

881217
11
207

UNIVERSIDAD ANAHUAC

ESCUELA DE INGENIERIA
Incorporada a la Universidad Nacional Autónoma de México



IDENTIFICACION DE OPORTUNIDADES DE INVERSION CON MATERIALES RECICLABLES PARA GENERAR VALOR SOCIAL Y ECONOMICO EN MEXICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A N

- GLORIA MARIA DE JESUS | FUERTES DE AGUINACO
- GUSTAVO ADOLFO | MADERO GARZA NIETO
- CARLOS FERMIN | MARINA GALVAN
- CARLOS DE JESUS | PARAMO JONGUITUD
- RAUL GUILLERMO | VELARDE DABROWSKI

ASESOR: ING. GUILLERMO GUZMAN RUIZ

MEXICO, D. F.

1993

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

REGINACION

VARIAS

Identificación de Oportunidades de Inversión con Materiales Reciclables para Generar Valor Social y Económico en México.

Índice

	Introducción, Objetivo y Metodología	1
Capítulo 1	Antecedentes	5
1.1	El Crecimiento y sus Efectos en el Ambiente	6
1.2	La Industria y la Degradación Ambiental	9
1.3	Los Desechos Sólidos y la Basura en México	11
Capítulo 2	Diagnóstico sobre los Desechos Sólidos	13
2.1	Los Desechos Sólidos y su Clasificación	13
2.1.1	Clasificación de los Desechos Urbanos	14
2.1.2	Composición de los Desechos Sólidos Urbanos	16
2.2	El Tratamiento de los Desechos Sólidos en los Estados Unidos	23
2.2.1	Relleno Sanitario e Incineración	23
2.2.2	Solución propuesta por la EPA	24
2.2.3	Los Materiales de Empaque en los DSU	24
2.2.4	Materiales Recuperados de los DSU	32
2.2.5	Las Llantas Desechadas	33
2.3	El Tratamiento de los Desechos Sólidos en Japón	35
2.3.1	Responsabilidad de los Industriales y Comerciantes	35
2.3.2	Tratamiento de los Desechos Sólidos	36
2.3.3	La Incineración en Japón	38
2.4	El Reciclaje y los Desechos Sólidos en Italia	40
2.4.1	La Recolección Diferenciada	40
2.4.2	Composición de los DSU en Italia	40
2.4.3	Participación Conjunta de los Sectores	43
2.5	El Tratamiento de los Desechos Sólidos en México	44
2.5.1	La Basura	44
2.5.2	Los Desechos Sólidos	44
2.5.3	Composición del DSU en Diferentes Ciudades	46

Capítulo 3	El Reciclaje de Plásticos	51
3.1	Introducción al Reciclaje de Plásticos	51
3.2	Antecedentes	52
3.3	Tipos de Plásticos que se Reciclan	53
3.3.1	Poliétileno (PE)	53
3.3.2	Cloruro de Polivinilo (PVC)	54
3.3.3	Polipropileno (PP)	55
3.3.4	Poliestireno (PS)	55
3.3.5	Tereftalato de Poliétileno (PET)	55
3.3.6	Otros Plásticos	56
3.4	Mercado	56
3.4.1	Fuentes de Desechos	58
3.4.1.1	Los Hogares	59
3.4.1.2	El Comercio e Instituciones	59
3.4.1.3	Las Industrias	59
3.4.1.4	Otras Consideraciones	59
3.5	Oferta	61
3.6	Sistema de Codificación para Envases Plásticos	62
3.7	Aspectos Sociopolíticos y Ambientales	63
3.8	Tecnologías Disponibles	65
3.8.1	Plásticos de la misma Especie	65
3.8.2	Mezclas de Plásticos	66
3.8.3	Tecnologías Específicas	68
3.8.3.1	Recuperación de Poliestireno	68
3.8.3.2	Reciclaje de botellas de PET	69
3.8.3.3	Tecnología para el Reciclado de Plásticos Mixtos	71
3.8.3.4	Tecnologías Adicionales de Proceso	73
3.8.3.5	Reciclado Térmico	78
3.9	Niveles de Inversión	79
3.10	Manufacturas y sus Empleos a partir de Plásticos Mixtos Reciclad	79
3.11	Desarrollos de Nuevas Tecnologías que proporcionen un mayor Valor Agregado para el Reciclado	80
3.11.1	Productos con mayor Valor Agregado	81
3.11.2	Compatibilizadores	82

3.11.3	Desarrollo de Nuevos Productos	83
3.12	Tendencias y Pronósticos	84
3.12.1	Evolución y Tendencias de los Precios de las Resinas	84
3.12.2	Pronósticos Internacionales del Plástico	86
3.12.3	Tendencias de las Manufacturas Plásticas en México (MPC)	87
3.12.4	Tendencias de los Materiales de Empaque	89
Capítulo 4.	El Reciclaje de Metales	91
4.1	Los Metales en el DSU en los E.U.A.	91
4.2	El Reciclaje de Aluminio en México	93
4.2.1	Consumo	93
4.2.2	Balanza Comercial	94
4.2.3	Costos de la Energía Eléctrica	95
4.2.4	Conclusiones	97
Capítulo 5.	El Reciclaje en la Industria del Mueble de Madera	99
5.1	Estructura de la Industria	99
5.2	Materiales Reciclables	100
5.3	Tendencias	100
Capítulo 6.	El Reciclaje de Llantas	103
6.1	Antecedentes Ambientales	103
6.2	Tecnología de Proceso	105
6.3	Potencial de Mercado	106
6.4	Plan de Negocio	107
6.4.1	Precios de Venta	108
6.4.2	Supuestos de Costos y Márgenes	109
6.4.3	Estrategia Comercial	111
6.4.4	Competencia	113
Capítulo 7.	El Reciclaje de Vidrio	115
7.1	El Vidrio en el DSU	115
7.2	Reciclabilidad y Mercado del Desecho de Vidrio	115
7.3	Ventajas y Desventajas del Reciclaje de Vidrio	116
7.4	El Vidrio como Material de Empaque	117
7.4.1	Ventajas y Desventajas del Vidrio como Material de Empaque	117

