de EPA el 13.6 de los 14.2%, era incluido en sistemas de producción de energía ( en forma de vapor o electricidad ).(32)

Existen varios tipos de incineradores, pero tres son los principales:

\* **Incineradores de masa:** Acepta todo tipo de desechos excepto los que sean tan grandes que no puedan pasar por el sistema de alimentación. En éste los desechos son colocados en una parrilla que se desplaza por el combustor; se inyecta aire al sistema por arriba y abajo de la parrilla, con lo que se promueve una combustión completa de los desechos.

\* **Incineradores de basura-combustible derivado:** Acepta sólo desechos que han sido previamente procesados, a los que se les han eliminado los desechos no combustibles. Pueden ser prendidos con ayuda de Carbón, que puede ser quemado en cualquier recipiente, debidamente equipado.

\* **Incineradores o combustores modulares:** Muy similares y más pequeños que los de masa, también aceptan todo tipo de desechos.

Dentro de estos, existe un combustor que permite la entrada de exageradas cantidades de aire a la cámara de combustión primaria. Un segundo tipo emplea el aire de la primera cámara y completa la combustión en una segunda cámara. Las velocidades inferiores del aire en la primera cámara de estos equipos reduce la suspensión de cenizas y por lo tanto reduce los problemas de ceniza voladora. (38)

Los materiales biodegradables que son dispuestos en los incineradores representan un problema durante la combustión, ya que al tener la capacidad de absorber agua, son más difíciles de quemar, con lo que se disminuye la cantidad de energía obtenida de estos sistemas.

Los plásticos son de los principales contribuyentes a la combustibilidad de los desechos sólidos urbanos primeramente porque son derivados de petróleo y en segundo lugar porque se ha estimado que representan el 25% del total de BTU contenido en los desechos.(13)

De primera instancia parecería que la incineración es un método muy adecuado para disponer de los desechos, ya que soluciona los problemas de espacio para disponer de estos y además se pueden obtener grandes cantidades de energía. Pero existen factores de gran magnitud por los que se duda que este sea un sistema apropiado de disposición final de desechos:

▲ La eliminación de residuos por esta técnica requiere de una planta de tratamiento adecuada a la cantidad producida; para los grandes asentamientos humanos que existen, dichas plantas resultan demasiado caras.

▲ Para que un sistema de incineración sea considerado como óptimo y funcional, debe contar con un sistema infalible de recolección de los desechos que genera la propia planta y esto no se cumple, ya que se ha reportado que dichas plantas emiten gases que son altamente contaminantes del medio ambiente y dañinos para los seres vivos.

Las emisiones son principalmente dioxinas, halógenos y otros productos derivados de una combustión incompleta. Se le atribuye la formación de dioxinas y halógenos a la incineración de polímeros clorados como el PVC y a otros compuestos celulolíticos.

▲ No se conoce a ciencia cierta el proceso de formación de las dioxinas (compuesto carcinógeno) por lo que no se tienen las bases y herramientas necesarias para erradicarlas de las emisiones.

▲ Aunado a las emisiones antes citadas se tiene la presencia de metales pesados como zinc, plomo, cadmio, níquel, etc.; los cuales con filtros adecuados y caros pueden ser retenidos.

▲ Las cenizas obtenidas como producto de la combustión de la basura, deben ser destinadas a un entierro y el lugar al que queden confinadas, será altamente contaminado de manera similar a lo que ocurre con los tiraderos.

▲ De los incineradores se liberan grandes cantidades de CO<sub>2</sub>, con lo que se incrementan los problemas que ocasiona este gas sobre el hombre y el medio ambiente que lo rodea.

En resumen un incinerador no resulta ser de gran ayuda para resolver el problema de la disposición final de los desechos sólidos, ya que es demasiado caro y genera otra serie de compuestos contaminantes del medio ambiente.

Únicamente se ha recomendado la incineración, como un control sanitario en hospitales y hoteles, donde no se requieren grandes equipos e incluso al ser autoquemables los residuos ahí generados, se podría obtener energía a partir de estos. (23)

### **C.6.5 COMPOSTEO O COMPOSTA**

Las aplicaciones de esta actividad se reducen únicamente a materia orgánica como restos de comida, residuos de jardines, madera, etc; por lo que no es un método que sirva para disponer de los materiales de envase que se estudian, como son el vidrio y el plástico.

Sin embargo es necesario mencionar este proceso ya que, contrario a los anteriores, en este los envases son un fuerte contaminante que dificulta la formación de los productos de la composta.

La composta tiene carácter de abono, ya que en sus productos están contenidos diversos elementos fertilizantes como el Nitrógeno, Fósforo y Potasio; y que aún cuando sus porcentajes son relativamente bajos, existen en una proporción equilibrada; lo que lo hace un elemento regenerador de suelos.

Los plásticos biodegradables resultan ser contaminantes, ya que resulta demasiado lento su proceso de descomposición y por lo tanto, no pueden ser incorporados en el proceso.

Para que se tenga un buen proceso de composteo, es necesario tener un sistema eficiente de clasificación de desechos sólidos; mediante el cual, se separe la materia biodegradable de la que no lo es, haciendo más eficientes los procesos de aprovechamiento de los materiales no biodegradables (como lo es el reciclaje de plástico y vidrio), así como el de la composta, para los materiales biodegradables. 35

### **C.6.6 RECICLAJE**

Sin duda la mejor de las opciones que se tienen para disponer de los desechos sólidos generados en las grandes ciudades, después del reuso y de la reducción de la cantidad de material y compuestos contaminantes en los envases y empaques.

El reuso regresa los diversos envases para ser empleados nuevamente en su forma original, mientras que el reciclaje es una operación que reúne los diversos envases para ser reprocesados.

El aluminio y el vidrio pueden ser nuevamente formados en contenedores seguros o envases primarios, mientras que la madera y el plástico pueden ser procesados como envases secundarios, embalajes, empaques u otros usos no alimenticios.

Lo anterior se debe a que durante los respectivos procesos de reciclado de vidrio, latas y plásticos, se emplean temperaturas suficientemente altas como para eliminar cualquier microorganismo, que pudiera contaminar al alimento contenido en el envase generado a partir de dichos procesos, pero es en el caso del plástico donde las temperaturas no son lo suficientemente altas como para pirolizar los posibles compuestos orgánicos contaminantes, y es por ello que presenta un uso limitado.(36)

El uso de materiales reciclados para empaques o envases secundarios de productos alimenticios es considerado como no riesgoso. Los métodos de reciclaje incluyen un lavado y otras operaciones que reducen cualquier contaminante en potencia a niveles sumamente bajos, sin embargo el único caso que se tiene regulado desde un punto de vista sanitario, es el de los envases primarios o aquellos que estarán en contacto directo con los alimentos. (27)

Como ya se ha dicho algunas de las grandes ventajas que tiene el reciclaje son el aprovechamiento de materiales, con el consiguiente ahorro de energía y la reducción de desechos sólidos que tienen como destino final los incineradores o los tiraderos de basura.

Es cierto que en algunos casos este ahorro de energía no es muy representativo, pero es tiempo de considerar la posibilidad de que pronto puede surgir una crisis por la falta de materias primas, como la bauxita, el petróleo y las arenas del vidrio.

Un caso hipotético en el que incluso no existe ahorro de energía, podría darse en el reciclaje de vidrio, durante el cual, la pedacería recolectada tuviese que recorrer una gran distancia, desde el centro de acopio, hasta el lugar donde se funde y moldea, gastando grandes cantidades de combustible y tiempo. Tal vez como negocio no sería rentable, pero a la larga nos puede representar esa cantidad reciclada de pedacería, un incremento de la vida útil de la mina de donde se obtienen las mezclas de óxidos necesarios para producir vidrio nuevo, lo que seguramente resultaría en un gran provecho económico al industrial.

Uno de los pilares del método del reciclaje es la existencia de un mercado para los distintos envases y productos reciclados, ya que sin éste, el reciclaje no tiene caso alguno.

A continuación se presenta un estudio realizado en la ciudad de Monterrey para el caso del reciclaje de plásticos donde se pueden apreciar algunas de las ventajas que se tienen con esta actividad : (21)

% reciclado	ahorro en tiraderos (metros cúbicos)	ahorro en petróleo (millones de barriles)	ahorro materia prima ( dólares )
0	0	0	0
10	18,048.92	29.38	\$493,286.31
20	36,097.87	58.76	\$986,572.62
30	54,146.80	88.14	\$1,479,853.94
40	72,195.73	117.52	\$1,973,145.25
50	90,244.67	146.90	\$2,466,431.56
60	108,293.60	176.28	\$2,959,717.87
70	126,342.53	205.66	\$3,453,004.19
80	144,391.47	235.04	\$3,946,290.50
90	162,440.40	264.42	\$4,439,576.81
100	180,489.34	293.80	\$4,932,863.12

Fuente: ITESM, 1992.

De manera global para poder establecer un sistema apropiado de reciclaje de envases se deben tener como bases o pilares los siguientes puntos :

- Instituir el reuso y la disminución de la cantidad de material en los actuales sistemas de producción de envases de alimentos, hasta la medida donde sea posible.
- Instalar programas de difusión del sistema de reciclaje con los que se dé una educación intensiva y adecuada a la población sobre la importancia de esta actividad, orientándole mediante folletos, videos y sobre todo a través de los medios masivos de comunicación, sobre la forma de separar y entregar los desechos al responsable de llevarlos al centro de acopio.

● Instalar centros adecuados de acopio, con personal previamente capacitado mediante cursos en los que intervinieran tanto el sector privado (industria), como el sector gubernamental (SEDESOL y otras dependencias).

● Dar estímulos que motiven a la población en general a desarrollar esta actividad, resaltándoles las ventajas que adquieren al participar en un sistema de reciclaje como son aspectos de tipo económico, salud, mejoras en los servicios primarios, disminución de la contaminación y un mejor ambiente para sus hijos.

● Difundir un verdadero mercado para los materiales de envase reciclados.

● Tener un seguimiento intensivo del sistema o programa de reciclaje.

● Convencer a toda la población de que toda, absolutamente toda, es parte de la solución a los problemas generados por los envases desechados al medio ambiente.

● Establecer metas a corto plazo, para la introducción de sistemas de reciclaje de envases.

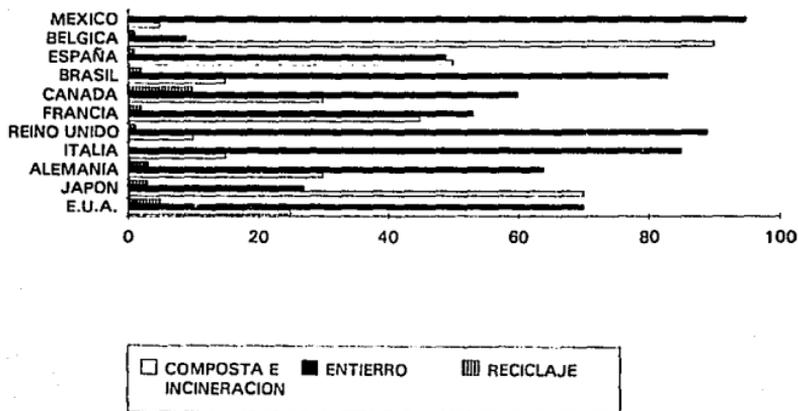
Ahora se presentan algunas de las metas implantadas en otros países para reciclar los materiales de envase para bebidas:

PAIS	FECHA	META	SITUACION
Bélgica	1995	75% vidrio, 30% plástico, 80% metal.	Meta del gobierno
Alemania	1993	42% vidrio, 44% metal, 9% plástico.	Obligatorio
Holanda	1995	80% vidrio no Re, 75% metal, 50% botellas plásticas.	Voluntario
Reino Unido	2000	50% de la "componente reciclable de la basura domiciliar"	Meta del gobierno
Suecia	2000	65% vidrio, 60% metal.	Recomendación de Comisión Parlamentaria

El reciclaje crea un empleo por cada 600 toneladas anuales desechadas, mientras que la incineración crea 0.4 empleos y los tiraderos 0.5 empleos.\*

\* Fuente: EPA. 29

**METODOS DE DISPOSICION DE DESECHOS SOLIDOS EN EL MUNDO.**



Fuente: IMPI 1990.

## C.7 COMPOSICION DE LOS DESECHOS SOLIDOS

Considerando un promedio dentro de la composición de los desechos sólidos se tiene :

<b>MATERIAL</b>	<b>PORCENTAJE EN VOLUMEN</b>	<b>DESCRIPCION</b>
Papel	50%	Incluye envases, periódicos, directorios telefónicos, revistas, catálogos, etc.
Plástico	10%	Incluye envases de leche, refrescos y otros alimentos, bolsas de PEBD, espuma de poliestireno, etc.
Metal	6%	Incluye fierro, latas de acero y aluminio para bebidas y otros alimentos, etc.
Vidrio	1%	Incluye botellas para bebidas, envases de alimentos, cosméticos, medicamentos, etc.
Materia orgánica	13%	Incluye madera, desperdicios de jardín, desperdicios de alimentos, etc.
Otros	20%	Incluye desechos de construcción, llantas, hules, textiles, etc. (28)

Fuente: National Geographic Society. 1991.

Como ya se ha mencionado debido a varios factores estos porcentajes varían notablemente de región a región, de país a país e incluso dentro de una misma ciudad; de zona en zona.

Para el caso de la basura doméstica en la ciudad de México se presenta la siguiente composición:

<b>Material orgánico</b>	<b>49.5%</b>	Lata	2.8%
Papel	15.3%	Envases de Tetrapack	1.2%
Cartón	4.2%	Cuero	1.0%
Estaño(papel)	0.10%	Material de construcción	1.3%
Madera	0.80%	Vidrio transparente	5.6%
Vidrio de color	2.61%	Trapo y algodón	4.2%
Plástico rígido	1.08%	Plástico película	2.7%
Fierro	0.34%	PEBD	0.03%
Hueso	1.29%	Fibras	0.30%
Hulespuma	0.03%		

Fuente: D.D.F. 1992.

Siendo el principal generador de estos desechos sólidos la vivienda con un 67%, seguida por la industria con un 24% y por último la vía pública con un 9% (26). Dividiendo en siete categorías básicas a los desechos de basura, se obtuvo la siguiente composición másica y volumétrica de los desechos: (22)

<b>Categoría</b>	<b>másica</b>	<b>volumétrica</b>	<b>densidad</b>
Orgánico	64.26 %	40.97 %	290 Kg/m <sup>3</sup>
Papel	18.14 %	12.37 %	271 Kg/m <sup>3</sup>
Metal	3.79 %	7.96 %	88 Kg/m <sup>3</sup>
Vidrio	7.13 %	4.90 %	300 Kg/m <sup>3</sup>
Plásticos	6.68 %	34.31 %	36 Kg/m <sup>3</sup>

De acuerdo con los datos antes presentados y considerando una producción nacional y mundial de desechos sólidos del orden de las 62,000 y 4,000,000 de toneladas respectivamente, con un sistema de reciclaje del 100% se tendría:

<b>Material de envase</b>	<b>Ahorro de desechos en México</b>	<b>Ahorro de desechos en el mundo</b>
Vidrio	620 Ton/día	40,000 Ton/día
Latas	3720 Ton/día	240,000 Ton/día
Plástico	6200 Ton/día	400,000 Ton/día

## D PLASTICO

## D.1 ORIGEN DE LOS MATERIALES PLASTICOS

De acuerdo con el diccionario, los plásticos son definidos como sustancias que forman un extenso grupo de productos orgánicos artificiales que pueden ser moldeados, labrados, laminados, vaciados, etc. para hacer diversos objetos. El Instituto Mexicano del Plástico los define como: " Todo aquel material que pueda ser moldeado. Son polímeros orgánicos compuestos de materiales naturales o sintéticos, de estructura molecular muy grande y alto peso molecular y que están constituidos de pequeñas unidades repetitivas llamadas monómeros". (14)

El inicio de la explotación de estos materiales se remonta al antiguo Egipto; donde primero se emplearon la gutapercha, el ámbar, la goma laca y el petróleo para embalsamar muertos, para proporcionar mayor resistencia a sus textiles y para emplearlos como combustible en lámparas y antorchas.

Posteriormente, surgen los polímeros semi-sintéticos como la caseína para botones, el hule vulcanizado para neumáticos, la parkesina, la ebonita y el celuloide empleado en cinematografía. Es hasta el año de 1909 que se comienzan a emplear los polímeros sintéticos, con la introducción de la baquelita, compuesto de fenol-formaldehído, descubierto por el doctor Leo Baekeland en 1907.

Después de esa fecha surgen una gran variedad de materiales y dicho desarrollo se ve acelerado entre 1940 y 1960, cuando se descubren nuevos materiales cada tres o cinco años. En este lapso de tiempo se obtiene una lista de más de cincuenta materiales diferentes, por lo que a partir de estos años se puede considerar a ésta época como " La Edad del Plástico".

En la actualidad la sociedad se encuentra rodeada de artículos compuestos por polímeros o plásticos., la mayoría tienen su origen a partir del petróleo, pero esta no es su única fuente ya que el carbón con cal da lugar al carburo de calcio, el cual procesándose sirve para obtener el acetileno, y a partir de este, el etileno y el vinilo, monómeros empleados para la elaboración de Polietileno y Cloruro de Polivinilo (materiales empleados de manera muy vasta en la industria de envases de alimentos).

Otras fuentes que se están explotando a nivel laboratorio, son los desechos orgánicos y la caña de azúcar de los que se obtiene alcohol etílico y de ahí el etileno. Con estas materias primas sustitutas del petróleo se busca disminuir su uso y explotación irracional, ya que como se sabe es un recurso natural no renovable.

## D.2 CLASIFICACION DE LOS MATERIALES PLASTICOS

Los rubros por los que se clasifican a los plásticos son :

- A.- Su estructura química
- B.- Su consumo

### A.- Estructura química :

- ▲ Comportamiento al calor
- ▲ Morfología
- ▲ Presencia de monómeros
- ▲ Tacticidad

### B.- Consumo :

- ▲ Commodities
- ▲ Versátiles
- ▲ Técnicos
- ▲ Especialidades

Como se puede apreciar, la estructura química, define cuatro clasificaciones de las cuales la que representa una mayor importancia en materia de reciclaje, es la del comportamiento al calor, ya que nos separa a todos los polímeros en dos grandes grupos: TERMOPLASTICOS y TERMOFIJOS.

**TERMOPLASTICOS** : Son aquellos materiales que se reblandecen o funden por acción del calor para formar un producto. Pero si se les vuelve a aplicar calor, tienen la posibilidad de fundirse nuevamente y moldear un producto igual o diferente, es decir, son completamente reciclables.

**TERMOFIJOS** : Son aquellos materiales plásticos no reciclables, ya que una vez que han sido transformados en una pieza por calor o presión, al aplicarles nuevamente calor se degradan o carbonizan eliminándose toda posibilidad de ser reprocesados.

## CLASIFICACION DE PLASTICOS

TERMOPLASTICOS	TERMOFIJOS
ABS	EP
POM	PF
PVC	MF
PA	UP
PC	PUR
PET	UF
PS	
PEAD	
PEBD	
PMMA	
PP	

Fuente: IMPI 1990.

De acuerdo a su consumo se clasifican en :

▲ **COMODITIES** .- Tienen altos volúmenes de consumo, poseen una fácil integración en su proceso, se puede usar el producto de diversos proveedores y requieren de un mínimo de asistencia técnica. El equipo requerido y en general todo el proceso de manufactura es relativamente simple, poseen bajos márgenes de ganancia, precios de acuerdo a costos y su competencia dentro del mercado se da por precio. Dentro de este grupo se incluyen a los Polietilenos, PVC, PP y Poliestirenos.

▲ **VERSATILES** .- Tienen volúmenes medios de consumo, requieren de poca tecnología en producción y transformación, las bases de su desarrollo son la creatividad y su diseño; su uso se ve limitado por una deficiente difusión de aplicaciones, satisfacen a mercados ya definidos, su precio se establece de acuerdo a su funcionalidad. Dentro de este grupo se incluyen al poliuretano, resinas fenólicas, resinas de poliester insaturadas, polimetilmetacrilato, así como a resinas epóxicas y uréicas.

▲ **TECNICOS** .- Tienen volúmenes bajos de consumo, requieren de poca tecnología en producción y transformación, al igual que las versátiles, la base de su desarrollo es la creatividad y el diseño; satisfacen mercados definidos y su precio se define de acuerdo a su funcionalidad. Dentro de este grupo se incluye al PET, PBT, ABS, Poliamidas, Acetales y algunas aleaciones.

▲ **ESPECIALIDADES** .- Poseen volúmenes mínimos de consumo, son prácticamente desconocidos en el país, requieren de gran asistencia técnica, tienen elevados márgenes de ganancia, se requiere de equipo muy especial para su transformación, presentan combinación de excelencia en propiedades y satisfacen mercados muy especiales como son el automotriz y el aerospacial.

Dentro de este grupo se incluyen los polímeros de cristal líquido, polimidas, poliéster imida, poliaril imida, poliéster sulfona, poliéster éter-cetona y el sulfuro de polifenileno. (14)

### **D.3 PANORAMA INTERNACIONAL DEL SECTOR PLASTICOS**

En la actualidad a nivel mundial, se realizan enormes expansiones y nuevos proyectos enfocados a elevar en gran magnitud la capacidad en materias primas para el sector plásticos, estimándose una sobrecapacidad productiva. Además, en regiones de rápido crecimiento industrial, se tiene un incremento acelerado en la demanda de insumos. Por ejemplo: Se estima que la demanda de etileno, materia prima en un gran número de envases de alimentos, aumentará a una tasa anual de 14% durante los próximos cuatro años en Asia, seguido de un 3.5% en Japón, de un 3.3% en E.U.A. y de un 2.2% en Europa. Con respecto al Estireno ( Monómero del Poliestireno ) se esperan incrementos del 9% anual en Asia, 4.5% en Japón, 4.0% en E.U.A. y del 2.5% en Europa.

Con estos prospectos de crecimiento en la demanda, se han creado un total de seis proyectos de Etileno en Japón por un total de 2.5 millones de Toneladas para 1995; sin embargo, se estima que la demanda doméstica no es suficiente para soportar esta capacidad productiva, por lo cual esta potencia requerirá buscar los mercados internacionales, entre ellos, México.

Taiwan y Arabia Saudita son países que también han tenido un crecimiento significativo en su bloque industrial. El primero, es una nación con una capacidad actual tal que se le considera, como uno de los exportadores potenciales para la siguiente década de Acrilonitrilo-Butadieno- Estireno, Polietileno de baja densidad (PEBD), Cloruro de Polivinilo (PVC) y Poliestireno (PS) . Siendo estos tres últimos de los materiales más usados en la rama de envases para alimentos.

Por otra parte Arabia Saudita es considerado como uno de los principales exportadores de Polietileno de baja densidad (PEBD) y de Polipropileno (PP) también usado en empaques y envases.

La capacidad instalada en todo el mundo para la producción de resinas plásticas sintéticas se incrementó en 1989 al orden de las 118.5 millones de toneladas, correspondiendo el 64.5% a los plásticos de gran volumen, el 5% para plásticos técnicos como el PET y el restante 30.5% para los demás termoplásticos y termofijos.

En cuanto a los plásticos técnicos y especialidades, se estima un incremento considerable en su demanda en los próximos años. Incursionando cada vez con mayor penetración dentro del mercado de las laminaciones, películas, fibras, mezclas y aleaciones. En conclusión estos dos tipos de plástico irán reemplazando en forma lenta pero constante a los materiales plásticos tradicionales e incluso a materiales no plásticos. (14)

Es fácil vislumbrar el hecho de que esta " Edad de Plástico " no se encuentra en una etapa en la que se tienda a decaer o a desaparecer, sino por el contrario, parece que se tiene una tendencia a seguir creciendo y floreciendo; por lo que de no formarse una conciencia ecológica, creando sistemas óptimos de reciclaje, de reuso y de reducción en el uso de materiales plásticos no reciclables, lo único que se logrará con estas tendencias será un incremento de los problemas que se tienen al generar las increíbles cantidades de desechos sólidos y los efectos tan devastadores que estos tienen sobre el medio ambiente y por lo tanto sobre el propio hombre. 5

## **D.4 PANORAMA GENERAL DE ALGUNOS DE LOS PRINCIPALES PLÁSTICOS EMPLEADOS EN LA FABRICACIÓN DE ENVASES PARA ALIMENTOS.**

### **D.4.1 POLIETILEN TERAFALATO (PET)**

El PET forma parte de la familia del Poliéster termoplástico conocida también como Poliéster Saturado. Fue en 1941 cuando J.R. Winfield y S.T. Dickson patentaron la elaboración del PET y en 1955 hizo su aparición a nivel mundial, pero fue hasta la década de los sesentas en que el PET apareció como material de envase.

Tanto el PET como el PBT (otro miembro de la familia de los poliésteres termoplásticos) parten del ácido tereftálico (TPA) o del dimetil-tereftalato para su elaboración. Cualquiera de los dos compuestos es unido con un Glicol, el cual de acuerdo a su tamaño da lugar al PET o al PBT; así, al utilizar etilen glicol en la polimerización, se obtendrá PET.

El PET grado película posee una gran resistencia a la tensión e impacto, pero lo que lo hace tan versátil es su resistencia térmica, soportando hasta 90°C sin resquebrajarse. Otras de sus propiedades por lo que lo hacen ser un excelente material de envase de alimentos condimentados, y que en ocasiones van a ser cocinados dentro del mismo, son las barreras que presenta al Oxígeno, Nitrógeno, CO<sub>2</sub> y humedad.

El PET empleado en botella al ser semicristalino y transformado bajo condiciones especiales, proporciona piezas altamente transparentes y brillosas semejantes al cristal. El Polietilen Teraftalato puede ser transformado mediante los siguientes procesos:

- Extrusión
- Inyección
- Termoformado
- Soplado

- La extrusión se emplea cuando se obtienen fibras y películas.
- La inyección se emplea para formar piezas del sector industrial.
- El termoformado para películas y otras piezas.
- El soplado se usa para obtener botellas.

Algunos alimentos que están empacados en PET son: aceites, alimentos condimentados, jugos, vinos, bebidas carbonatadas, mieles, jarabes, mayonesas, licores, salsa de soya, etc.

El PET también es empleado en: fibras de llantas, telas, cordeles, computadoras, electrodomésticos, fotocopiadoras y en envases de shampoos, lociones, cosméticos, detergentes, insecticidas y otros productos de consumo doméstico.

Dentro de algunas de las aplicaciones desarrolladas para resinas de PET recuperado o reciclado es la elaboración de botellas para solventes, pesticidas y aceites para motores.

## **PRODUCCION**

En el año de 1989 se tenía una capacidad mundial instalada para la producción de PET del orden de 1.43 millones de toneladas / año (excluyendo la correspondiente para película y fibra). Localizada principalmente en dos regiones: Estados Unidos y Europa Occidental, zonas donde se tiene un 80% de la producción mundial.

México, país que no está considerado dentro de los principales productores de PET, tiene su capacidad instalada dedicada en su totalidad a la producción de PET grado botella, a través de dos empresas: Celanese Mexicana y Kimex. En 1989 la utilización de la capacidad instalada fue de 96%, cifra que indica que a pesar que la producción no es demandada internamente, ambas empresas llevan una política de exportación considerable. ( El 50.3% de la producción nacional de PET grado botella se destinó a la exportación.)

**PET GRADO ENVASE  
( TON )  
MEXICO**

año	capacidad instalada	Producción	Importación	Exportación	consumo aparente	variación consumo
1986	17,100	11,550	170	7,000	4,720	—
1987	17,100	15,670	37	10,570	5,137	8.8%
1988	19,400	17,650	34	11,000	6,684	30.1%
1989	19,400	18,660	65	9,380	9,345	39.8%

Fuente: IMPI 1990.

**CONSUMO**

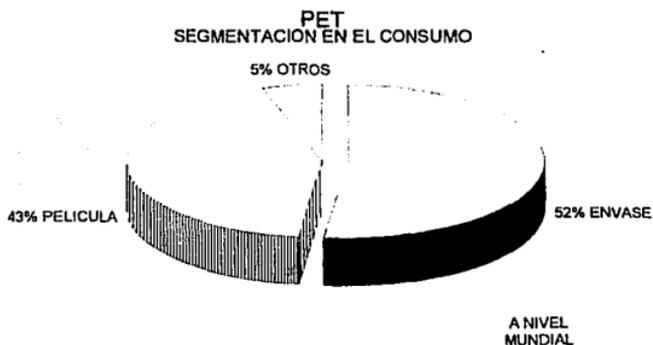
El país con mayor consumo de PET a nivel mundial es E.U.A., el cual incrementó su consumo durante el período de 1985 a 1989 en un 8.5% anual, seguido por Europa Occidental con un incremento del 8.9%, y en tercer lugar, pero con un incremento en el consumo muy superior a cualquiera de los mostrados por cualquier otro país, se encuentra Japón, con un incremento de 23.8% en el mismo período.

**PET  
CONSUMO APARENTE  
( M TON )**

AÑO	ESTADOS UNIDOS	EUROPA OCCIDENTAL	JAPON
1985	557	247	66
1986	622	271	90
1987	652	297	120
1988	740	320	142
1989	770	347	155

Fuente IMPI 1990.

Los principales sectores de consumo de PET a nivel mundial se encuentra distribuido más o menos de la siguiente manera: Botella 52%, película 43% y el 5% restante en otras piezas obtenidas por extrusión.



Japón ha diversificado en mayor medida que el resto del mundo la utilización del PET como botella hacia otras áreas de aplicación diferentes al de bebidas carbonatadas o gasificadas como es en: sazonadores, salsa de soya, aceite comestible, vinos, licores y otros productos no alimenticios como detergentes y shampoo.

Respecto al consumo de PET grado botella se reporta una demanda global de 870,000 toneladas en el año de 1989; correspondiendo el 83% de esta a las tres principales regiones consumidoras: en Japón 25% anual, en Europa 17% y en E.U.A. 10.4%.

A continuación se presenta la segmentación del consumo de PET grado botella en cada uno de los tres principales países consumidores del mundo:

**E.U.A. ( 1989 )**

Bebidas carbonatadas	309,000 ton	72%
Envases de agua mineral, vinos y licores, medicinas y productos de tocador	118,000 ton	28%

**EUROPA OCCIDENTAL ( 1989 )**

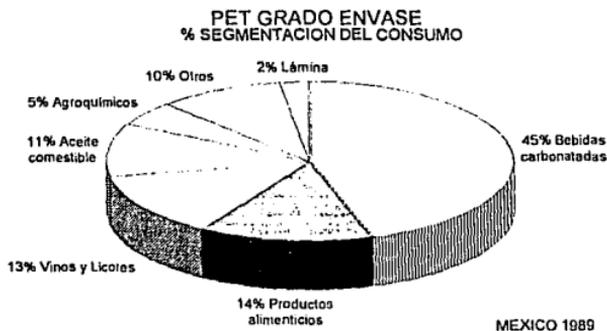
Bebidas carbonatadas	154,000 ton	73%
Agua mineral	24,000 ton	11%
Vinos y licores	17,000 ton	8%
Aceite comestible	9,000 ton	4%
Medicinas y tocador	3,000 ton	3%
Detergentes y shampoo	3,000 ton	3%

**JAPON ( 1989 )**

Bebidas carbonatadas	52,000 ton	59%
Sazonadores y salsa de soya	14,000 ton	16%
Detergentes y shampoo	9,000 ton	10%
Vinos y licores	7,000 ton	8%
Aceite comestible	3,000 ton	3.5%
Medicinas y tocador	3,000 ton	3.5%

A pesar de la existencia de un factor restrictivo para un mayor crecimiento de la cantidad de PET empleado como envase de bebidas carbonatadas como lo es, la aversión en algunos mercados del uso de productos desechables y con muy poco desarrollo en técnicas y aplicaciones para su reciclaje, los envases de PET han tenido un incremento en su consumo del 12 al 17% anual en los diversos países consumidores.

Aún cuando en México el PET grado envase se encuentra en plena etapa de introducción, el comportamiento de su consumo ha tenido un incremento muy elevado. En el período de 1986 a 1989, tuvo un crecimiento en su tasa anual del 25.6%, y haciendo un análisis del incremento durante los últimos años, se espera tener un aumento de hasta el 30% anual.



En cuanto a La distribución geográfica del consumo de PET en el país, se tiene que el 90% del consumo total se tiene en el Distrito Federal, Estado de México, Puebla, Querétaro, Nuevo León, Veracruz y Baja California.

**PET GRADO ENVASE**  
**% DISTRIBUCION GEOGRAFICA DEL**  
**CONSUMO EN MEXICO 1989**



En los Estados Unidos de Norteamérica, una de cada cuatro de las botellas fabricadas con este material es reciclada. Es uno de los plásticos que mayor reciclaje presenta. Algunos de los productos del reciclaje de botellas fabricadas con PET son: ropa de poliéster, fibras sintéticas para textiles, etc.

Dentro de la codificación de reciclaje el PET ocupa el número 1, posee un índice de contracción de 2 a 2.5 %. Este material se puede además identificar por su color transparente o ligeramente verde. Todos los refrescos carbonatados están envasados en este plástico, ya que es el único capaz de retener la carbonatación del producto.

Es importante identificar plenamente los envases constituidos de este material ya que puede ser confundido con el Cloruro de polivinilo (PVC), el cual dentro del proceso de reciclaje del PET es un fuerte contaminante.

Otra forma de distinguir los envases de PET de los de PVC es mediante un análisis del punto donde fue inyectado el envase durante su fabricación, si presenta un solo punto o un pequeño círculo, se tratará de un envase que ha sido formado mediante un proceso de inyección sople, y es un envase de PET. Por otro lado un envase que en su punto de inyección presenta una línea que semeja una sonrisa, se trata de un envase formado mediante un proceso de extrusión sople y estará hecho de PVC.

En los E.U.A. se reciclan cerca de 79,380 Toneladas de PET, pero aún quedan en los rellenos sanitarios y otros sitios, cerca de 242,676 Toneladas de este material. (36)

## **TENDENCIAS Y PERSPECTIVAS**

En México y en todo el mundo la demanda por este poliéster saturado, muestra una tendencia de crecimiento importante sobre todo en el área de envases para una infinidad de productos, desde agua mineral hasta otros de alta agresividad como detergentes y shampoo. Por otra parte el uso de PET como envase de bebidas carbonatadas muestra una tendencia de decremento.

En los últimos años el PET ha ganado en su consumo global entre un 10 y un 12% anuales y por el momento no hay planeados sistemas de reciclaje para este material. (14)

#### D.4.2 POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD)

El Polietileno de alta densidad es el polímero que ocupa el segundo lugar en consumo en México, aunque la cantidad utilizada representa tan solo la mitad de lo que se emplea de PEBD, ya que su uso no está extendido a bolsas domésticas.

El PEAD surgió como una derivación del PEBD, ya que tan sólo se modificaron las condiciones en las que se obtiene este último (altas presiones y temperaturas fueron modificadas a presiones y temperaturas bajas), partiendo de una misma materia prima: el Etileno.

Es un plástico rígido, ligero, generalmente colorido y con un índice de contracción de un 1.5 a un 4.0 %. Debido a que este polímero presenta en su estructura muy pocas ramificaciones, sus cadenas se acomodan de manera más empacada y su densidad es de 0.941 a 0.965 g / cm. Este empacamiento es el responsable de que el material presente una gran cristalinidad, llegando a alcanzar niveles de un 70 a un 85%, por lo que se pueden producir piezas opacas. El PEAD presenta una mejor resistencia mecánica y una mayor dureza que el PEBD, aunque también es fácilmente rayable; puede soportar temperaturas en uso continuo hasta de 115°C, comportándose de una manera muy similar al PEBD cuando se incendia.

Debido a su estructura tan cerrada, posee muy buenas propiedades aislantes y una muy buena resistencia química; en lo que respecta a permeabilidad no permite el paso del vapor de agua y es una mejor barrera a gases que el PEBD.

##### CONSTANTES DE PERMEABILIDAD

GAS	PEBD	PEAD
CO <sub>2</sub>	280	43
O <sub>2</sub>	59	11
N <sub>2</sub>	20	3

Con respecto al procesamiento del PEAD o HDPE (siglas en Inglés), los métodos por los cuales se transforma son :

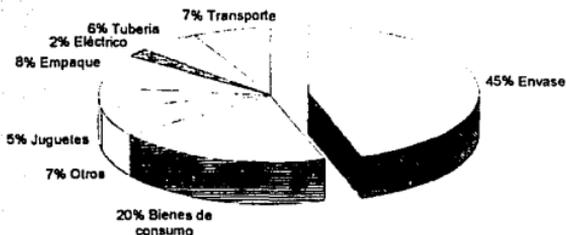
- ^ Extrusión
- ^ Termoformado
- ^ Inyección
- ^ Soplado

Al igual que el PEBD, es un polímero que no requiere de un control muy estricto de temperaturas, se funde a niveles de 160 a 200°C y se reblandece a 121-133°C. El número que sirve para identificar a este material dentro del código de reciclaje, es el 2, sin este código es fácil confundir el PEAD con el Polipropileno.

En México el PEAD es empleado en el área de envase principalmente como botella (62% de las botellas de plástico están manufacturadas con este material) para productos químicos, detergentes, limpiadores, etc. Dentro del ramo alimentario, para envases y empaques de leche, yoghurt, cremas, nieves, mantequilla, bebidas no gaseosas, etc. Otro segmento de consumo de consideración es el área de artefactos domésticos como botes de basura, cubetas, bandejas, platos, cubiertos desechables, etc.

Algunas aplicaciones que han ido en aumento son el área de empaques a través de su aplicación en bolsa para transportar mercancías y sacos para comestibles; El área de accesorios para transportación en la cual se consideran de manera especial las cajas para transportar los envases de refresco, leche, verduras, frutas, etc.

PEAD  
% SEGMENTACION DEL CONSUMO



MEXICO 1989

Algunos de los productos en los que pueden ser reciclados los empaques y envases de PEAD son: Floreros, botes de basura, señales de tráfico, juguetes, tinas, cordeles y un sin número de recipientes.

Uno de los principales problemas en el reciclaje del Polietileno de alta densidad es que el color del plástico reciclado no puede ser controlado, por lo que dicho material debe ser cubierto por dos capas de plástico colorido, fabricado a partir de materias primas nativas o vírgenes.

Debido a lo anterior con las tecnologías actuales en la fabricación de nuevos empaques y envases a partir de PEAD reciclado, sólo se puede emplear un 30% de material reciclado y el 70% restante deben ser materiales vírgenes.

De acuerdo con los expertos, en los E.U.A., una tonelada de PEAD puede ser valuada en 150 dólares. Así es que tan sólo en este material, son desechados hasta 120 millones de dólares al año, en dicho país.

## PRODUCCION

La capacidad instalada a nivel mundial para producir PEAD, en el año de 1989, fue de 12.7 millones de toneladas; y su aprovechamiento fue en ese mismo año, del orden del 86%. Esta capacidad se localiza primordialmente en los E.U.A., Europa occidental, Japón y la región de Asia-Pacífico.

México, figura dentro de los países productores de esta resina por medio de su empresa Petróleos Mexicanos, con sus plantas en el estado de Veracruz; con una producción anual de 200,000 Ton anuales.

Las importaciones de esta resina han tenido un incremento sostenido, variando para 1991, de un 10 a un 15% en la demanda interna.

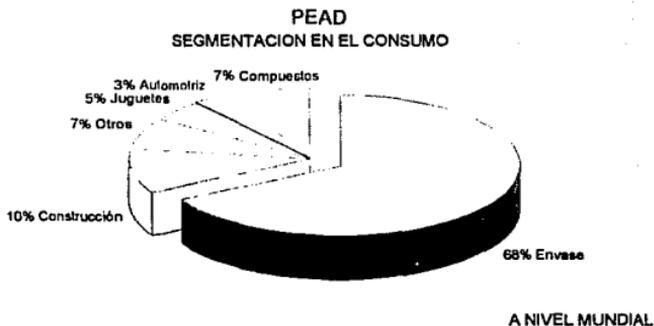
## CONSUMO

Los altos índices de crecimiento en el consumo de PEAD mostrados durante los años 1985-1987, disminuyeron drásticamente durante 1987-1989, con un crecimiento mundial del 5%. Los E.U.A., Japón y Europa Occidental representan en la actualidad el 66% (7.0 millones de Toneladas) del consumo mundial de esta resina.

### PEAD CONSUMO APARENTE ( M TON )

AÑO	ESTADOS UNIDOS	EUROPA OCCIDENTAL	JAPON
1981	1919	1365	524
1982	1976	1372	581
1983	2139	1527	587
1984	2384	1639	690
1985	2628	1819	680
1986	2778	2019	692
1987	3305	2312	732
1988	3383	2566	809
1989	3314	2649	881

Los principales sectores en el consumo de PEAD a nivel mundial son en orden decreciente: ENVASE Y EMPAQUE 68%, construcción 10%, bienes domésticos 7%, compuestos y mezclas 7%, juguetes 5% y el automotriz con un 3%.



Con respecto a la segmentación del consumo de PEAD en los E.U.A., Japón y Europa Occidental, el sector de envase y empaque ocupa el primer lugar en los tres; representando en el primer país el 69% (2,285,000 Ton), en el segundo el 64% (560,000 Ton) y en el tercero, el 69% (1,824000 Ton).

En México, los usos que han mostrado mayor crecimiento en el consumo, y por lo tanto han tenido una mayor participación en el mercado, son el de envase, con un incremento del 25% en 1981 a un 45% en 1989, y el de película con un incremento del 4 al 8%, en esos mismos años.

En cuanto a la distribución geográfica del consumo de PEAD en el país. Es marcado que la mayoría de éste se da en los estados donde se encuentran las ciudades con una mayor población como son D.F., Nuevo León, Jalisco y el Estado de México.

PEAD  
% DISTRIBUCION GEOGRAFICA DEL  
CONSUMO EN MEXICO 1989



## TENDENCIAS Y PERSPECTIVAS

Japón, país donde el 56.6% de los productos de PEAD son obtenidos por extrusión, denota una mayor participación de la resina para uso como empaques, contrario a lo que sucede en los Estados Unidos y Europa, donde la mayor parte se destina a la producción de cuerpos huecos.

La tendencia y participación que se ha tenido por parte del sector de consumo de envases en los E.U.A. es negativa, como se puede apreciar en el siguiente cuadro:

<b>SECTOR</b>	<b>1984</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>TENDENCIA</b>
Envases	56%	55.1%	54.2%	53.5%	Negativa

El PEAD, es una resina que se presenta con crecimientos interesantes en su consumo a nivel mundial, por lo que existen proyectos de ampliación en todas las regiones del mundo, teniéndose como meta para este año de 1993 incrementar en más de un 21%, la producción total de este plástico.

Para 1989, Petróleos Mexicanos contaba dentro de su cartera de proyectos en planeación, con la construcción de una planta para elaborar PEAD por 120,000 toneladas al año; sin embargo actualmente no se ha considerado esta posibilidad. (14)

#### D.4.3 CLORURO DE POLIVINILO ( PVC )

El cloruro de polivinilo o PVC (del Inglés Polyvinyl-Chloride), es el termoplástico que ocupa el tercer lugar en consumo en México.

Su gran uso se debe primordialmente a que es el único material moldeable mediante doce procesos diferentes de transformación y a que se puede formular con veintidós diferentes aditivos, dando lugar a una amplia gama de productos.

El PVC es obtenido a nivel laboratorio en el año de 1872, pero es introducido en el mercado, hasta el año de 1920.

La obtención del PVC se da como resultado de la polimerización de cloruro de polivinilo mediante cualquiera de los siguientes procesos:

- ✧ Masa
- ✧ Suspensión
- ✧ Emulsión
- ✧ Solución

De cada proceso se obtiene un polímero de diferente tamaño; de los primeros dos antes enlistados, se obtienen "compuestos" que no son más que mezclas homogéneas de diferentes aditivos con resina de PVC y que dan lugar a materia prima que será transformada en otros artículos como: botellas, películas, mangueras, tuberías y zapatos entre otros.

Todos estos productos pueden ser rígidos o flexibles, dependiendo de la adición o no adición de un aditivo plastificante.

De la emulsión y la solución se obtienen plastisoles y organosoles, los primeros son de consistencia lechosa por la adición de una alta proporción de plastificante, los segundos poseen una viscosidad similar a la del agua debido a la presencia de un solvente, además del plastificante.

Los compuestos flexibles presentan una densidad de 1.15 a 1.35 gr/cm<sup>3</sup>, con una capacidad de elongación de hasta 200 a 450 % y con una temperatura de deformación de 50 a 75°C.

Los compuestos rígidos son más pesados, dado que alcanzan una densidad de 1.35 a 1.45 gr/cm<sup>3</sup>, poseen una capacidad de elongación mucho menor que los flexibles (de 5 a 12%), tienen una resistencia dieléctrica muy buena y la temperatura de deformación es similar a los compuestos flexibles.

En general el PVC resiste ácidos y bases fuertes, así como algunos solventes orgánicos. Se degrada al ser expuesto a las radiaciones ultravioleta, fenómeno por el cual presenta autoextinguibilidad siempre y cuando, no sea formulado con un exceso de plastificante.

El PVC puede ser procesado mediante diferentes tipos de transformación :

Suspensión o masa .- Extrusión, inyección, soplado, termoformado, etc.  
Plastisol.- Rotomoldeo, aspersión, etc.

El código de reciclaje para los envases de PVC es el número 3, y debe existir la letra "V" de vinil. El PVC es normalmente brillante, transparente (ligeramente azulado) y rígido. Una forma sencilla para identificar si un envase esta compuesto de este material, es doblándolo y si aparece una marca blanca (como sucede con las tarjetas de crédito al doblarlas), se tratará de este material.

Resulta de gran importancia el tener bien identificado al PVC, ya que como se ha mencionado, una pequeña fracción de este material mezclada en un lote de otro plástico (como el PET) durante el proceso de reciclaje, puede arruinar el lote completo o incluso la maquinaria; la razón de esto es que al sobre calentarse el PVC, libera ácido clorhídrico, el cual corroe el cromo del equipo de la recicladora.

Alrededor del 5% de los envases plásticos están hechos de PVC. Puede ser reciclado, pero muy raramente lo es; de las 3,626800 toneladas que se fabrican en los E.U.A., tan sólo se reciclan 227 de ellas. (36)

En los tiraderos de basura, si los envases son expuestos al agua, solventes y otros compuestos; los químicos agregados al PVC, para hacerlo más flexible durante su manufactura, pueden ser filtrados al suelo y a los mantos freáticos subterráneos, siendo una considerable fuente de contaminación.

En las plantas incineradoras, el PVC, que contiene compuestos clorados, al ser quemado con el resto de la basura, desprende ácido clorhídrico que es corrosivo para el equipo y desprende además, otros tóxicos como dioxinas cancerígenas para el hombre; por lo que si la planta incineradora no posee un buen sistema de filtros a la salida de sus chimeneas, los empaques de PVC incinerados, son un contaminante de gran escala para la atmósfera.

Actualmente, aún se tiene en tela de juicio, el que el cloruro de Polivinilo sea adecuado para ser empleado como envase de alimentos; esto a raíz del descubrimiento en 1975 de un carcinógeno llamado monómero de vinil clorado; encontrado en vinos, y cuya fuente era la botella de PVC que los contenía. Sin embargo algunos expertos en la materia defienden a las películas de PVC como un material de envase de gran calidad para perecederos ya que los riesgos de liberación de toxinas desde el envase hacia el alimento son mínimos.

Algunos de los productos que se pueden encontrar envasados con este material son: Queso, comidas rápidas, tocino, miel, aceite, agua, vino, etc. Otras aplicaciones del PVC se tienen en tuberías, láminas, discos, calzado, plastilata, guantes, señales de tránsito, etc.

En los Estados Unidos de Norteamérica, la fundación para la defensa del medio ambiente, recomienda el no consumir agua embotellada en envases de este material y en su lugar consumir agua envasada en recipientes de vidrio o PET.

Para hacer más fácil el reciclaje de las botellas de éste material, se recomienda eliminar la tapa (que generalmente es de Polipropileno), enjuagarlas y aplastarlas para que ocupen un menor espacio.

## **PRODUCCION**

La capacidad instalada a nivel mundial para producir PVC en 1989 fue del orden de los 20 millones de Toneladas, localizadas principalmente en Europa Occidental, Europa del Este, E.U.A. y Japón. Las cuales integran el 80% de la producción mundial.

En México existen dos empresas importantes productoras de PVC. Son: GRUPO PRIMEX con una producción de 150 mil Ton y POLICYD con una producción de 126 mil Ton.

La capacidad nacional para producir resinas de PVC alcanza las 319,000 toneladas anuales, se encuentra centralizada en Tamaulipas (61%), Puebla (25%) y en el Estado de México 14%.

La importación de PVC ha mostrado en los últimos años, una tendencia ascendente. En 1985 se importaron 2,160 toneladas de resina incrementándose para 1989 a 11,000 toneladas. Las exportaciones tuvieron en 1985 una caída estrepitosa, debido a la alta competencia que se presentó en el mercado internacional.

## CONSUMO

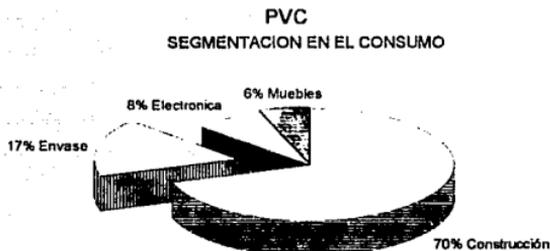
El consumo mundial de PVC se incrementó en 1989 a 17.2 millones de Toneladas representando Europa, E.U.A., Japón, Taiwan, China y Rusia el 73% del total (12.5 millones de Toneladas).

El mayor consumidor de PVC por regiones a nivel mundial fue Japón, con un crecimiento anual de 6.2%, siguiéndole Europa con un crecimiento anual durante el período 1985-1989 del 6.1% y por último, los E.U.A. con un crecimiento de 4.1%.

### PVC Y COPOLIMEROS CONSUMO APARENTE ( M TON )

AÑO	EUROPA OCCIDENTAL	ESTADOS UNIDOS	JAPON
1981	3353	2348	1132
1982	3570	2485	1140
1983	3845	2553	1154
1984	3820	2945	1181
1985	3992	2913	1452
1986	3980	3201	1391
1987	4609	3478	1563
1988	4912	3533	1732
1989	5068	3412	1847

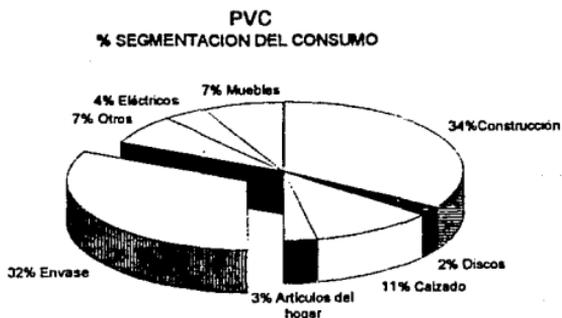
Los principales segmentos de consumo de las resinas de PVC a nivel mundial son en orden decreciente: Construcción (63%), ENVASE Y EMPAQUE (17%) , Sector electrico-electronico (8%) y la industria mueblera ( 6%).



A NIVEL MUNDIAL

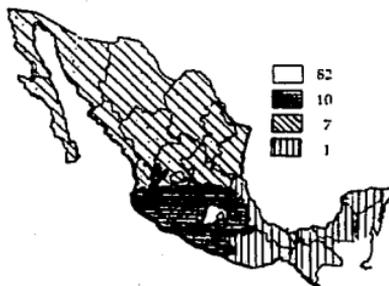
En cuanto a la segmentación del consumo, en el año de 1989 en Europa Occidental los sectores de envase y empaque ocupan un 25% (1,270,000 Ton) en los E.U.A. un 9.6% (327,000 Ton) y en Japón un 23.3% (430,000 Ton) del consumo total de este polímero, en cada una de las regiones.

En México el 77% del consumo, se destina a tres sectores en especial: construcción, calzado y envase; y se encuentra localizada en la región central que comprende al Distrito Federal, Jalisco, Estado de México y Guanajuato.



MEXICO 1989

**PVC Y COPOLIMEROS**  
**% DISTRIBUCION GEOGRAFICA DEL**  
**CONSUMO EN MEXICO 1989**



## TENDENCIAS Y PERSPECTIVAS

A nivel mundial se considera que a pesar de los múltiples ataques que ha recibido el PVC como material de envase, este continuará teniendo una tendencia positiva en su demanda por su aplicación en envases biorientados de alta transparencia, para uso en bebidas con bajos índices de CO<sub>2</sub> y para comprobar esto, sólo basta analizar las tendencias en uno de los países con mayor consumo de PVC:

SECTOR	1984	1987	1988	1989	TENDENCIA
P.flexible	9.5	10.3	10.7	10.9	positiva
P.rígida	4.4	4.4	4.6	5.0	positiva
Botella	2.5	2.3	2.8	2.8	estable

Dentro de los proyectos y perspectivas que se tienen a nivel mundial para la producción de PVC, además de un incremento de las plantas productoras en muchos países del mundo, a manera de contribución a la probable falta de abastecimiento en el futuro cercano, se están realizando estrategias tendientes a reciclar sistemáticamente el PVC, con lo que se espera poder recuperar alrededor del 10 al 20% del consumo mundial, utilizando como principales fuentes, los materiales de vida corta como son los empaques, envases y en segundo término, los productos de larga vida como tubería y perfiles de ventanas.

En México se espera que exista una recuperación lenta pero sostenida en el consumo de PVC, en rangos de crecimiento del 4 al 5%. (14)

#### **D.4.4 POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD (PEBD)**

Es el polímero con mayor consumo no sólo a nivel nacional sino a nivel mundial, esto es debido a sus excelentes propiedades mecánicas, resistencia química, bajo costo y a su gran facilidad de procesamiento.

Este material es el resultado de la polimerización de etileno a temperaturas y presiones muy elevadas. Con una densidad de 0.91 a 0.94 gr/cm<sup>3</sup>. Puede ser transformado por medio de los siguientes procesos :

- ▲ Extrusión
- ▲ Inyección
- ▲ Soplado
- ▲ Rotomoldeo

Debido a la estructura ramificada que presenta a base de cadenas cortas y largas sin ningún orden, no existe crecimiento de cristales, por lo que su cristalinidad apenas alcanza un 50 a 60% haciéndolo un material transparente como película y translúcido como pieza sólida. Por su baja dureza superficial presenta una cierta facilidad a ser rayado y da una consistencia cerosa en los artículos moldeados.

El PEBD presenta una temperatura de resqueamiento de 80°C, se incendia rápidamente generando un olor a parafina quemada.

La permeabilidad del PEBD al vapor de agua es prácticamente nula, propiedad que lo hace un material muy empleado como envase de productos alimenticios secos como son : galletas, cereales, sopas, etc. Pero por otro lado la gran permeabilidad que presenta a gases como Oxígeno, Nitrógeno y Dióxido de carbono, lo imposibilitan a ser material de envase para productos frescos.

Por sus propiedades termosellantes el PEBD se emplea en estructuras internas de laminaciones que combinadas con Aluminio, cartón, nylon, PET, etc.; son empleados como envases con características muy especiales. Dos de las principales laminaciones son:

1. PEBD/ Cartón / Aluminio / Cartón / PEBD -----TETRAPACK
2. PEBD/ Adhesivo / Poliamida / Adhesivo / PEBD -----Envases de hamburguesa y envases al vacío.

El PEBD es la película plástica más empleada en la industria de alimentos como una parte del envase. Cada año son empleados más de 300,000 toneladas de este material, del cual su reciclaje es nulo.

Su mayor uso se tiene en bolsas domésticas e industriales, prácticamente todas las bolsas de plástico en las que transportamos nuestros alimentos desde los lugares de distribución hasta los lugares de consumo, son de PEBD.

Otras aplicaciones de importancia que se tienen para el PEBD están en sacos industriales, botellas para shampoo, leche, alcohol, solventes, tapas, cables, juguetes. Como película se emplea como envase de pan, alimentos congelados, carne, hielo, etc.

Dentro del código de reciclaje de plásticos, este material ocupa el número 4. Para identificarlo sólo basta arrugarlo y si no hace ruido alguno durante esta operación, entonces se tendrá que el material es PEBD.

Las bolsas y las películas que envuelven a los productos alimenticios, fabricadas de PEBD, representan el 40% del total de la basura plástica generada. (36)

Aún no existen evidencias palpables de la " Biodegradabilidad segura " de este material en los tiraderos de basura o en los rellenos sanitarios, lo mejor que puede ocurrir es que la bolsa o película, se reduzca a pequeños fragmentos invisibles, probablemente tóxicos. Por lo que su reciclaje se presenta como una mejor opción.

Las bolsas y demás películas de este material pueden ser recicladas de una forma perfectamente cíclica, es decir, que el 100% del material que compone una bolsa de plástico puede ser convertido después de un determinado tiempo en que se uso y se desecho, en una nueva bolsa de plástico; cosa que no sucede con otros materiales de ésta naturaleza.

Lo antes expuesto nos lleva a pensar que teóricamente, mientras más PEBD se recicle menos se necesitará producir. Lo anterior se traduce en un menor gasto de aceite y gas natural, menor emisión de contaminantes y menor uso de solventes en su manufactura. Una opción que se presenta como algo aún más eficiente que el reciclaje para las bolsas hechas con este material, es otra de las " R ", el reuso; con esta opción la bolsa puede ser usada, lavada, secada y ser perfectamente reutilizable. Por razones que van desde el sentido común, hasta las económicas y prácticas, ésta es la opción más viable.

El reciclaje de las bolsas de este material, debería ser obligado de manera legal y oficial, al menos en su organización, para las tiendas y supermercados de donde son distribuidas.

## **PRODUCCION**

La capacidad mundial instalada para fabricar PEBD en 1992 fue de 16.6 millones de toneladas ( sin considerar el PEBD lineal ) y esta se encuentra localizada de manera muy marcada en tres regiones : Europa del Este, E.U.A. y Europa Occidental, integrando de manera conjunta el 72% de la capacidad mundial.

México aparece como uno de los productores importantes de esta resina, con su industria PETROLEOS MEXICANOS, la cual tiene una producción de 339,000 Ton y se encuentra localizada en los estados de Veracruz y Tamaulipas.

## CONSUMO

En 1989 el consumo mundial de Polietileno de baja densidad era de 14.2 millones de toneladas y el de PEBD lineal de 4.0, totalizando 18.2 millones de toneladas.

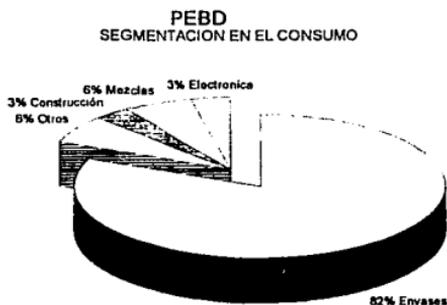
Europa Occidental, E.U.A. y Japón al igual que con el PEAD, son los mayores consumidores de PEBD representando el 57% del consumo mundial total.

Los europeos incrementaron su consumo de PEBD en el intervalo de 1985 a 1989, en un 6.5% anual, los japoneses lo hicieron con un moderado 4.4% y los norteamericanos en un 7.9%.

### PEBD CONSUMO APARENTE ( M TON )

AÑO	EUROPA OCCIDENTAL	ESTADOS UNIDOS	JAPON
1981	3,433	2,369	828
1982	3,531	2,374	795
1983	3,764	2,639	854
1984	3,862	2,878	1,063
1985	3,953	2,935	1,090
1986	4,403	3,011	1,075
1987	4,765	3,452	1,143
1988	4,979	4,111	1,216
1989	5,074	3,978	1,294

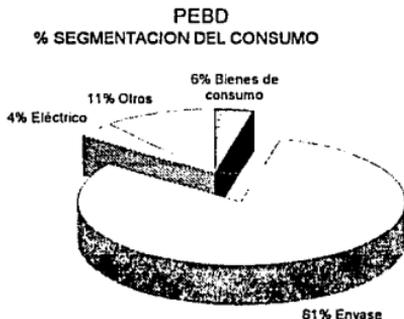
En cuanto a los sectores de consumo a nivel mundial, se tienen en forma decreciente los siguientes : EMPAQUE Y ENVASE 80%, resina para mezcla y compuestos 6%, eléctrico 3%, bienes de consumo 3% y construcción 3%.



A NIVEL MUNDIAL

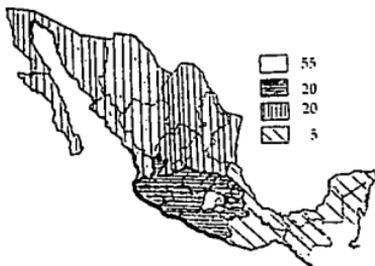
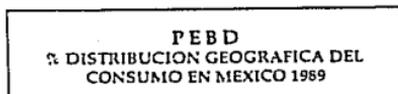
Después de analizar las cifras antes mencionadas resulta lógico que en Europa, Japón y los Estados Unidos, el sector que presenta un mayor consumo es el de empaques y envases. En la primera región ocupa un 83% del total (4220000 Ton) , en el segundo país ocupa un 70% del consumo total de PEBD (910000 ton) y para el tercero se tiene un 73% (2,886,000 Ton).

También en México resulta sorprendente el porcentaje que representa en el consumo total interno; el sector de empaques y envases ( 81% ).



MEXICO 1989

El consumo de PEBD se encuentra de manera muy dispersa a lo largo del territorio nacional, destacando dentro de los estados con mayor consumo: D.F., Estado de México, Nuevo León, Jalisco y la zona del Bajío.



## **TENDENCIAS Y PERSPECTIVAS**

La tendencia que se presenta actualmente en el consumo de este plástico es a estabilizarse ya que no se han presentado grandes alzas o bajas dentro de los principales países consumidores.

Debido a que regiones como Asia se encuentran en una etapa de desarrollo industrial se prevé que existan aumentos en la producción de éste plástico de hasta un 6% para satisfacer la demanda mundial.

En México el mayor consumo de PEBD se continuará destinando a la elaboración de película, la cual incluye materiales para empaques, bolsas y laminaciones para recubrimientos de papel y cartón utilizados como envase. Dada la gran demanda y la liberación del permiso previo para importar ésta resina, a partir de 1987 han surgido una gran cantidad de empresas importadoras y comercializadoras de PEBD en nuestro país destacando: Unión Carbide Mexicana, Dow Química Mexicana y Polian S.A. entre otras.

(14)

#### D.4.5 POLIPROPILENO ( PP )

Descubierto en 1950 y comercializado en 1957, es el plástico que ocupa el tercer lugar en consumo a nivel mundial y el quinto en México.

El Polipropileno es el resultado de la polimerización del gas propileno. Algunas de las características que presenta este material son entre otras una excelente resistencia química y térmica, además de buenas propiedades mecánicas (excepto la resistencia). Para mejorar la resistencia mecánica del polipropileno se combinó con etileno, creándose un co-polímero, y es así que surgen a nivel comercial dos formas de polipropileno; el co-polímero y el homo-polímero.

El homo-polímero tiene una gran resistencia a elevadas temperaturas y no es atacado por ningún solvente u otra sustancia corrosiva, a menos de 80°C se puede esterilizar con radiaciones y posee una excelente combinación de resistencia a la tensión y a la elongación.

El co-polímero tiene una menor resistencia tanto a sustancias químicas como a la temperatura, sin embargo la resistencia al impacto se incrementa en un 30% al polimerizar junto con el etileno.

El Polipropileno es un plástico altamente cristalino con transmisiones de luz de sólo 70 a 75% por lo que a excepción de las películas, con este material únicamente se fabricaban piezas translúcidas u opacas. En la actualidad con el uso de aditivos como son los agentes clarificantes se pueden llegar a tener botellas totalmente transparentes a partir de este mismo material.

Cuando se incendia el polipropileno, funde y gotea de manera muy similar al polietileno, sólo que presenta una llama inicial de color azul y sus vapores huelen a aceite de automóvil al apagarse. Con respecto a la permeabilidad este polímero presenta una buena barrera a la humedad, al Oxígeno y al Nitrógeno.

Es muy resistente a las grasas por lo que se emplea como envase de botanas y otros alimentos que están en contacto directo con el material que los contiene.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

El polipropileno puede ser transformado por medio de los siguientes procesos :

- ▲ Extrusión
- ▲ Inyección
- ▲ Soplado
- ▲ Termoformado

La temperatura de fundido del material está entre los 150 y los 270°C, de acuerdo, al grado que se este trabajando y a las modificaciones que se le hayan practicado mediante aditivos.

El mayor uso de este material, se tiene en el sector de raffia para elaborar costales para transportar azúcar, granos y otros productos alimenticios, en películas para botanas, chocolates, dulces, productos secos como galletas, carnes frías, etc.; además se usa en botellas y en sus tapas.

El número que le corresponde dentro del código de reciclaje de estos materiales, es el 5.

Algunos de los productos que encontramos en el mercado y cuyos materiales de envase son en su totalidad o constan de alguna parte de Polipropileno son: Yoghurt, quesos, prácticamente todas las tapas de plástico de botellas, jarabes, etc.

En el año de 1988 en los E.U.A. se emplearon como material de envase 1,451,520 toneladas de Polipropileno, de los cuales se recicló un 2% y el 98% restante fue destruido o simplemente enterrado, teniéndose porcentajes de recuperación aún inferiores en México. (36)

Teóricamente con el reciclaje se reduciría notablemente la manufactura de Polipropileno nuevo, medida que sería un paso muy positivo ya que el propileno (monómero del Polipropileno), está considerado dentro de la lista de " peores contaminantes " de EPA. (37)

La razón por la cual no se tiene como solución del Polipropileno de desecho la incineración, es debido a que éste plástico libera Niquel durante el proceso, y se ha encontrado que éste tóxico metal es el responsable del cáncer de nariz y de pulmón en hombre. Aún cuando es técnicamente reciclable, tanto la industria del plástico como el gobierno han hecho una labor muy pobre para incrementar el volumen de Polipropileno reciclado.

## **PRODUCCION**

La capacidad instalada a nivel mundial en 1989 para producir polipropileno fue de 13.6 millones de toneladas anuales y se espera que para 1993 se alcance una cifra de 19.8 millones de toneladas anuales. Se encuentra establecida en tres regiones principales: E.U.A., Europa occidental y Japón. Representando el 77% del total de la producción.

En México no se tiene planta alguna para producir la resina de polipropileno, por lo que toda la demanda interna se satisface mediante importaciones.

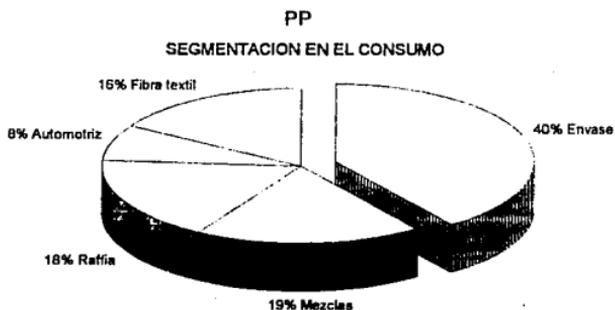
## **CONSUMO**

El consumo mundial de polipropileno alcanzó en 1989 la cifra récord de 11 millones de toneladas anuales, siendo los principales consumidores los Italianos, Franceses, Ingleses, Alemanes y Belgas ( 76% del consumo total mundial). Dentro de las tres principales zonas consumidoras se ha observado una tendencia de incremento anual de 12.5% para Europa Occidental, 8.7% para E.U.A. y de 7.7% para Japón.

**PP  
CONSUMO APARENTE  
( M TON )**

<b>AÑO</b>	<b>EUROPA OCCIDENTAL</b>	<b>ESTADOS UNIDOS</b>	<b>JAPON</b>
1981	1346	1455	921
1982	1393	1312	858
1983	1582	1665	974
1984	1858	1837	1171
1985	2028	2000	1247
1986	2283	2132	1282
1987	2610	2490	1401
1988	2979	2686	1546
1989	3257	2805	1681

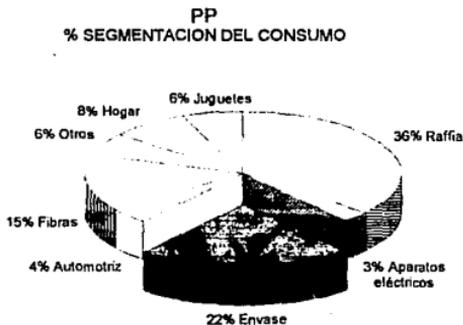
A nivel mundial los principales sectores de consumo son en orden decreciente: **EMPAQUES Y ENVASE 40%** , fibra textil 16%, rafia 18%, mezclas y compuestos 13% y automotriz 8%.



**A NIVEL MUNDIAL**

En México, el consumo del polipropileno está en función del proceso mediante el cual haya sido transformado, el más empleado es el de extrusión y es mediante este, que se obtienen productos como raffia, películas para envase de alimentos, recipientes y fibras. Le sigue el proceso de inyección, del que se obtienen tapas para envases, charolas para cubos de hielo, juguetes, respaldos para sillas, etc.

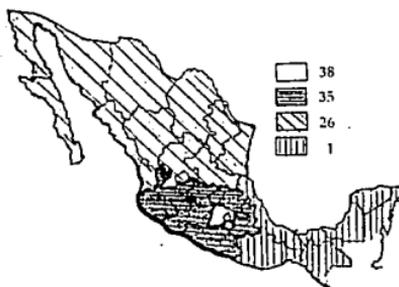
Por último del proceso menos usado, el soplado, se obtienen básicamente envases para alimentos y cosméticos. En el país se tienen como principales blancos de consumo los sectores de raffia, empaque, envase y en menor grado el de fibras.



MEXICO 1989

En cuanto a la distribución geográfica que se tiene en el consumo de polipropileno en territorio nacional; se encuentra centralizado en los siguientes estados de la república: D.F., Estado de México, Monterrey, S.L.P., Jalisco, Puebla y Querétaro.

PP  
% DISTRIBUCION GEOGRAFICA  
DEL CONSUMO EN MEXICO 1989



## TENDENCIAS Y PERSPECTIVAS

Como se ha hecho hincapié, el sector con mayor incidencia en el uso de polipropileno es el de empaques y envases, lo anterior es debido entre muchas otras cosas, a las nuevas tecnologías con las que se cuenta y mediante las cuales el polipropileno ha sufrido algunos cambios:

Ha sido reforzado con fibra de vidrio, ha tenido modificaciones al impacto y se le ha dado un alto brillo y una gran transparencia.

En envases, la película de polipropileno orientada, prácticamente a desplazado a la película de celulosa e inicia la sustitución del papel de alta calidad. Por otro lado las láminas metalizadas de polipropileno se encuentran creciendo rápidamente debido a las ventajas que ofrecen en aplicaciones de nuevos envases asépticos.

Otros sectores en los que el uso del polipropileno se está extendiendo, es como botella, co-extrusiones y como componente esencial en recipientes con requerimientos de alta barrera.

La participación de la película y de piezas formadas por inyección tuvieron un gran crecimiento durante la anterior década. La raffia ha presentado un crecimiento considerable en su consumo.

De acuerdo con los cambios que se presentan en el mercado mundial, se espera que los transformadores nacionales adecuen a corto plazo, sus producciones a mercados prácticamente vírgenes como la película orientada y el envase de polipropileno clarificado. Cabe señalar que con la producción que se espera tener para finales de 1993, se tendría un aumento en la producción mundial del 46%, en tan sólo cuatro años. (14)

#### **D.4.6 POLIESTIRENO ( PS )**

Es en el año de 1920, en Alemania, donde se obtuvo la polimerización del estireno, pero es hasta 1932 cuando se lleva a su comercialización. El polímero puede ser transformado por:

- ▲ Masa
- ▲ Suspensión
- ▲ Solución
- ▲ Emulsión

Impartiéndole propiedades diferentes en cada caso y obteniéndose una gran variedad de productos.

Clasificación de los Poliestirenos :

##### **◆ Poliestireno cristal.-**

Es el resultado de la polimerización desordenada del estireno, dando como resultado un polímero amorfo, transparente, brillante, duro y rígido. Con una densidad de 1.04 gr/cm<sup>3</sup>, una resistencia a la tensión muy buena (350 a 530 kg/cm<sup>3</sup>), pero una resistencia al impacto muy baja, por lo que se le considera un material frágil.

Este tipo de Poliestireno presenta una gran resistencia a los ácidos orgánicos, exceptuando a los ácidos altamente oxidantes, las sales y álcalis. Otros compuestos que atacan al Poliestireno cristal, son los ésteres, cetonas, aceites y grasas.

La luz ultravioleta le imparte un color amarillento, con lo que pierde sus características de brillantez y transparencia.

#### ◆ **Poliestireno Impacto.-**

Es el resultado de la polimerización de estireno, con un porcentaje de butadieno, con lo que se obtienen productos con cierta resistencia a los golpes. Existen tres tipos o grados :

- Poliestireno de medio impacto, con un porcentaje de butadieno de 3.5 al 4.5%.
- Poliestireno de alto impacto, con un porcentaje de butadieno de 7.5 a 9.0%.
- Poliestireno de super alto impacto, con butadieno en un 10 al 25%.

Los tres grados mantienen las mismas propiedades del cristal como son: rigidez, dureza y resistencia a la tensión y compresión. Son afectados por los solventes aromáticos y clorados, presentando poca resistencia a las grasas.

Lo que varía entre los tres compuestos son sus propiedades de impacto (a mayor cantidad de butadieno en la formulación, mayores resistencias al impacto). Otra variación que presentan por la cantidad de butadieno presente en sus formulaciones, se encuentra en su apariencia, la cual puede ser desde translúcida hasta opaca.

#### ◆ **Poliestireno expandible.-**

El poliestireno expandible es el mismo que el poliestireno cristal, sólo que ha sido impregnado con un 7% de un agente neumatógeno o expansor (n-Pentano).

El n-pentano genera un ligero hinchamiento en las perlas o pellets al impregnarse en estas, a este fenómeno se le conoce como pre-expansión y puede ser controlado o anulado con la aplicación de vapor de agua. El grado de expansión es el responsable de los distintos tamaños de perla requeridos en el mercado. La densidad de estas perlas es aproximadamente de 0.6 gr/cm<sup>3</sup>, con una absorción de agua muy baja y altas propiedades de aislamiento térmico y acústico.

#### ❖ Poliestirenos especiales.-

Son los poliestirenos cristal e impacto, los cuales han sido modificados con aditivos tales como retardantes a la flama, antiestáticos, etc.

Con respecto a la transformación de los poliestirenos, se tienen los siguientes procesos:

Poliestireno cristal ⇨ Extrusión e inyección.

Poliestireno grado impacto ⇨ Extrusión, inyección y termoformado.

Poliestireno expandible ⇨ Procesos especiales.

Para el caso de los poliestirenos impacto y cristal las características de la maquinaria requerida para sus transformaciones son muy semejantes, sólo varían las condiciones de operación, requiriéndose de mayores temperaturas para el poliestireno grado impacto.

Para el caso del poliestireno expandible, el material entra en contacto con vapor de agua por medio de un tipo de inyección, generando que las perlas se hinchen, calienten y fundan unas con otras, formando las piezas moldeadas.

El uso principal del Poliestireno es como espuma, pero se tienen también los siguientes usos: como envase de algunos alimentos tales como el yoghurt y otros productos que se venden fríos o calientes, en tapas, tapones, plumas, cajas de cassettes, electrodomésticos, como aislamiento de techos y frigoríficos, juguetes, tuberías, etc.

El número que le corresponde dentro del código de reciclaje de plásticos y que debe aparecer al fondo del empaque, es el 6.

Las necesidades de reciclaje de los envases de Poliestireno se presentan ya que entre otras :

La espuma de Poliestireno es un compuesto no biodegradable y al ser depositado en los océanos y ríos junto con el resto de la basura doméstica, es responsable de la muerte de muchos animales tales como tortugas, peces, aves, etc.; al ser confundido como alimento por estos.

Para la manufactura de la espuma de Poliestireno se emplea un poderoso carcinógeno, el benceno, el cual es convertido a estireno para ser posteriormente inyectado de gases para hacerlo espuma; los gases son entre otros pentano y HCFC-22, que contribuyen a la formación del smog y a la destrucción de la capa de Ozono, respectivamente.

Con el reciclaje de esta espuma se podrían obtener productos tales como platos, aros para cuaderno, cajas para cassettes y muchos de los enlistados anteriormente. En la actualidad existe un programa de reciclaje para este material muy deficiente, no sólo en México, sino en todo el mundo. Hasta 1990 en los E.U.A., (uno de los países más avanzados en la materia), sólo existían cuatro plantas establecidas para el reciclaje de Poliestireno y de estas, únicamente una de ellas funcionaba. (36)

## **PRODUCCION**

La capacidad instalada para producir Poliestireno a nivel mundial fue en el año de 1989, de 9.8 millones de toneladas y al igual que otros de los plásticos antes tratados, la mayor parte de su producción se encuentra localizada en las regiones de Europa Occidental, Asia-Pacífico, Japón y los E.U.A.

México figura dentro de los principales países productores de Poliestireno, representado por sus industrias Resistol; Poliestireno y Derivados S.A. y Polioles S.A.; además de otras seis industrias productoras de esta resina, con una participación inferior.

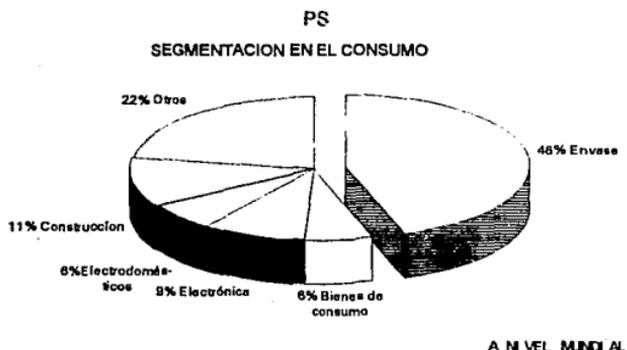
Hasta 1990 la capacidad instalada en el país era de 182,000 toneladas al año, ubicada de la siguiente manera en territorio nacional : Zona centro 40%, Distrito Federal y Estado de México 29%, Veracruz 25% y Nuevo León 5%.

La producción, muestra una estabilización en los últimos años debido al bajo crecimiento de la demanda interna, ocasionada directa o indirectamente por la apertura comercial, que trae consigo un incremento de las importaciones. Las exportaciones de poliestireno alcanzaron un 29% de la producción nacional.

## CONSUMO

El consumo mundial de resinas de Poliestireno alcanzó hasta hace dos años, los 8.2 millones de toneladas, representando E.U.A., Europa Occidental y Japón el 66% del consumo (5.4 millones de toneladas).

En la actualidad los principales sectores de consumo de los Poliestirenos a nivel mundial son: EMPAQUE Y ENVASE 46%, construcción 11%, electrónica 9%, electrodomésticos 6% y bienes de consumo general 6%.



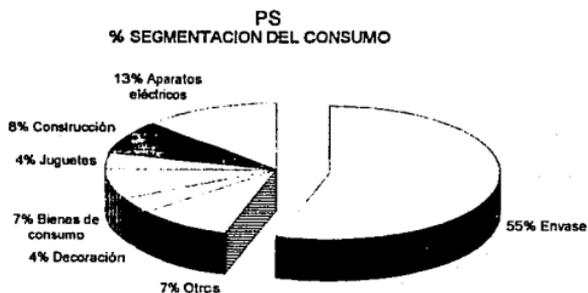
### SEGMENTACION DEL CONSUMO DE POLIESTIRENO EN 1989 ( M T O N )

PAIS	EMPAQUE Y ENVASE	TOTAL	%
Estados Unidos	1057	2257	47
Europa Occidental	1002	2185	46
Japón	510	995	51

A partir de 1985, el consumo de esta resina en México ha presentado incrementos del 2.3% anual. Es así que en el país algunos de los principales usos que se tienen para el poliestireno se encuentran en el área de envases:

Las placas de espuma de poliestireno extruidas, se emplean para carnes, frutas y verduras, huevos y otros alimentos procesados.

Por su parte la película de poliestireno biaxial, se usa para dar presentación a las charolas contenedoras de carnes y verduras.



MEXICO 1989

Con respecto a la distribución geográfica del consumo en México se tiene que el 88% de éste, se presenta en la región central del país, destacando D.F. y zona metropolitana, Jalisco y la región del bajo.

P S  
% DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DEL  
CONSUMO EN MEXICO 1989



## TENDENCIAS Y PERSPECTIVAS

A nivel mundial se observa una mayor tendencia a destinar el Poliestireno en aplicaciones tales como EMPAQUES y ENVASES, construcción, electrodomésticos, juguetes, equipos de refrigeración, etc. En Europa se ha notado una estabilización del consumo de Poliestireno como envase.

En México dentro de los sectores que presentan una tendencia de crecimiento positiva ganando una mayor participación dentro del consumo global de esta resina, se encuentra el de los empaques y envases desechables.

La demanda interna en el país muestra un incremento moderado, con un desarrollo de mercados que como ya se había indicado, estará en función del comportamiento de los sectores de construcción, electrodomésticos y principalmente del de empaques y envases.

Durante 1990-1992 se esperaba un crecimiento de la demanda interna del orden del 3%, como máximo.

En cuanto a las perspectivas que se tienen para el consumo de esta resina a nivel mundial :

- Se estiman crecimientos a corto plazo del 4.6% anuales.
- Los principales países productores no presentan proyectos de expansión de mercados internacionales, es decir, no existen proyectos planeados con la idea de exportar sino, que la mayoría son para abastecer su mercado doméstico o interno.
- Para 1992 se tenía como meta un incremento en la capacidad instalada a nivel mundial, para alcanzar los 11 millones de toneladas. (14)

#### **D.4.7 OTROS PLASTICOS**

Dentro del resto de los plásticos que se emplean en la fabricación de empaques para alimentos están :

##### **POLIAMIDAS ( PA ) .-**

Empleadas en forma de películas para envase de quesos, carne y alimentos preparados. Dentro del sector de envases, este polímero ha crecido de manera paulatina, con el uso de PA6 para co-extrusiones con polietilenos; de donde se obtienen películas con resistencia a la ruptura, baja permeabilidad al Oxígeno, a los aromas y al vapor de agua; así como una gran capacidad de termoformado, pasteurización y esterilización. Características óptimas en los envases de embutidos, carnes frías y quesos.

##### **POLICARBONATO ( PC ) .-**

Empleado en garrafones para agua potable y junto con los biberones absorbe el 48% del consumo interno de esta resina en el país (940 toneladas en 1989). (14)

**D.5 CONSUMO NACIONAL DE PLASTICOS  
CRECIMIENTO 1981-1992  
( % ANUAL )**

<b>PLASTICO</b>	<b>1981/1985</b>	<b>1985/1989</b>	<b>1987/1989</b>	<b>1990/1992</b>
<b>COMODITIES</b>				
PEBD	3.7	2.5	13.5	2-3
PEAD	4.1	13.5	18.5	6-8
PVC	2.0	(2.2)	3.3	4-5
PP	(2.8)	4.4	2.2	6-8
PS	(3.1)	2.3	0.6	3-4
<b>VERSATILES</b>				
PET	---	---	34.9	25-30
PA	12.5	13.8	20.6	12-14
PC	(10.6)	1.7	21.2	12-14

Fuente: IMPI 1990.

## D.6 SEGMENTACION DEL CONSUMO NACIONAL DE PLASTICO

A continuación se presenta la segmentación en el consumo de resinas para plásticos en México durante el año de 1989, tomando como base un consumo total de resinas en dicho año de 1,181,000 toneladas. (14)

SECTOR	%
EMPAQUE Y ENVASE	46.5
PINTURAS,ADHESIVOS Y RECUBRIMIENTOS	9.5
CONSTRUCCION	8.5
DOMESTICO	8.0
MUEBLES	7.0
ELECTRODOMESTICOS	3.0
JUGUETES	3.0
AUTOMOTRIZ	2.5
ELECTRICO-ELECTRONICO	2.5
OTROS	9.5

Efectuando un análisis muy sencillo a lo antes expuesto, para cada uno de los distintos tipos de plástico empleados como envases en la industria de alimentos y teniendo como apoyo la tabla anterior, se puede deducir que el área de empaque y envase representa por mucho el sector mayoritario dentro del consumo nacional de plásticos y se estima que dicho sector continúe en este lugar privilegiado, durante la presente década.

Sin embargo debido a las necesidades actuales en cuestión de protección al ambiente y a la Ecología, no sólo de México, sino de todo el planeta, la industria transformadora deberá realizar un giro importante hacia la utilización de resinas con altos índices en el cumplimiento, de no sólo características técnicas, cuyo fin sea el lograr productos de calidad, excelente presentación y de bajos precios, sino además de estas, deberá preocuparse por la obtención de técnicas mediante las cuales sus productos

puedan ser reciclados de manera sencilla y barata, lográndose la reincorporación total de estos materiales de envase "desechados", a la cadena productiva, disminuyendo en gran medida la actual y terrible problemática que se presenta por la contaminación de suelos, aguas y aire; y por lo tanto de los alimentos.

Desgraciadamente la industria transformadora parece no considerar esto último y sólo pretende obtener mayores ganancias, al incrementar sus volúmenes de producción, empleando en mayor medida mezclas de plásticos, que resultan más difíciles de reciclar.

En general se espera que dentro de la industria de alimentos, se incremente el uso, del PET, PC, PP clarificado y PVC biorientado, como materiales de envase de sus productos.

25

## D.7 SISTEMA DE CODIFICACION DE ENVASES PLASTICOS

Como ya se ha mencionado, una forma de optimizar la recolección y acopio de los envases plásticos y por lo tanto su reciclaje, es eliminando la problemática que se presenta al separar los distintos tipos de plástico que se tienen circulando en el mercado, ya que se requiere de personal muy capacitado para lograr tener una separación eficiente.

Por lo antes presentado, se tiene un sistema de codificación para envases plásticos con el cual se puede identificar de manera muy sencilla el tipo de plástico empleado para su fabricación, lográndose una mucho mejor separación y disminuyéndose las necesidades de tantos recursos humanos y económicos para esta operación, ya que la separación se podría efectuar desde el momento en que el envase se convierte en "material de desecho".

El sistema de codificación se basa en una simbología simple que permite, de una manera muy sencilla para los seleccionadores o separadores, identificar el tipo de plástico del que está fabricado el envase. 4

El símbolo que indica que el empaque es reciclable está diseñado para que sea fácilmente reconocible y para que se pueda distinguir de otras marcas colocadas en los envases por los fabricantes.

Este símbolo esta compuesto por tres flechas que a su vez forman un triángulo (símbolo universal del reciclaje), con un número en el centro y letras en la base. El triángulo se diseñó para aislar el número de otras marcas propias del envase, así como para indicar que se trata de un material reciclable. Las letras y el número indican el tipo de material plástico del que está fabricado el envase. Cada resina recibe un número en especial y se ha acordado la siguiente relación para codificarlos :

- 1.- Polietileno Teraftalato ( PET )
- 2.- Polietileno de Alta densidad ( PEAD )
- 3.- Cloruro de Polivinilo ( PVC )
- 4.- Polietileno de baja densidad ( PEBD )
- 5.- Polipropileno ( PP )
- 6.- Poliestireno ( PS )
- 7.- Otros

El código debe ser grabado en el fondo del envase o lo más cercano a este, según lo permita su geometría. El tamaño mínimo recomendado es de 2.5 cm para lograr su reconocimiento de manera rápida. El tamaño del símbolo es proporcional con el tamaño del envase. (15)

De acuerdo con lo experimentado en otros países, se podría manejar como meta el que los fabricantes de los diversos envases decidan emplear este código en un corto plazo (en artículos nuevos poner el código en todos los moldes y en moldes existentes, colocarlo en un máximo de doce meses).

Debido a aspectos de mercadotecnia, se tiene la necesidad de tener un cambio más o menos frecuente en los envases, ya sea en la forma o en el material empleado para su fabricación, por lo tanto se ha diseñado una forma de colocar el código mediante un inserto en los moldes, éste permite un fácil cambio de los códigos de acuerdo con el tipo de resina empleada.

El código únicamente tiene las funciones antes descritas y no tiene relación alguna con el tamaño o apariencia del contenido.

A continuación se presentan los códigos de identificación de envases plásticos para reciclaje :

	Polietileno Tereftalato PET
	Polietileno De Alta Densidad PEAD
	Cloruro de Polivinilo PVC
	Polietileno De Baja Densidad PEBD
	Polipropileno PP
	Poliestireno PS
	Otros Plásticos

## **D.8 PROCESO DE REGRANULADO DE TERMOPLASTICOS**

El proceso de regranulado consiste en forma general de los siguientes pasos:

- A.- ACONDICIONAMIENTO
- B.- MOLIENDA
- C.- LAVADO Y SEPARACION
- D.- COMPACTACION
- E.- PELLETIZADO
- F.- MODIFICACION CON ADITIVOS

A continuación se describen cada uno de los pasos antes mencionados.

### **ACONDICIONAMIENTO**

Es el proceso mediante el cual se elimina de manera manual, antes de la trituración la suciedad fuertemente adherida y que no puede ser removida durante el proceso de lavado. Dentro de esta suciedad se consideran las tintas, etiquetas de papel, adhesivos, etc.

Es también durante esta operación que se eliminan otros plásticos que vienen mezclados y que son considerados como contaminantes, para optimizar esta operación es indispensable el sistema de codificación de envases plásticos.

### **MOLIENDA**

Operación mediante la cual se disminuye el tamaño de las partículas del plástico hasta un tamaño determinado para su posterior lavado y tratamiento. Se efectúa por medio de molinos.

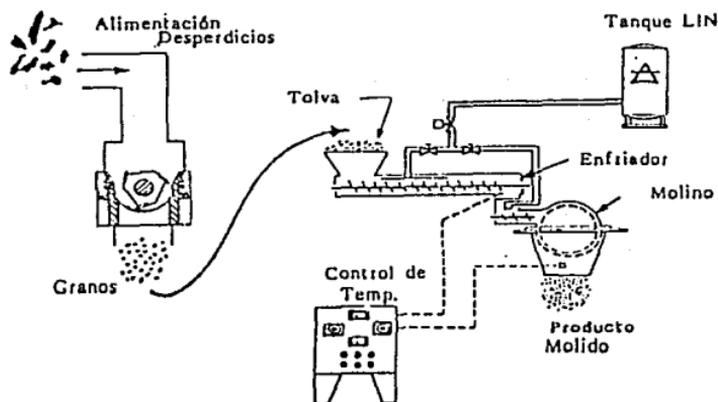
Son varios los factores que se deben considerar al elegir el tipo de molino a emplear, entre ellos están: El tipo de plástico, el estado del material ( piezas de inyección, cuerpos huecos, piezas compactas, rebabas, coladas, masas fundidas. ), tamaño del material a triturar, humedad media, granulometría final requerida, densidad del plástico, contaminación por cuerpos extraños, tipo de alimentación, producción, etc.

Se ha desarrollado un sistema de molienda denominado "MOLIENDA CRIOGENICA" mediante la cual, se logra obtener un tamaño de ideal de partícula, para una posterior pelletización y una incorporación de aditivos.

Mediante la molienda criogénica se obtienen polvos con tamaños de partícula adaptables a revestimientos, rotomoldeo, mezclas secas, soluciones de polímeros y reciclado de trozos. El proceso requiere de un compuesto refrigerante llamado criogénico, el cual es un gas licuado que tiene una temperatura de ebullición inferior a los  $-73^{\circ}\text{C}$ . Por las propiedades de transferencia de calor del Nitrógeno, es el gas criogénico de más uso en la molienda.

La mayoría de los polímeros actuales presentan fragilidad por debajo de  $-78^{\circ}\text{C}$  y es el Nitrógeno quien proporciona una excelente transferencia de calor a una temperatura de  $-78^{\circ}\text{C}$  además, este gas contacta de inmediato con el material de alimentación.

#### RECICLADO CRIOGENICO:



De acuerdo con el tipo de material, las cantidades de Nitrógeno líquido varían y esto proporciona diferentes tamaños de partícula de polvo obtenido.

MATERIAL	Consumo Kg/Kg		Temperatura de fraglización	Tamaño de partícula (mesh)
	LIN	CO2	°C	
LDPE	2.5/3.5	0.75/1	- 56	80
HDPE	1.0	0.3	- 45	40
PP	1.2	0.36	- 51	40
PVC	0.7	0.21	- 45	40
PC	1.5	0.45	- 101	40
PET	1.0	0.3	- 60	40

Fuente: IMPI 1990.

Existen otros métodos de molienda en frío en las cuales no se desarrollan temperaturas tan bajas como en la criogénica, pero que mejoran notablemente la calidad del producto terminado comparándolo con un proceso de molienda a temperatura ambiente.

Algunas de las ventajas que presenta la MOLIENDA CRIOGENICA sobre la normal son :

- El tamaño de partícula obtenido es homogéneo y mínimo, aún alimentándose diferentes materiales como sucedería con los distintos tipos de envases termoplásticos que existen en el mercado.
- Es un proceso muy recomendable para termoplásticos, ya que durante la molienda, no hay un calor excesivo que los pueda degradar.
- Es el único proceso que existe para la micro pulverización de hules.

## **LIMPIEZA**

Una vez molido el material, se procede a su limpieza, proceso mediante el cual se obtiene una materia prima secundaria, que es comparable con la materia prima virgen al obtener el producto final acabado. La limpieza se efectúa en dos fases:

A.- Separación de la suciedad poco adherida, por ejemplo arena o piedras. Se efectúa en tinas con agua y por medio de agitadores mecánicos. Posteriormente se seca el material.

B.- Una vez molido, lavado y seco, el material se filtra en estado fundido en esta fase, la cual se lleva a cabo dentro del extrusor granulador por medio de sistemas de mallas o tamices intercambiables, colocadas dentro del cilindro del extrusor.

## **COMPACTADO**

Se aplica a materiales tales como películas, fibras y materiales espumados, los cuales por su baja densidad aparente requieren equipos especiales que funcionan a elevadas velocidades dando como consecuencia un aumento de la temperatura de molienda, ocasionando a su vez la aglomeración del material. Los compresores se encuentran generalmente formando parte de una instalación combinada con un molino.

## **PELLETIZACION**

Operación que se basa en un proceso de extrusión con un dado especial a base de un plato perforado con orificios de aproximadamente 2 mm y por ellos sale fundido y homogeneizado el plástico para ser posteriormente cortado. Cuando el corte se realiza por medio de cuchillas a la cabeza del dado se le denomina pelletizado "en caliente", y cuando se forman tiras que se enfrían en tinas de agua y posteriormente se cortan, se le denomina pelletizado "en frío".

La tecnología de pelletizado difiere principalmente en el tipo de diseño de husillos de extrusión.

## **MODIFICACION CON ADITIVOS**

El empleo de aditivos resulta de vital importancia para restablecer o mejorar el comportamiento de los plásticos recuperados durante las operaciones de reciclado; los aditivos que pueden emplearse para reformular plásticos reciclados, son los siguientes:

- Cargas
- Fibra de vidrio
- Agentes de acoplamiento
- Antioxidantes
- Estabilizadores de luz ultra violeta
- Modificadores de impacto
- Agentes nucleantes
- Desactivadores de metales
- Agentes desmoldantes
- Retardante a la flama.

Con el empleo de estos aditivos, el plástico reciclado se coloca en posición de competir en algunas aplicaciones de alta tecnología industrial.  
(15)

## D.9 PROCESO DE RECICLADO DE MEZCLAS DE ENVASES PLÁSTICOS

Debido a problemas de carácter tecnológico, económico, social, etc., surgen mezclas de distintos materiales plásticos, que no pueden ser reciclados por el método antes descrito; por lo que se han desarrollado tecnologías especiales para su reciclamiento, obteniéndose como productos finales de este proceso: barras, placas y otros productos moldeados. El proceso consiste en forma general de los siguientes pasos :

A.- Primero debe haber una separación de los distintos plásticos a reciclar ya que, algunos de los plásticos son incompatibles entre sí en estado fundido, con lo que se crean dificultades en el proceso y que tienen como resultado una disminución de la calidad del producto terminado.

Para evitar lo anterior, se debe tener una clasificación previa, con la que uno de los componentes de la mezcla ocupe más de un 50% del total del lote (generalmente este componente es polietileno). Con las tecnologías actuales se logran grandes tolerancias en la composición de la mezcla a reciclar, pero deben considerarse los siguientes puntos en cuanto a cantidades de PVC, PET y POLIESTIRENO en un lote determinado:

--- La inestabilidad térmica del Cloruro de Polivinilo (PVC), ocasiona por desprendimiento de gases, dificultades en el proceso de moldeo, que se ven reflejadas en la calidad del producto final.

Para evitar lo anterior, se permite un 10% como máximo de este polímero en la mezcla, o bien, se debe agregar un estabilizador al calor con el que la mezcla puede tolerar niveles de PVC de hasta 50% sin riesgo de una emisión de gases.

--- El índice de fluidez del Polietileno Tereftalato (PET), es considerablemente superior a cualquiera de los probables plásticos que pudiese contener una mezcla o lote de envases, por lo que el PET debe ser primero finamente granulado, de tal forma que funga como una carga en los productos moldeados, proporcionándole tenacidad a la mezcla. El porcentaje de PET en la mezcla no debe exceder el 20% del total del lote.

- Por la baja densidad del Poliestireno, si este se encuentra en proporciones superiores al 10% en la mezcla, se afecta la tenacidad del lote, originando irregularidades en la superficie de las piezas moldeadas y disminuyendo su calidad.
- En general, el proceso presenta grandes tolerancias con respecto al contenido de sustancias no plásticas, tales como:  
Laminaciones de plástico con aluminio o papel, las cuales, para poder ser procesadas deben ser finamente granuladas.

Resulta obvio que esta fase de separación incrementa los costos del proceso, pero también resulta lógico pensar que se incrementa la calidad de los productos finales, haciéndolos más competitivos en el mercado. Por ello la necesidad de tener perfectamente establecido el sistema de codificación de envases plásticos, mediante el cual se facilita notablemente ésta operación.

B.- Las fracciones ligeras como películas son compactadas en la base de la trituración hasta lograr 8 mm de malla.

C.- La mezcla es prelavada para eliminar los restos de material orgánico provenientes del alimento.

D.- Una vez lavado el material, es llevado a un silo donde se mezcla y almacena. Dentro de este silo, que se encuentra perforado, el material se seca y se homogeneiza; durante esta fase se pueden agregar los aditivos con los que se mejoran las propiedades físicas y químicas del material plástico. El silo tiene una rotación continua con lo que se evita el apelmasamiento del plástico.

E.- La mezcla se lleva a una tolva intermedia que esta acoplada a un separador magnético de metales.

F.- La tolva alimenta a un extrusor que opera a altas velocidades y alcanza temperaturas de 200 a 300°C; la mezcla una vez fundida, es llevada por compresión hacia los moldes.

Debido a los tiempos tan cortos de residencia del material dentro del extrusor, no existe liberación de sustancias volátiles contaminantes al aire.

G.- Los moldes que están montados rotativamente, son llenados de manera sucesiva a la salida del extrusor, para posteriormente ser enfriados mediante un baño de agua.

H.- Las piezas son sacadas del molde y colocadas en anaqueles aireados de 8 a 10 horas para su enfriamiento y estabilización.

El producto final de este proceso es un "bloque plástico" de material reciclado, llamado también "madera plástica". Las aplicaciones principales se han encontrado en el sector agrícola, marino y en construcción de carreteras. (15)

En la actualidad existen en el mundo un sin número de empresas que se especializan en la fabricación de líneas completas de reciclado de plásticos, las cuales incluyen los pasos descritos en los procesos anteriores. Pero una vez más el problema que se presenta en México no es por falta de capacidad o de recursos humanos o económicos, sino por falta de planes eficientes de recolección y separación de los materiales empleados como materias primas para esta industria.

Dentro de los principales problemas que se presentan en México para la introducción de estas empresas, es la forma en que se maneja la "Basura". Debido al mal sistema de recolección o acopio de la materia prima, se elevan de manera considerable los costos de producción, haciendo poco rentable la introducción de estas tecnologías en el país.

# E VIDRIO

## E.1 ORIGEN DEL VIDRIO

El vidrio es uno de los materiales que más tiempo tienen de ser empleados por el hombre. Plinto escribió que durante el primer siglo, algunos marineros que llevaban sosa cáustica en sus cargamentos, la emplearon para hacer fogatas en las playas, descubriendo que la sosa fundida con arena formaba el vidrio.

Desde el año 3000 a.c. los egipcios empleaban este material, durante el siglo primero a.C. en Sidón se empleaba para hacer artículos con cavidades y durante el siglo tercero, los artículos elaborados con este material, eran de uso común entre los habitantes del imperio romano. (31)

Sin embargo es durante los últimos cincuenta años que la industria del vidrio ha tenido su mayor adelanto, debido a la revolución mecánica surgida en pleno siglo XX y al establecimiento de la investigación científica en la industria. Mediante esta se han logrado introducir una serie de perfeccionamientos revolucionarios en el vidrio, por lo que se ha transformado en un material tan nuevo como los plásticos, debido a la gran diversidad de aplicaciones que ha adquirido.

Gracias al estudio sistemático de las propiedades de muchos tipos de vidrio, se funden unas 500 especies químicamente distintas, con las que se fabrican decenas de miles de diversos artículos para un millar de usos esencialmente distintos.

Los vidrios comercialmente útiles son casi siempre multicomponentes y por lo tanto de constitución compleja, por lo que no existe teoría completamente aceptada sobre la estructura atómica del vidrio y se le ha aplicado este nombre, a diversas sustancias químicas orgánicas e inorgánicas, cuando se encuentran en el estado vítreo.

La industria mexicana del vidrio acepta la definición de la A.S.T.M. (The American Society for Testing and Materials) que dice en parte:

" El vidrio es un producto inorgánico obtenido por una fusión que se ha enfriado hasta un estado rígido sin que haya una cristalización, presentándose como una masa amorfa, transparente, translúcida u opaca, de densidad baja, con punto de fusión aproximado de 1400°C, la cual pasa antes por un estado pastoso".

## E.2 CARACTERISTICAS DEL VIDRIO

A continuación se presentan algunas de las características que dan sus cualidades al vidrio; mismas que lo hacen ser un material muy cotizado en la industria de los envases :

- Transparencia.
- Dureza y resistencia al rayado.
- Lisura ( Característica de la superficie del vidrio que permite limpieza e incluso condiciones estériles en los procesos de envasado de alimentos y medicamentos).
- Inercia química ( Posee una excelente resistencia a temperaturas y a casi todos los compuestos químicos ).
- Posee excelentes propiedades de aislamiento eléctrico y dieléctricas.
- Propiedades ópticas esenciales en lentes.
- Presenta una gran gama de colores.
- Presenta brillo en su superficie.
- Es un material que no cambia en sus propiedades con el tiempo.
- No es un material poroso por lo que presenta una barrera excelente a gases y humedad.
- Coeficiente de dilatación calorífica bajo.
- Transmisión de calor elevada.
- Presenta una resistencia mecánica efectiva de 3000 a 8000 psi.
- Es un material 100% reciclable.
- Etc.

### E.3 CLASIFICACION DEL VIDRIO

En el mercado los vidrios de silicatos se clasifican en cinco diferentes tipos químicos:

❖ Vidrio SODICO-CALCICO, conocido también como vidrio de cal, tiene una antigüedad de miles de años en su uso; se emplea en la manufactura de tarros, botellas, ventanas y es a partir de este tipo de vidrio que se crean prácticamente todos los envases para alimentos que consumimos. Dentro de estos, se tiene una clasificación por su color, destacando el amarillo o ámbar, el verde y el blanco o transparente.

❖ Vidrio de PLOMO, descubierto en el siglo XVII; se emplea en la fabricación de tubos de radio, aisladores, etc.

❖ Vidrios de BOROSILICATO, descubierto en 1910, con un bajo coeficiente de dilatación y por lo tanto muy resistente al calor, se emplea en la manufactura de utensilios resistentes al calor, tales como ampollitas para inyectables.

❖ Vidrio con 96% de SILICE, descubierto en 1939, con bajo coeficiente de dilatación, es empleado en la elaboración de lámparas tubulares germicidas.

❖ Vidrio de Silice " 99.8% de SiO ", descubierto en 1910, se emplea para recipientes y otros objetos como los refractarios, que requieren una gran resistencia a temperaturas muy elevadas. (1)

#### **E.4 PROCESO DE ELABORACION DEL VIDRIO**

El primer paso es la preparación de las mezclas, que incluye la recepción, pesado y mezclado de las materias primas, así como la distribución de las mezclas preparadas hacia el horno.

Las materias primas principales son la arena sílica, la caliza, la soda ash y pequeñas cantidades de otros aditivos como son oxidantes, decolorantes y colorantes, opacificantes y agentes de refinación que ayudan a liberar los gases no disueltos en la masa de vidrio fundido.

La pedacería de vidrio a reciclar (CULLET) es empleada junto con las materias primas en un 25% (aproximadamente). Con la adición del cullet, se ahorra un 0.2% de energía por cada 1% de aumento de la proporción de este en la mezcla. El cullet puede ser propio (retorno interno del desperdicio de la planta) o foráneo ( vidrio reciclado exteriormente ).

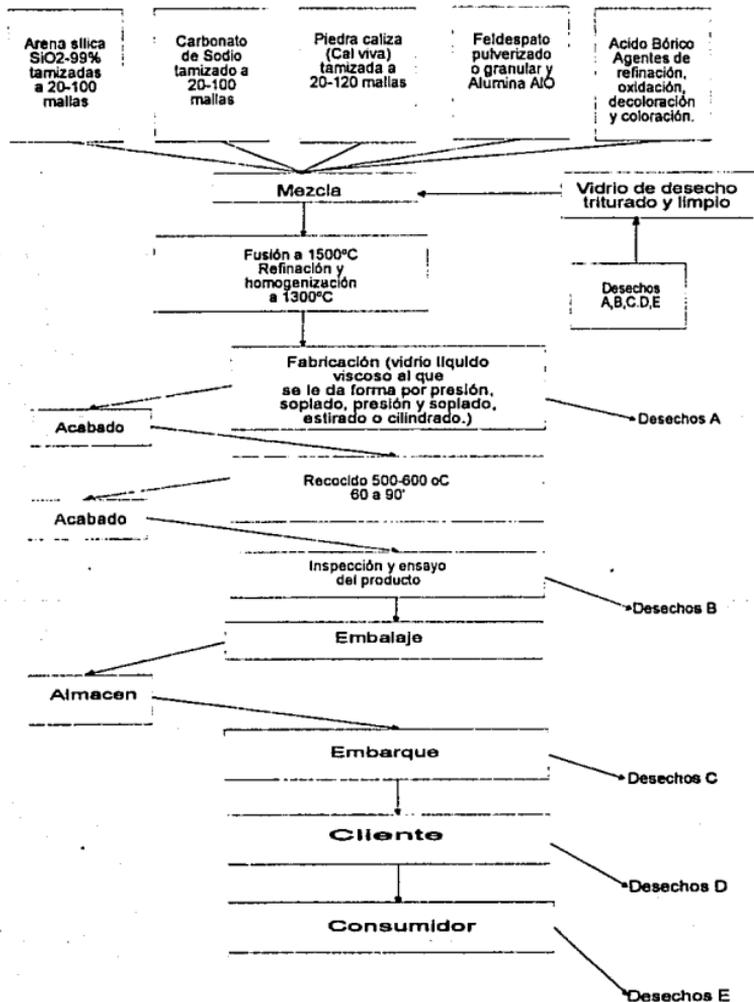
Como segundo paso, las mezclas son cargadas en los hornos donde son fundidas a 1450-1550 °C, hasta formar un material viscoso ( 100 centipoise ).

El tercer paso es pasar la mezcla fundida a un refinador, de donde se distribuye el vidrio a los alimentadores y es en estos donde se da un acondicionamiento final de la viscosidad para el formado.

Una vez formado el envase se le hace pasar por un templador, el cual tiene el perfil de temperaturas necesario para lograr el revenido de las tensiones en el vidrio.

La fusión de las mezclas abarca el 75% de la energía requerida para formar un envase. El proceso de refinación toma del 5 al 10% y por último el formado, el acabado y el templado consumen un 15% del total.

## Diagrama de bloques del proceso de elaboración de envases vitreos



## E.5 IMPORTANCIA DEL RECICLAJE DEL VIDRIO EN EL MERCADO DE ENVASES

Como ya se ha establecido, el reciclaje es el proceso más viable para la optimización de desechos sólidos, pero también resulta necesario señalar cual de estos tiene o tendrá una mayor demanda en un futuro no muy lejano.

Tomando en cuenta los estudios realizados entre 500 consumidores de desechos sólidos, en el ramo de productos envasados en distintos materiales ( plástico, vidrio, metal, y cartón ) por una empresa de alto renombre en el país, se obtuvo la siguiente tabla:(1)

	PLASTICO	CARTON	VIDRIO	METAL
Vino	1%	1%	95%	2%
Medicinas	22%	3%	66%	2%
Zumos y bebidas no gaseosas	19%	19%	40%	21%
Leche	32%	51%	8%	3%
Cerveza	1%	—	69%	28%
Confituras	46%	4%	19%	27%
Legumbres	3%	1%	44%	47%
Aguas no gaseosas	42%	3%	49%	3%
Sodas y aguas gaseosas	8%	—	53%	37%

Fuente: Vitro envases.

Como se observa en la tabla, la encuesta revela que el 55% de los entrevistados, opina que el vidrio es con mucho, el material que mejor responde a sus preferencias sobre envases para alimentos, bebidas, medicamentos, etc.

La encuesta revela que en México como en otras partes del mundo, la tendencia a consumir productos envasados en vidrio, está entrando en un auge de demanda, lo cual dislumbra un problema de contaminación; sin embargo este material una vez desechado, no debería representar problema alguno, puesto que consta de un enorme potencial de reciclabilidad, pero desgraciadamente el vidrio que penetra a los sistemas de reciclaje presenta un alto grado de heterogeneidad tanto en propiedades físicas y químicas, así como una amplia gama de elementos extraños o contaminantes ( papel, trapo, tapas plásticas y metálicas, tierra, insectos, etc.) y que desgraciadamente afectan en la calidad del vidrio reciclado.

La administración o manejo de este material de envase es en extremo delicado e importante, sobre todo debido a que la tendencia de la industria del vidrio en México, es el de usar mayores porcentajes de vidrio reciclado en sus procesos de manufactura; por lo tanto es necesario implementar un proceso o línea de reciclaje para mantener un control estricto sobre el vidrio a recuperar, que implica desde la propia recuperación, compra, manejo, lavado, molienda, selección, análisis, venta, etc.; para facilitar su introducción a los procesos de producción y así poder optimar el reciclaje de uno de los principales materiales de envase de productos alimenticios en el país.

## **E.6 PANORAMA DE LA INDUSTRIA DE RECICLAJE DE VIDRIO**

La pedacería de vidrio o vidrio a reciclar o cullet, constituye aproximadamente un 12% de los 12 millones de toneladas anuales de materia prima utilizada por la industria del vidrio (1). El proceso para elaborar vidrio (a partir de sílice soda cal) permite la introducción de un alto porcentaje de desecho en su materia prima, por lo que la gran mayoría del vidrio recopilado se destina para dicho proceso y del que se obtienen envases soderos, cerveceros, medicinales, vineros, etc.

El cullet que se recicla en la industria está constituido por dos fuentes: el que se genera dentro de la misma planta (merma del proceso) o el foráneo (aquel que se recopila en tiraderos y centros de captación); el primero no representa problema alguno para ser reincorporado al proceso, ya que se encuentra libre de cualquier contaminante; pero el segundo presenta una gran cantidad de ellos:

- a.- Presenta en sus propiedades físicas un alto grado de heterogeneidad ( tamaño, color, presentación, etc. ).
- b.- Presenta en sus propiedades químicas un alto grado de heterogeneidad ( Diferentes compuestos de vidrio ).
- c.- Se encuentra contaminado con una gran diversidad de objetos o materia extraña ( papel, trapo, insectos, tierra, plástico, tapas de metal, etc.) que resultan en una disminución de la calidad del producto a obtener.

Ya que la calidad del vidrio producido está en función directa, con la calidad de la mezcla con que se alimenta el horno y con el grado de heterogeneidad que contenga dicha pedacería a reciclar; es necesario tener un control muy estricto en el proceso de reciclado, donde se implica desde la compra , manejo, lavado, molienda, selección, análisis, etc.; para así poder garantizar un vidrio de buena calidad, formado a partir de materiales de desecho.

El establecer sistemas adecuados de reciclaje de vidrio es cada vez más necesario ya que la tendencia de los fabricantes del vidrio, es la de utilizar el mayor porcentaje de pedacería posible en sus procesos de manufactura, debido a ciertas ventajas que se tocarán a continuación.

A la industria del vidrio le interesan los programas de reciclaje ya que además de la solución de un sin número de problemas causados por la liberación de desechos sólidos al medio ambiente, también logran una serie de ventajas durante sus procesos y son:

- Incremento de la vida útil de los hornos.
- Mayor estiraje de materia fundida en el horno.
- Ahorro de combustible para la fundición.
- Ahorro de materia prima virgen (recursos naturales).
- Auxiliar en la homogeneización de la mezcla.
- Disminución de la segregación cuando el tamaño del cullet es adecuado.
- Disminuye los gases contaminantes.
- Cooperación con las autoridades para optimizar los desechos sólidos.

Por desgracia en México el consumidor de envases de vidrio, al momento de desecharlos, los considera como " basura " y no como materiales recuperables y reciclables, por lo que los mezcla con otros desperdicios creando o acrecentando algunas desventajas al usar vidrio reciclado, en los procesos de manufactura :

- Variación de las propiedades físicas y químicas del lote.
- Se aumenta la probabilidad de formación de piedra en los hornos.
- Se incrementa la segregación cuando el tamaño no es el adecuado.
- Se incrementa la merma durante el proceso.
- Se requieren de espacios o áreas grandes para almacenarlo.
- Debido a que se le junta con otros desperdicios, su manejo se efectúa bajo condiciones insalubres.

Como se ha mencionado, el principal factor por el que no se puede establecer un programa eficiente de reciclaje, es debido a la presencia de contaminantes en el vidrio a reciclar; dichos contaminantes llegan a éste, por una falta de conciencia y cultura de los consumidores de envases.

La pedacería de vidrio o cullet a reciclar, se encuentra afectada por dos tipos principales de contaminantes que alteran la calidad de los envases y son:

- A.- Contaminantes físicos.
- B.- Contaminantes químicos.

#### **Los contaminantes físicos.-**

Dentro de estos contaminantes se consideran :

- 1. La materia orgánica** ( plásticos, papel y derivados, trapo, madera, etc.)  
El efecto de este tipo de material es como fuente potencial reductora dentro de los hornos, llegando a provocar problemas de burbuja y vetas de color.
- 2. Material no magnético** ( Al, Sn, Pb, bronce, etc.)  
El efecto de estos metales o aleaciones, es la producción de burbuja, semillas, vetas de color, piedras de silicón, etc.; el principal causante de estos problemas es el aluminio por lo que su remoción debe ser total.
- 3. Material magnético** ( Principalmente fierro )  
El efecto de este contaminante es la producción de vetas de color, variaciones en el color, ataque al material refractario del horno, orificios de chorreo, tapado en artículos pequeños, etc.; para evitar la presencia de este, es necesario implementar una excelente separación magnética antes de alimentar el horno con la pedacería reciclable.
- 4. Material inorgánico** ( Sulfatos, carbonatos, cloruros, etc.)  
El efecto de este tipo de contaminantes es la formación de piedras, burbujas y semillas principalmente.

## Los contaminantes químicos .-

Son aquellos contaminantes que afectan al comportamiento de las diversas reacciones químicas, que se llevan a cabo durante el proceso de elaboración del envase ( vidrio de sílica soda cal ).

Los elementos químicos que afectan sensiblemente al vidrio empleado para fabricar los distintos envases de alimentos, son los que por lo normal se encuentran en los siguientes productos, formados a partir de otros tipos de vidrio:

Cristal .....	Plomo ( Pb )
Cinescopios .....	Bario ( Ba )
Focos .....	Plomo y Boro ( Pb, B )
Borosilicatos .....	Boro ( B )
Ventanas o vidrio plano..	Magnesio ( Mg )

El porcentaje de los anteriores tipos de vidrio, encontrado en los desechos es muy bajo, por lo que resultan muy esporádicas las variaciones drásticas en las propiedades químicas y por lo tanto en las físicas, de los envases producidos a partir de vidrio reciclado.

En resumen, si existe un mercado muy amplio para el vidrio reciclable, pero se ve limitado por la falta de cultura por parte de los consumidores que lo mezclan con el resto de sus desechos y lo contaminan; disminuyendo drásticamente su potencial de reciclabilidad y haciéndolo un material muy difícil de reincorporar a los diferentes procesos de manufactura de envases.

En la siguiente tabla se presentan los niveles máximos permitidos de algunos contaminantes en cullet procesado.

<b>CRITERIO</b>	<b>NIVEL DE TOLERANCIA EN CULLET PROCESADO</b>
Materiales refractarios	Ninguna pieza mayor a 1mm3
Material metálico	Ninguna pieza de más de 10 g No más de 20 g por Ton de cullet.
Papel, plástico, madera, y otros materiales orgánicos.	Ninguna pieza mayor a 10 cm3 No más de 100 g por Ton de cullet.
Tamaño de la pedacería después de ser aplastada.	Ninguna pieza superior a 3 cm en cualquier dirección. El mayor grosor permitido es de 10 mm.

<b>TIPO DE CONTAMINANTE</b>	<b>MAXIMO NIVEL PERMITIDO % EN PESO</b>
Metal no magnético	0.01
Metal magnético	0.01
Orgánicos	0.05
Inorgánicos	0.05

(Fuente: Grupo Vitro-Envases.)

De acuerdo a los contaminantes que contenga el Cullet se le clasifica en alguna de las categorías que se presentan a continuación:

Tipo o clase	Un solo color	Dos o más colores	Libre de contaminantes	Con etiquetas o tapas	Con otros contaminantes	De composición conocida	De composición desconocida	De composición estable
A	X		X			X		X
B	X		X				X	X
C		X	X			X		
D		X	X				X	
E	X			X		X		X
F	X			X			X	X
G		X		X		X		
H		X		X			X	
I	X				X		X	
J		X			X		X	

Fuente: Vitro-Envases.

Resulta obvio que mientras más se acerque al del tipo A, se tendrá una mayor facilidad para reciclarlo y por el contrario mientras más se aproxime a J, mayor dificultad se tendrá para reprocessarlo.

Otro tipo de " contaminante " en un proceso de reciclado de vidrio, es el vidrio de distinto color al del lote en que se está trabajando, por ello es necesario tener un control muy estricto sobre el color del cullet que se alimenta a los hornos. Es necesario establecer sistemas de separación por color del distinto vidrio recuperado para poder obtener vidrio con buena calidad. Los principales colores que se manejan en la industria de envases de vidrio para alimentos son: Blanco o transparente, ámbar, verde y en menor escala el azul.

Cada uno de ellos puede presentar una gran variedad de tonos o intensidades.

## **E.7 SISTEMAS DE RECICLAJE DE ENVASES VITREOS PARA ALIMENTOS**

Como se ha planteado, el problema para poder reciclar vidrio no es de carácter tecnológico sino totalmente cultural, ya que se ha analizado que la calidad del vidrio está en relación directa con el manejo que se le de al mismo al ser reciclado; por tal motivo es necesario implementar sistemas de reciclaje en donde quizá lo primordial sea el tipo de manejo de los materiales, con un eficiente sistema de captación del vidrio (limpio) de deshecho, un buen sistema de eliminación de contaminantes, un equipo satisfactorio, un control estricto sobre la entrada y salida de materiales, etc. Garantizando la optimización del vidrio de desecho y además haciendo de está una actividad redituable, tanto para el inversionista, como para la ayuda del medio ambiente.

Resulta importante señalar la importancia del reciclado del cullet o pedacería de vidrio de desecho, siendo tres los principales beneficios que tenemos con esta actividad :

**A.- Impacto ecológico :** Se disminuye la contaminación del medio ambiente ya que es menor la cantidad de desechos sólidos generados y eliminados hacia éste. Además se disminuyen las emisiones contaminantes por la reducción de las temperaturas de fusión. Junto con cada tonelada de " vidrio nuevo " producido, se obtienen aproximadamente 12.6 Kg de contaminantes del aire. Reciclando vidrio, se puede disminuir éste valor de un 14 a un 20%.  
(Fuente: Vitro-Envases.)

**B.- Ahorro de energéticos :** Esto se logra por la disminución de las temperaturas de fusión en los hornos de las vidrieras.

**C.- Preservación de recursos naturales no renovables :** Esto se logra por la notable disminución en el uso de materiales vírgenes, como arenas y otras materias primas básicas para la elaboración del vidrio. Al reciclar una tonelada de vidrio, se ahorran aproximadamente 603 Kilogramos de arena, 196.4 Kg de cenizas de Sosa, 196.4 Kg de piedra caliza y 68 Kg de Feldespato.  
(Fuente: Vitro-Envases)

Con respecto a los beneficiados con un programa eficiente de reciclado tenemos :

- 1.- A la industria del vidrio.
- 2.- A los programas de recolección y tratamiento de basura.
- 3.- A la población en general porque se disminuye la contaminación y porque se abarata el producto al bajar el costo del envase de vidrio.

Para que un sistema de reciclaje de vidrio pueda ser realmente exitoso deberá contar con :

- A.- Un programa educativo que lo soporte; con el que se forme una conciencia sobre la importancia de la participación de toda, absolutamente toda la población.
- B.- Un sistema efectivo de recolección: separación por color, mínimo contenido de contaminantes, etc.
- C.- Un sistema de almacenaje que evite la contaminación del cullet.
- D.- Tecnología adecuada de proceso.
- E.- Un esquema mercantil atractivo.
- F.- Un avanzado sistema de beneficio.

En otras zonas del mundo como Europa (Suecia, Alemania y Suiza) se han llevado a cabo programas de reciclaje apoyados y fortalecidos por el gobierno, logrando de 1974 a 1987 un incremento del 10% al 50% en el reciclaje de su vidrio de desecho. 13

Durante los últimos años en E.U.A. y Canadá se ha intensificado en gran medida el reciclaje de vidrio. En los Estados Unidos de Norteamérica existen programas de reciclado en 23 de sus estados, con 27 plantas para realizar esta actividad; en el año de 1989 se destinaba un 25% de cullet en la producción de envases y se esperan incrementar al doble dicho porcentaje, para fines del año de 1994.

Dentro de las tecnologías exploradas para el reciclado de Cullet tenemos:

- Separación de colores por medios ópticos.
- Separación mecánica (en la actualidad es la más empleada, ya que mediante el tamizado se tiene una remoción efectiva de los diversos contaminantes).

Las tecnologías de reciclado de Cullet para formar nuevos envases de alimentos tienen como pilares para su buen funcionamiento dos operaciones básicas: la Colección y el Procesamiento.

Con estas dos operaciones funcionando de manera eficiente, dentro de un sistema de reciclaje de vidrio, se tendrán lotes de Cullet perfectamente limpios y libres de cualquier contaminante ( TIPO A ); con dicha materia prima el reciclaje de envases resulta ser un negocio absolutamente rentable.

Es necesario recalcar que una vez mezclado el cullet de diversos colores, NO existe ninguna tecnología rentable para separarlo.

La carga de Cullet que se puede alcanzar a alimentar al horno es de hasta un 80%, siendo el 20 % restante materia prima virgen; con este porcentaje tendremos un ahorro del 20% de la energía total requerida en la manufactura de envases de vidrio.

Para el caso de los contaminantes coloridos se tiene una tecnología muy limitada, de la que se obtienen productos de mala calidad. Algunos de los decolorantes que se emplean son:

#### **Decolorantes Químicos :**

Actúan en el vidrio fundido produciendo un aumento en la concentración de oxígeno, los más comunes son el  $MnO_2$ ,  $KNO_3$ ,  $As_2O_3$  y  $CeO_2$ .

#### **Decolorantes Físicos :**

Son agentes que desarrollan un color complementario en el vidrio e interfieren con el color inicial, llegando a producir en algunos casos la pérdida de la transparencia del vidrio; los más comunes son el Oxido de Níquel, el óxido de Cobalto, el Selenio y otros óxidos de tierras raras como el Neodimio o el Erblio.(39)

Con una Tonelada de alimentación de Cullet se tiene un ahorro de:

- 0.390 m<sup>3</sup> de Arena.
- 0.013 m<sup>3</sup> de CaCO<sub>3</sub>.
- 0.118 m<sup>3</sup> de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

(Fuente: Vitro-Envases)

Un proceso óptimo para la reincorporación del cullet a un sistema de manufactura de envases, consiste en una serie de pasos, perfectamente bien establecidos, de acuerdo a una secuencia lógica y práctica. Para ello deben establecerse ciertas metas u objetivos durante el proceso, pueden ser:

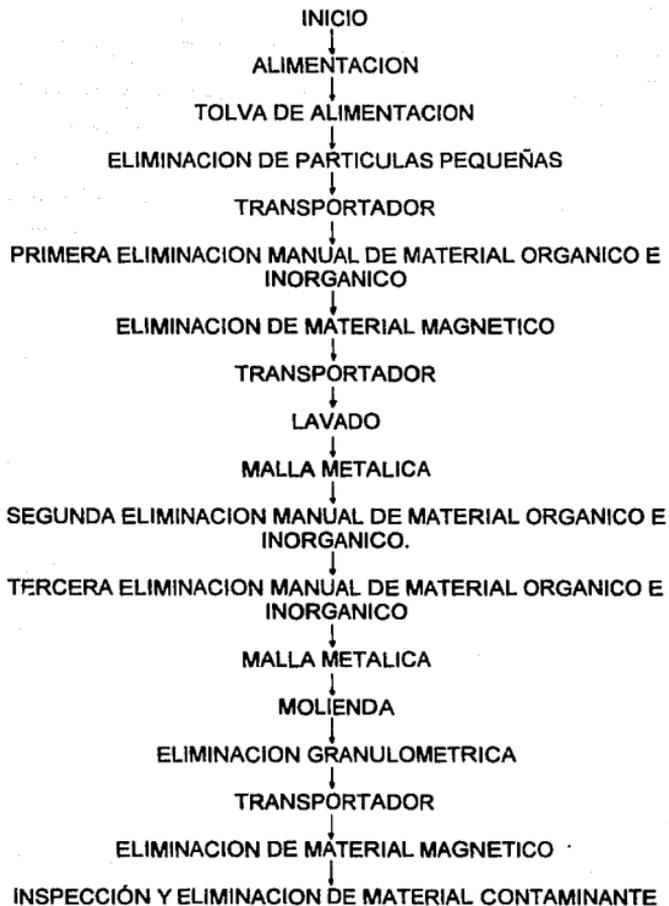
- Control muy estricto sobre la materia prima que se recibe.
- Eliminación de partículas muy pequeñas.
- Eliminación de material orgánico.
- Eliminación de material magnético.
- Eliminación de material no magnético.
- Eliminación de tierra y piedras.
- Ajuste granulométrico a un tamaño deseado.
- Lavado.

A continuación se presenta un proceso de lavado de cullet, considerando como objetivos primordiales de este proceso, la eliminación de los contaminantes (tierra, lodo, materiales orgánicos e inorgánicos, metales, etc.), el acondicionamiento granulométrico, la eliminación de partículas pequeñas, el lavado de vidrio y el contar con un buen sistema de recuperación de agua.

Son once las funciones primordiales que se han marcado para lograr una correcta eliminación de contaminantes en el cullet. Tres de ellas se realizan por medio de mano de obra y las siete restantes, se realizan con ayuda de equipo mecánico.

Cabe señalar que para optimizar la recuperación de los envases de vidrio, es necesario considerar como primera opción el reuso, y como segunda al reciclaje, pero con un excelente sistema de pre-separación por colores que le soporte.

Diagrama de flujo :

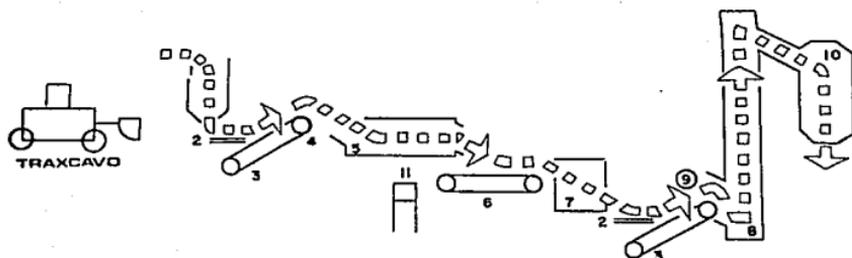




Una vez limpio, el material es conducido a los hornos donde se incorpora junto con las arenas y el resto de las materias primas; al sistema de producción de nuevos envases.(1)

El siguiente es un diagrama del equipo necesario para obtener cullet limpio y reciclable:

- |                         |                                    |
|-------------------------|------------------------------------|
| 1 Tolva de alimentación | 7 Molino                           |
| 2 Criba vibratoria      | 8 Elevador de cangilones           |
| 3 Transportador         | 9 Separador magnético              |
| 4 Polea magnética       | 10 Tolva receptora                 |
| 5 Lavadora              | 11 Sistema de recuperación de agua |
| 6 Malla metálica        |                                    |



## **F ANALISIS**

### **El problema**

Con los sistemas actuales de producción y debido a los hábitos desmedidos de consumo, se están produciendo cuatro millones de toneladas diarias de desechos sólidos, en el mundo. En México, en el año de 1982 se produjeron 48,000 toneladas al día, en 1990 se alcanzaron las 62,000 toneladas diarias y para el año 2000 se estima que se producirán 100,000 toneladas por día. (8)

Resulta preocupante el notable incremento en la cantidad de desechos que se espera producir durante los próximos años, ya que las formas actuales de disposición de estos (incineración y entierro), tienen consecuencias sumamente graves para el medio ambiente tales como la contaminación de suelos, aire y agua; la escasez de materias primas y, de manera indirecta, la extinción de especies, el sobre calentamiento de la atmósfera, la degradación de la capa de ozono, la erosión del suelo, la lluvia ácida, etc.

Una gran proporción de estos desechos, están representados por los envases de los diversos alimentos que se consumen en el país. Por lo tanto, estos envases son parte sustancial del problema de contaminación que aqueja a México y al resto del planeta.

Dos son los materiales de envase que se toman a consideración para plantear la posibilidad de una industria de reciclaje: El plástico y el vidrio.

### **PLASTICO**

Se considera al plástico, ya que es uno de los materiales de envase más empleados, debido a la gran diversidad de propiedades que se pueden conseguir con este, siendo seis los principales termoplásticos que se emplean en la manufactura de envases: Polietileno Tereftalato o PET, Polietileno de alta densidad o PEAD, Cloruro de polivinilo o PVC, Polietileno de baja densidad o PEBD, Polipropileno o PP y Poliestireno o PS.

Haciendo un análisis de la producción y del consumo de cada uno de los termoplásticos, y dada su enorme participación como contaminantes, se podrá apreciar el porque es tan necesario establecer sistemas adecuados para reciclar los envases formados con estos materiales.

Tipo de plástico	Producción mundial (millones de Ton anuales)	Consumo como envase en el mundo (%)	Consumo como envase en México (%)	Incremento anual de consumo (%)	Tendencia
<b>PET</b>	1.43	52	83	10-12	Aumento
<b>PEAD</b>	12.7	68	45	5	Aumento
<b>PVC</b>	20	17	32	6	Aumento
<b>PEBD</b>	16.6	82	81	6	Estable
<b>PP</b>	13.6	40	22	10	Aumento
<b>PS</b>	9.8	46	55	5	Aumento

Fuente: IMPI 1990.

Los anteriores datos tomados del anuario del sector plásticos del IMPI, dan una idea del incremento que se tiene en la producción de termoplásticos, siendo más marcado para el PET, material que presenta un enorme crecimiento en su producción, debido al uso que presenta en grado botella.

Además, dan una idea clara del enorme consumo que se da a nivel mundial a estos materiales como envase. Cabe aclarar que dichos porcentajes no son marcados únicamente para envases de productos alimenticios; pero estos, representan una parte considerable del total.

Resulta claro que el sector termoplásticos, esta ganando día con día, un mayor auge en la industria de envases para alimentos, y que las tendencias y perspectivas que se tienen, son las de producir cada vez más y más piezas; pero lo que resulta dramático y desesperante, es que a pesar de que dichos materiales son susceptibles de pasar por un proceso de recuperación, no haya planes para llevarlo a cabo y se sigan tirando e incorporando de manera irracional al medio ambiente; además del abuso de recursos naturales, generado por el desperdicio de materiales vírgenes y energía.

El desmedido crecimiento que se ha presentado en la producción de envases plásticos, ha creado una enorme cantidad de problemas y riesgos ambientales manifestados de manera más notoria en la disposición de desechos sólidos; dichos problemas se presentan tanto en las primeras como en las últimas fases del ciclo de producción. De acuerdo con EPA, durante las primeras fases, una enorme cantidad de productos químicos tóxicos son empleados como materiales base; de hecho cinco de los seis considerados como más tóxicos (propileno, fenol, etileno, poliestireno y benceno) son los empleados por la industria del plástico con que se forman los envases de alimentos. 11

## **VIDRIO**

El vidrio, empleado en gran medida como botella para envasar bebidas y otros productos, es un material inerte, aún cuando se mezcla con otros desechos y se elimina en tiraderos; pero los problemas ecológicos que este material presenta, se localizan, durante las primeras etapas de su producción o manufactura, es decir, los problemas se presentan por la degradación de suelos y contaminación de agua que se da en las minas de donde se extraen las arenas y demás materias primas; se presentan también, durante la fundición, por la liberación de gases a la atmósfera, etc. Es decir, que se puede considerar al vidrio en sí, como un "factor contaminante", y no como un "contaminante del medio ambiente", como lo es el plástico o el CO<sub>2</sub>.

( De acuerdo con estadísticas llevadas en los E.U.A. los envases de vidrio desechados, son una de las principales causas de accidentes en playas, parques y otros sitios de recreo; donde por descuido la gente los deja, se rompen y lastiman a terceros.)

Con la encuesta realizada a personas involucradas en procesos de recuperación de materiales (1), resulta claro, que se prefiere al vidrio como envase de una gran cantidad de productos alimenticios. Por lo que se esperan aumentos en la cantidad de vidrio empleado como envase (junto con los termoplásticos antes mencionados) y por lo tanto, se esperan aumentos en la producción de vidrio de desecho, con lo que se agravará la contaminación de agua y aire, así como la erosión de suelos y escasez de materiales.

Por ello, es necesario establecer sistemas de recuperación de vidrio perfectamente bien organizados, para optimizar el aprovechamiento del vidrio de desecho y para abaratar los costos de producción.

### **La solución**

En los antecedentes de este trabajo, se ha establecido que son varias las formas de tratamiento de los desechos sólidos empleados por las sociedades modernas, pero sólo algunas de estas son verdaderamente útiles, destacando en los primeros lugares: el **REUSO** por ser una actividad que no crea subproductos contaminantes del medio ambiente, la **REDUCCION** de desechos, empleando menores cantidades de material para los envases de los alimentos\*\*, y como tercer lugar en importancia, se presenta al **RECICLAJE**, actividad que de acuerdo con EPA (Environment Protection Agency) puede aplicarse al 75-80% de los desechos domésticos y mediante la cual se disminuyen:

(A) Los costos de producción de los diversos alimentos, (B) el gasto de energía durante la manufactura de sus envases, (C) las emisiones contaminantes del medio ambiente, (D) el desperdicio de materiales y otros recursos naturales renovables y no renovables, (E) la degradación de suelos, etc.

\*\* Un caso real que demuestra el exceso de material de empaque en los alimentos, se presenta en Alemania; donde en las tiendas de autoservicio existen recipientes ubicados en las salidas; y en donde el consumidor deposita de manera clasificada las cajas, botellas o plásticos que considera innecesarios para el transporte y almacén de sus compras. Después la tienda es responsable de devolver estos "sobrantes" a las empresas proveedoras para que les reutilicen.

Otras formas de disposición de desechos, presentan ciertas desventajas que las hacen ser poco favorables para el bienestar del ser humano, ya que en lugar de presentarse como soluciones a sus problemas ambientales, son generadoras de un sin número de otros problemas.

A continuación se presenta un resumen, donde se señalan algunas de las ventajas y desventajas para cada uno de los métodos:

#### **Rellenos sanitarios y tiraderos:**

**Ventajas** .- Fuente de empleos ; bajo costo de operación; producción de fuentes de energía (metano).

**Desventajas** .- Contaminación de suelos, aire y agua; acumulación de desechos y residuos peligrosos; requieren de grandes extensiones de terrenos; son focos de infecciones y epidemias; son lugares donde prolifera fauna nociva; son lugares con condiciones de trabajo insalubres; nula recuperación de materiales y energía (no hay recuperación del metano); son un foco de males respiratorios; crean problemas sociales, políticos y económicos; etc.

Resulta fácil ver que son pocas y limitadas las ventajas que presentan los tiraderos y rellenos sanitarios, y que de estas ninguna tiene un peso real para impulsar a dichos lugares como solución. Por el contrario, son lugares que crean mayores problemas, de los que son capaces de resolver.

#### **Pepena:**

**Ventajas** .- Es una considerable fuente de trabajo y hay una recuperación de materiales.

**Desventajas** .- Requiere de una gran infraestructura para ser rentable (mano de obra y maquinaria); condiciones insalubres de trabajo; explotación desmedida de la mano de obra; es una actividad limitada por la eficiencia del sistema público de recolección de desechos sólidos; se ve limitada a piezas completas o pedazos grandes de material; crea problemas de carácter político y social; etc.

Esta actividad puede y debe ser considerada como un complemento de otras, pero para lograr esto, debe ser establecida como una industria bien organizada, con equipo (bandas transportadoras, camiones, almacenes, etc.) y recursos humanos (gente capacitada); donde exista un seguimiento eficiente de los materiales de envase, desde el momento de ser desechados por el consumidor hasta que son reincorporados a los sistemas de producción.

### **Compactación:**

**Ventajas** .- Disminución del volumen ocupado por los desechos.

**Desventajas** .- Proceso muy costoso; con grandes limitaciones tecnológicas debido a que el proceso se encuentra limitado para materiales de carácter no biodegradable; baja recuperación de materiales; nula recuperación de energía y sus productos tienen (al menos en la actualidad) un uso muy limitado.

Es una actividad que únicamente reduce el problema de espacio requerido para disponer de los residuos sólidos generados, pero debido a las limitaciones tecnológicas que presenta, no se considera como una opción efectiva para la recuperación de los distintos materiales de envase de alimentos (los productos obtenidos de esta operación son quebradizos y poco moldeables).

### **Incineración:**

**Ventajas** .- Disminuye el volumen de los desperdicios hasta en un 90%; aprovechamiento del alto contenido energético de los desechos (principalmente del plástico que representa un 25% del total del BTU de estos); se genera agua, ceras, hollín, gas, vapor, etc.; prácticamente puede ser aplicado a todo material de desecho. g

**Desventajas** .- Genera grandes cantidades de CO<sub>2</sub>; requiere de hornos especiales y de equipo muy costoso; genera subproductos muy tóxicos como las cenizas, con altos contenidos de metales pesados; genera gases muy peligrosos para la salud humana (dioxinas y halógenos); etc.

Debido a los subproductos que genera, este método resulta poco recomendable e incluso muy contaminante, sus ventajas son fácilmente refutadas por sus desventajas y por lo mismo no es un método apropiado, para la disposición final de los envases de desecho.

### **Composta:**

**Ventajas** .- Aprovechamiento de toda la materia orgánica biodegradable; obtención de mejoradores y fertilizantes de suelos; disminución del volumen ocupado por los desechos; etc.

**Desventajas** .- Proceso más o menos lento; su uso es limitado para material orgánico biodegradable; requiere de un estricto sistema de separación de materiales (los envases de vidrio y plástico representan una fuerte contaminación en el proceso);etc.

Como se observa, la composta es una actividad que disminuye en casi un 50% el volumen ocupado por los desechos generados en casi cualquier ciudad del mundo; pero su uso es limitado a materiales biodegradables, por ello puede ser considerada como una actividad que soluciona un 50% del problema, la otra mitad recae en una actividad o proceso que involucra a materiales no biodegradables como el vidrio y el plástico de los envases de alimentos:

### **EL RECICLAJE:**

**Ventajas** .- Obtención de materia prima a partir de envases desechados; optimización total de algunos materiales de envase (el vidrio, las latas, etc. son un 100% reciclables), reducción en la demanda de materias primas; disminución en los costos de producción; disminución en los precios de los alimentos envasados; disminución en el consumo de energéticos en el reproceso de los envases desechados, no hay generación de subproductos contaminantes; disminución de desechos contaminantes; es una gran fuente de empleos; etc.

**Desventajas** .- No todos los desechos son reciclables; requiere de una infraestructura considerable para poder ser rentable; requiere de la cooperación de toda, absolutamente toda la población; en muchos casos partiendo de materiales reciclados, la calidad alcanzada para un envase dado, no es la lograda para un envase obtenido a partir de materias primas vírgenes; es un proceso poco aceptado por la población; etc.

Las desventajas presentadas, parecen ser un difícil reto para que esta actividad sea realmente la adecuada para disponer de los envases y otros productos de desecho. Sin embargo, haciendo un análisis de estas, se podrá demostrar que el reciclaje, complementado con la composta, son la solución al gran problema de contaminación, al que se enfrenta la sociedad actual.

La idea de establecer una industria recicladora de envases es la de crear industrias más limpias, con las que se disminuya la explotación irracional de recursos, la emisión de contaminantes al medio, el gasto de energía y se abatan costos de producción, con lo que gane tanto el productor como el consumidor. 12

Es cierto que muchos de los desechos no pueden ser reciclados, pero una gran parte de los materiales de envase empleados, son en gran medida reciclables. Por ejemplo, se tiene el caso del vidrio y los termoplásticos, que representan aproximadamente un 18 y un 15%, del total de los envases de alimentos respectivamente y ambos son susceptibles a un alto grado de reciclabilidad. Pero, lo que resulta increíble es que no existan planes serios para la óptima recuperación del vidrio y de los termoplásticos en el mundo, salvo en el caso del PVC, para el que se tiene como meta, en un futuro no muy lejano, la recuperación del 10 al 20% de los envases y empaques que se consumen a nivel mundial.

En cuanto a la infraestructura que se requiere para que el reciclaje de los envases sea rentable y óptimo; resulta más costoso establecer industrias que trabajen partiendo de materias primas vírgenes, que industrias que aprovechen los envases de desecho.

La mano de obra ya existe; ya que se podría emplear a gente con capacidad y con experiencia, como son los pepenadores; mejorándoles las condiciones de trabajo y por lo tanto de vida.

Se ha dicho que para que un sistema de reciclaje resulte, se requiere de la participación de toda, absolutamente toda la población ( " Si no eres parte de la solución, entonces eres parte del problema " ), por lo tanto para poder hacer que todos los sectores de la población se interesen en el establecimiento de procesos de reciclaje de envases es necesario que sepan la magnitud del problema de contaminación actual al que se enfrentan, así como también, a la capacidad que presenta una actividad como el reciclaje, para resolver dicho problema.

La forma más eficiente de dar a conocer a la gente el como funciona, el porque es necesario y el como puede participar en el proceso de reciclaje de envases; es con una inundación de información, mediante la cual se empape a la sociedad consumidora, por medio de campañas en los distintos sistemas masivos de comunicación (radio y televisión principalmente). Con dichas campañas y con un apoyo total de industrias y gobierno, se fomentaría el crecimiento de un mercado para productos (envases) reciclables de calidad (libres de otras impurezas y perfectamente bien seleccionados), con ello se aumentaría la calidad de los productos obtenidos a partir de dichos materiales y se disminuirían los costos de producción.

Como se puede apreciar, el reciclaje de los envases de vidrio y plástico, es la opción más viable para evitar ser destinados en tiraderos, donde se convierten en "basura". Resulta también claro que el establecimiento de sistemas adecuados de reciclaje para los envases de vidrio y plástico no es una tarea fácil, pero dada su necesidad, tendrán que surgir cambios en los hábitos de los ciudadanos de las grandes urbes, con los cuales, se deje de producir basura contaminante y en su lugar se obtengan desechos reciclables.

En un reporte del IMPI, se establece que para el año de 1990 el país que presenta un mayor porcentaje de reciclaje para sus desechos sólidos, es Canadá con un 10%, seguido de los E.U.A. con un 5%, Japón y Alemania con un 3%, Brasil y Francia con un 2%; el Reino Unido, España y Bélgica con un 1%. México aparece como uno de los países con un reciclaje prácticamente nulo.

Desgraciadamente en México se tiene al entierro, como principal opción de tratamiento de desechos sólidos (95%), y el cinco porciento restante se le atribuye a la composta, la incineración y el reciclaje.

En la gran mayoría de los países antes citados, se tiene a los tiraderos como la opción más empleada para la disposición final de los desechos sólidos, exceptuando a Bélgica, Japón y en menor grado a España, Francia y Alemania; quienes incineran sus desechos sólidos en mayor proporción de lo que entierran; pero es en estos países, donde se tiene una mayor investigación con respecto a las técnicas de reciclaje y donde se busca afanosamente mejorar los productos obtenidos a partir de ésta operación, para lograr que sean mayormente competitivos dentro del mercado de materias primas de los sistemas de producción de envases.

En México, las principales causas por las que los envases de vidrio son reciclados de manera muy deficiente, y que hacen que para los termoplásticos (empleados de manera muy vasta como envases de alimentos) sea prácticamente nula, son:

#### **GENERALES:**

- \* Indiferencia de la población a los problemas de contaminación.
- \* Falta de organización.
- \* Falta de información.
- \* Falta de autoridad.
- \* Anteposición de prioridades por parte del gobierno.
- \* Falta de tecnología.
- \* No existe un seguimiento de los planes establecidos.
- \* Etc.

#### **PARTICULARES:**

##### **- VIDRIO**

Como se estableció en los antecedentes de este trabajo, el vidrio es un material 100% reciclable. Durante el proceso de manufactura de envases, con la adición de cullet, se ahorran grandes cantidades de energía y materiales, lo que se traduce en un enorme beneficio tanto para el productor, como para el consumidor por la disminución de costos; pero entonces surge la pregunta ¿Por qué no se recicla el 100% del vidrio que se produce?

Existen varias respuestas, y una de ellas es que tecnológicamente es imposible fundir una tonelada de cullet y sacar una tonelada de vidrio reciclado; esto debido a que con las temperaturas tan altas que se alcanzan en los hornos (1450 - 1500°C), muchos de los compuestos (óxidos) que forman al vidrio se volatilizan, por lo que es necesario regenerarlos con arenas; siendo por esto que no se puede partir exclusivamente de cullet, para formar un lote de envases de vidrio y, que se deba incluir como máximo un 60% de pedacería en el proceso.

En México, sí se recicla vidrio; pero no se tienen nociones de la cantidad que se involucra. Vitro, empresa líder en el ramo, alcanza a introducir hasta un 40% de cullet en su producción.

No existe una industria bien establecida que se encargue a recuperar vidrio, pero sí existen un sin número de personas que se dedican a "pepenar" vidrio y a llevarlo a alguna de las dos empresas lavadoras de vidrio que tiene Vitro (de donde obtiene el cullet que emplea en sus procesos). Estos negocios trabajan de manera muy desorganizada, por lo que su utilidad es muy limitada.

Es un hecho que con el desarrollo de empresas bien establecidas, con centros de acopio, almacenes, centros de separación y clasificación, equipos de limpieza, mano de obra, maquinaria, etc.; se tendrían grandes mejoras en la calidad del cullet y por lo tanto en la calidad del vidrio reciclado; pero para que dichas empresas realmente funcionen, se requiere de la participación de toda, absolutamente toda la población; catalogando a los envases de vidrio desechados, como materia prima y no como basura. Cosa que no ocurre en la actualidad.

Por lo tanto, el principal problema por el que no es posible reciclar todo el vidrio de los envases de alimentos, no es por falta de tecnología, sino que esta dada por la falta de participación de la población consumidora, en el proceso de selección y separación por color de estos, ya que como se ha dicho, una vez mezcladas pedaceras de distintos colores; no existe proceso rentable alguno que logre separarlos.

Para el caso de los envases plásticos, la problemática que se tiene para reciclarlos, no está limitada únicamente por la falta de participación de la población, sino que existen otros impedimentos tecnológicos, que se analizan a continuación:

## **PET**

En el caso de este termoplástico, resulta cada vez más urgente el implementar sistemas de reciclaje, dado el impresionante incremento de su uso como envase de alimentos y otros productos. Actualmente el principal problema que se tiene para su reciclaje es la falta de sistemas apropiados de recolección y separación, ya que se requiere durante su proceso de reciclado, el que esté perfectamente libre de contaminantes (como el PVC), para poder obtener productos de calidad.

## **PEAD**

El PEAD es un termoplástico que forma una gran cantidad de envases de alimentos, a los que se les imparte una variada gama de colores; y esto, es la fuente del principal problema que se tiene para su reciclaje, ya que con las técnicas actuales resulta prácticamente imposible controlar el color del plástico reciclado. Por ello sólo es posible introducir 30% de material reciclado y 70% de material virgen. No se cuenta con sistemas de recolección y separación para este termoplástico.

## **PVC**

Para el reciclaje de este termoplástico, se requiere de maquinaria y equipo, mediante la cual exista un control muy estricto de temperaturas durante el proceso, ya que con un calor excesivo, el PVC libera HCL (ácido corrosivo), dioxinas y otros compuestos contaminantes.

En general todos los termoplásticos pueden ser reciclados en casi un 100%, pero si no se tiene una buena clasificación de estos, los productos reciclados resultantes, presentan fallas estructurales, daños físicos como disminución de la resistencia, color, rasgado, malformaciones y otros problemas tecnológicos durante los procesos de formación (inyección, soplado, etc.).

Es claro que la piedra angular del reciclaje de los anteriores termoplásticos, así como del PEBD, PP y PS; esta formada por su recolección, clasificación, limpieza y separación; sin esta, no pueden existir sistemas óptimos de reciclaje. En México y muchos otros países del mundo, los problemas tecnológicos tienen un menor peso que los culturales y organizacionales. Mientras no exista un cambio en la forma de ver a los desechos plásticos como materiales con enorme potencial de reuso, en lugar de verlos como "basura" que debe ser quemada o enterrada, no podrán surgir empresas recicladoras para estos.

Un caso práctico, en el que ésta piedra angular se encuentra perfectamente bien establecida y por lo tanto, donde el reciclaje de envases de alimentos y otros productos es común, se presenta en una población de Alemania cercana a Stuttgart, donde las autoridades gubernamentales han establecido un sistema de recolección de desechos sólidos que consiste en:

Repartir una cantidad de estampas o calcomanías que deben ser pegadas a las bolsas que contienen los desechos generados en un determinado lugar; dichos desechos deben estar perfectamente limpios y clasificados en cuatro categorías: vidrio, latas, plástico y materia orgánica.

Las calcomanías tienen como característica de distinción, el símbolo universal de reciclaje (la cantidad de calcomanías repartidas en una casa, estará en función de la cantidad de gente que le habita).

Posteriormente, durante la recolección, el encargado tiene la obligación de recibir únicamente las bolsas que porten la calcomanía y en caso de que los desechos no estén bien clasificados y limpios, debe rechazar la bolsa. En caso de que la cantidad de desecho generado en una casa sobrepase el cupo de las bolsas con calcomanía, la gente se ve obligada a pagar una cantidad extra de dinero por la recolección de este exceso (este desecho debe ir limpio y seleccionado).

El camión en el que se recolectan los desechos está dividido por compartimentos, en cada uno de ellos se guarda a alguna de las categorías en que fueron divididos los desechos. Posteriormente los camiones llevan sus cargas a centros de acopio y clasificación, donde se separa el vidrio desechado por colores, el plástico por tipo, etc.; de ahí pasan a estaciones de acondicionamiento (lavado y control de calidad) que proveen de materia prima a las industrias de manufactura de envases.

Con esta medida de "Paga más, el que más tira" se fomenta la disminución de desechos generados y se facilita la separación y clasificación, haciendo mucho más fácil el reciclaje de los materiales de envase.

Para poder establecer un sistema de reciclaje de envases tan eficiente como el que se tiene en dicha población, en un país con las características de México se debe:

✧ Concientizar a la población, sobre la magnitud de los problemas de contaminación que aquejan al país, así como la importancia de su participación para eliminarlos.

✧ Inundar de información a la población mediante los medios masivos de comunicación, sobre las necesidades que se tienen para establecer un sistema de reciclaje de materiales de envase; sobre como funcionan dichos sistemas y primordialmente, sobre la importancia de su participación para el logro de dichos sistemas.

✧ Motivar a la población, recalcándole los beneficios directos que obtiene al participar en sistemas de reciclaje, como son beneficios económicos, mejoras a la salud, mejoras en los servicios primarios, disminución de la contaminación, etc.

✧ Planear una reestructuración de los sistemas de recolección de desechos sólidos, orientándolos hacia un sistema de reciclaje y no hacia un sistema de entierro como sucede actualmente. Para lograr lo anterior se deben tomar medidas como: establecer una distribución zonal y no delegacional para la captación de desechos; modernizar la flota de camiones y transportes de manera que se encuentren compartimentados, para poder captar los desechos seleccionados, separados y limpios; establecer programas de capacitación, para mejorar los recursos humanos existentes; establecer programas eficientes de mantenimiento de equipos y transportes; establecer centros de acopio; establecer plantas recicladoras, etc.

✧ Para que dicha reestructuración se mantenga sobre una base sólida, se deben hacer cambios tanto en los sistemas de producción, como en los hábitos de consumo, y para ello es necesario: implementar de manera obligatoria, sistemas de codificación para los envases reciclables, mediante los cuales el consumidor pueda distinguir fácilmente los materiales de que están hechos y con ello, haga una separación correcta de estos; disminuir el uso de envases multicapas (prácticamente imposibles de reciclar); fomentar

el uso de envases de vidrio (100% reciclable) y disminuir el de termoplásticos (sobre todo PVC y PS); fomentar el consumo de alimentos envasados en materiales reciclables; educar al consumidor, para que lave o enjuague los envases una vez que se ha terminado el alimento, así como la forma en la que los debe clasificar y entregar; fomentar el mercado de materiales reciclados, favoreciendo a la industria consumidora de este tipo de materias primas; fomentar el consumo de alimentos y otros productos que involucren materiales reciclados; etc.

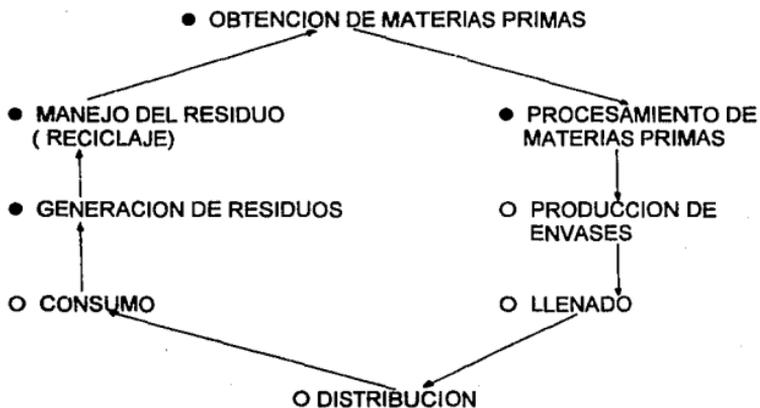
✧. Por último, para que el sistema pueda funcionar, es necesario establecer un sistema de seguimiento mediante el cual se pueda verificar cuales de los sectores de la población, realizan su máximo esfuerzo; así como a cuales hay que motivar para que lo hagan.

Resulta imperioso el que absolutamente todos los sectores de la población, acepten a los envases de plástico y de vidrio desechados, como "MATERIA PRIMA" y el que los elimine de la clasificación en que los ha encasillado: "BASURA".

En México se están dando los primeros pasos hacia el reciclaje ( una gran parte de los envases de los productos que encontramos en el mercado, están siendo marcados con el símbolo de reciclaje ), pero aún falta mucho por hacer ya que la mayoría de estos se siguen destinando a tiraderos.

La ciencia actual continua en su búsqueda por desarrollar sistemas y plantas de reciclaje cada vez más eficientes y baratas, con lo que países de escasos recursos tendrán la oportunidad de contar con estos. Pero para que estas plantas puedan realmente funcionar, debemos cambiar nuestra actitud y forma actual de vida.

El siguiente diagrama, representa el ciclo de vida "óptimo" de un envase de plástico o de vidrio.



## G CONCLUSIONES

En la actualidad, la sociedad se encuentra adaptada a un sistema de "consumo descontrolado" y esta acostumbrada a satisfacer sus necesidades sin importar el costo que represente; encontrándose formado en primera instancia por un deterioro ecológico de enorme magnitud, seguida por una falta de materiales o materias primas, fenómeno que origina otros problemas de carácter político, económico y social.

Resulta alarmante el notable incremento que se ha presentado en la producción de vidrio y plásticos, por la cada vez mayor demanda de alimentos envasados. Dicha preocupación esta marcada por el uso irracional de los materiales de donde estos envases proceden y, por el destino que tienen tras cumplir con las funciones para los que originalmente fueron creados (En México se están empleando cerca de 12 millones de toneladas anuales de material como materia prima de la industria del vidrio y la producción mundial de algunos plásticos ha aumentado hasta en un 30% en tan sólo dos años); comprobándose esto con el surgimiento de un gran número de teorías, que coinciden con el planteamiento de una crisis mundial de materias primas, durante las próximas décadas .

Pese a que los materiales en los que se está envasando a los alimentos, son recuperables, reutilizables y por lo tanto reciclables; debido a erróneas políticas gubernamentales, sociales e industriales, estos materiales están siendo eliminados como "desechos sólidos" o peor aún, como "basura".

En los últimos años se ha demostrado que las técnicas y procesos que se llevan actualmente a cabo, en materia de eliminación de desechos domésticos, presentan severas desventajas que los hacen ser una fuente de problemas más graves aún, de los que inicialmente estaban destinados a resolver; dos de estos, el entierro y la incineración, son los procesos más empleados y los que mayor impacto ecológico adverso presentan.

Dichos procesos generan una serie de contaminantes del suelo, aire y agua. Por lo que, si se desea terminar con el uso irracional de materias primas, la producción de enormes cantidades de desechos y con el incontrolado deterioro ambiental; es indispensable modificar los hábitos actuales de consumo, así como los actuales sistemas de producción de alimentos envasados y los sistemas de disposición de desechos sólidos.

La fórmula que se plantea para erradicar o al menos solucionar de manera parcial los problemas mencionados en el párrafo anterior, es la introducción agresiva y adecuada de un sistema de aprovechamiento de los envases alimenticios de desecho, mediante su recuperación y transformación: **EL RECICLAJE.**

Más que un sistema o forma de tratamiento de envases de desecho, se le puede considerar al reciclaje, como una modificación en los hábitos y cultura de una sociedad moderna y progresista que considera al alimento, a su envase y al medio ambiente que le rodea, como un todo.

Para que dicho sistema funcione es necesario trabajar en su piedra angular, "la participación de todos los sectores que conforman la sociedad":

**Los consumidores,** buscando los alimentos envasados con materiales reciclables; entregando los envases de desecho perfectamente limpios y clasificados, a los responsables de reintegrarlos a los sistemas de producción.

**La industria de alimentos,** empleando envases que requieran menor cantidad de material; buscando materiales de envase que sean cada vez más sencillos de reintegrar a los sistemas de producción (que sean más fácilmente reciclables); estrechando los lazos entre productores y consumidores, con lo que se forme un verdadero mercado para los envases de desecho, etc.

**Las instancias jurídicas y gubernamentales,** fomentando los programas de reciclaje mediante campañas en los medios masivos de comunicación y llevando un estrecho seguimiento de la continuidad de estas; instalando un sistema de recolección de desechos sólidos urbanos en el que se mantengan separados los envases de desecho previamente clasificados por el consumidor, hasta el momento de ser reincorporados a los sistemas de producción; obligando a las empresas productoras de alimentos envasados a emplear los códigos de clasificación de los

materiales de envase de sus productos, con lo que se facilita la separación; aplicando sanciones a aquellas industrias que no se adapten a un sistema de reciclaje y que continúen con el obsoleto sistema de obtener--transformar--emplear--y eliminar; estableciendo fondos y prestaciones con el fin de fomentar y apoyar el surgimiento de pequeñas y medianas empresas recicladoras; etc.

Contando con esta participación, se podrán establecer procesos óptimos de recuperación (una de las grandes limitantes actuales, para el adecuado establecimiento de los sistemas de reciclaje) y de transformación (que aún presentan muchas limitaciones tecnológicas), con lo que surgirá la nueva cultura del reciclaje.

El hombre se está destruyendo a sí mismo y a todo lo que lo rodea, al contaminar el agua, el aire y los suelos; y por lo tanto a los alimentos que consume, atentando contra la supervivencia de otras especies y de la propia.

Esta tesis no es más que un documento que resalta la urgencia de aplicar medidas agresivas para detener la destrucción del planeta, causada por el hombre en su afán por satisfacer sus necesidades, sin importarle el precio que ello representa.

El reciclaje de los envases de alimentos soluciona sólo una parte del problema, pero sin lugar a dudas, representa un importante paso en la convivencia cordial del hombre con el medio ambiente que le rodea.

Queda demostrado que a pesar de que existen grandes limitaciones tecnológicas para establecer sistemas óptimos de reciclaje; con el cambio de una cultura "derrochadora" por una nueva cultura "recicladora", se puede lograr un aprovechamiento considerable de las millones de toneladas de materiales de desecho generados en México y todo el mundo. Se han dado los primeros pasos, pero aún resta mucho por recorrer.

**" SI NO ERES PARTE DE LA SOLUCIÓN, ENTONCES ERES PARTE DEL PROBLEMA. "**

## H BIBLIOGRAFIA

- (1) [1] Armenta Gutiérrez J.M. Factibilidad del establecimiento de una pequeña empresa para el aprovechamiento de un contaminante sólido e inorgánico ( el Vidrio ). Tesis. U.L.S. México. 1992. p.1-20.
- (2) [1] Berthier C.H. Caciquismo en México: La sociedad de la basura. Tesis. Departamento de Sociología. U.N.A.M. México, 1981.
- (3) [1] Bever, M. Recirculación de desechos sólidos: enfoque industrial y ecológico. Noticias técnicas-Conacyt. Febrero 1977. p.23-31.
- (4) [1] Careaga J.A, Rodríguez H. Importancia de la normalización en relación al envase y el embalaje. CCNNEE. México 1978.
- (5) [1] Carlson, Gilbert. Los materiales plásticos en la industria del empaque --- Noticias técnicas. Conacyt. 1978. Vol 34 #10, p.40-51.
- (6) [1] D.D.F. Alternativas para el tratamiento y disposición final de residuos sólidos. SGOP. México, 1984.
- (7) [1] D.D.F. Plan maestro para el manejo de los desechos sólidos en la ciudad de México, 1984-1988. SGOP, México. Octubre 1984.
- (8) [1] Deffis C.A. La basura es la solución. Editorial concepto. primera edición. México 1989.
- (9) [1] Embajada de México en Japón. Aprovechamiento óptimo de los desechos urbanos, la experiencia Japonesa. Japón Febrero de 1987. p.22-44.
- (10) [1] Garza A. Comercialización de desechos domésticos. ITESM. Soluciones a la contaminación ambiental. 1992. p.26-28.
- (11) [1] Heldman D. The food processing/environmental interface. Eco world abstracts, AMSME. Washington, U.S.A. 1992. p.68.
- (12) [1] IFT. Effective management of food packaging: from production to disposal. Scientific status summary. May. 1991. p.225-234.

- (13) [B] IFT. Packaging waste management. July.1990. p.98-101.
- (14) [B] IMPI. Anuario 1989. Sector plásticos. p.41-319.
- (15) [B] IMPI. Reciclado de plásticos---Seminario: la era del plástico. México. 1990.
- (16) [B] Illner O. Utilización de desechos plásticos en tableros para construcción. Noticias técnicas--Conacyt.#116, Spectrum.1974. p.1-8.
- (17) [B] Jackson J.O. Breaking the trash habit. Time magazine. April 20.1992. p.44.
- (18) [B] Kopecky S.J. Food packaging, food protection and the environment. Eco world abstracts. AMSME.1992. p.213.
- (19) [B] Langone J. A stinking mess. Time magazine. January 2.1989. p.26
- (20) [B] Loube M. National savings from source reduction-packaging: an estimate of possible impact. 1980.
- (21) [B] Lozano J.L. Plásticos: el principal problema. ITESM. Soluciones a la contaminación ambiental. 1992. p.24-25.
- (22) [B] Maíz P. Caracterización de la basura doméstica. ITESM. Soluciones a la contaminación ambiental. 1992. p18-20.
- (23) [B] Massieu C.P. La basura: Su problemática, su solución. Movimiento ecologista. México. 1990.
- (24) [B] Milcovich S.J. Introduction to packaging supplement to: The importance of packaging in the food industry. Washington U.S.A. October 1991.
- (25) [B] Milcovich S.J. The importance of packaging in the food industry-- Introduction to plastics. Washington, U.S.A. July. 1991.
- (26) [B] Milke M.W., Aceves F.J. Systems analysis of recycling in the Distrito Federal of México. Elsevier science publishers b.v/Pergamon press. Netherlands 1989. p.171-197.

- (27) [1] Ramos D. Un nuevo sistema para el control ambiental. ITESM. Soluciones a la contaminación ambiental. 1992. p.22-23.
- (28) [1] Rathje, W.L. 1991 Once and future landfills. National geographic society journal. vol. 179. May. p.116.
- (29) [1] Raymond M. Packaging waste: Today's headache, tomorrow's feedstock ? . Eco world abstracts. AMSME. 1992. p.191
- (30) [1] Restrepo I, Phillips D. La basura: consumo y desperdicio en el D.F. INACO-CECODES. México. 1982.
- (31) [1] Rodríguez J.A. Introducción a la ingeniería de empaques. México1991, Edición particular.
- (32) [1] Sitting M. Resource recovery and recycling. Handbook of industrial wastes. Noyes data U.S.A. 1975. p.20.
- (33) [1] Smith A.F. National energy savings from material recycling: some "maximum possible" estimates for ferrous metal, aluminium and glass. EPA 1980.
- (34) [1] Stilwell.E.J. Environmentally sound food packaging. Eco world abstracts. AMSME. 1992. p.211.
- (35) [1] Sutherland G.D. Recycling and composting as components of sustainable development. Eco world abstracts. The american society of mechanical engineers. U.S.A.1992. p.79.
- (36) [1] The earth works group. The recyclers handbook. First edition. California, U.S.A.1990.
- (37) [1] Packaging waste managment. Food Technology. Mayo, 1990. p. 98-101.
- (38) [1] Effective managment of food packaging: From production to disposal. Food Technology. Mayo. 1991. p.225-234.
- (39) [1] The influence of color mixture on the use of glass cullet recovered from municipal solid waste. Conservation and recycling, 3 1979. G.B.