7.4.2	Competencia del Empaque de Vidrio	118
7.4.3	Desarrollos Tecnológicos	119
Capítulo 8.	El Reciclaje de Papel	121
8.1	Las Preocupaciones Ambientales y las Fuerzas Económicas Impulsan el Desarrollo de Tecnología para el Reciclado	121
8.2	Cifras Internacionales	122
8.3	Costos Competitivos	123
8.4	Características Nacionales	123
8.5	Proceso de Reciclado de Papel	124
8.5.1	Abasto de Papel	125
8.5.2	Defibrado	125
8.5.3	Remoción de Contaminantes	126
8.5.4	Remoción de Tintas	126
8.5.5	Blanqueado	127
8.6	Tendencias del Papel y Cartón como Material de Empaque	127
Capítulo 9.	Generación de Energía	129
9.1	Aspectos Generales	129
9.2	Tratamiento Biotérmico de la Basura	130
9.2.1	Preparación del Combustible a partir de la Basura	130
9.2.2	Combustión del RDF	131
9.2.3	Tratamiento Biotérmico de la Basura con Tecnología Finlandesa	132
9.2.4	Beneficios del Tratamiento Biotérmico	132
9.2.5	Localización de la Planta	133
9.2.6	Energía Generada	133
9.2.7	Montos de Inversión	133
9.3	Producción de Gas en los Tiraderos de Basura	134
9.3.1	Tecnología de Producción de Gas Combustible en los Tiraderos	135
9.3.2	Aplicaciones del Gas Combustible Producido en los Tiraderos	135
9.4	Incineración de Llantas	136
9.4.1	Proceso	136
9.4.2	Producción	137
9.4.3	Control de Emisiones	137

Capítulo 10.	Marco Legal	139
Capítulo 11	Conclusiones	143
11.1	Conclusiones Generales y Variables Críticas	143
11.2	Los Criterios de la Environmental Protection Agency (EPA) para Minimizar el Impacto de los Desechos Sólidos	144
11.3	La Fuente Adecuada y Abundante de Materiales Reciclables	144
11.4	Costeo Adecuado de las Materias Primas Vírgenes	145
11.5	Tecnologías para el Reciclado	146
11.6	Mercados para los Desechos Sólidos y los Materiales Reciclados	147
11.7	Solución Integral a los Desechos Sólidos	148
11.8	Resumen de Oportunidades de Inversión	150
	Bibliografía	157

Introducción

Objetivo

El problema a nivel mundial de la degradación del ambiente tiene una inercia tal, que la gran mayoría de los estudios realizados al respecto indican una fuerte tendencia a que este continúe ya que, las acciones que hasta ahora se han tomado, no han sido lo suficientemente eficaces para detenerlo. Esta inquietud, nos ha llevado a abordar este tema para tratar de aportar las bases para algunas acciones concretas, que apoyen el esfuerzo ya iniciado por diversos gobiernos, instituciones y personas en todo el mundo y al mismo tiempo identificar oportunidades de inversión para el desarrollo de nuevos negocios.

El campo de acción en este sentido es sumamente amplio, y por lo tanto, sería ingenuo pretender encontrar a través de este proyecto soluciones que abarquen todos los aspectos que inciden sobre la degradación ambiental. Por lo tanto, se pretende enfocar los esfuerzos a la gestión de los desechos sólidos urbanos (DSU).

Para lograr esta definición se ha tomado en cuenta que el gobierno mexicano ya ha incorporado algunas medidas concretas para el control ambiental en temas como la contaminación generada por vehículos automotrices, así como la generada por el sector industrial en cuanto a la emisión de gases, líquidos y algunos sólidos; sin embargo, pocas acciones se han llevado a cabo en relación con el problema que representan los desechos sólidos. En base a la situación actual, y al hecho de que en muchas ocasiones

se encuentra en estos residuos materiales un valor intrínseco o potencial, se ha definido como campo de este trabajo el análisis de las posibilidades para aprovechar estos desechos en favor de la sociedad, dando una solución a la grave degradación del ambiente y generando riqueza.

Metodología

El proceso que se ha definido para el desarrollo de este proyecto esta dividido en varias etapas:

En una primera fase, se pretende conocer la realidad actual, a nivel internacional y nacional, de tal manera que se identifiquen y estudien las acciones que se están llevando a cabo a nivel mundial respecto a la solución de problemas ambientales. Adicionalmente se plantea, basándose en esta información, tener una idea clara de las tendencias futuras y de la magnitud del impacto ambiental a la que no sólo el mundo sino México enfrenta. Posteriormente se consideran los diferentes tratamientos aplicados a los desechos sólidos en nuestro país, específicamente en la zona metropolitana del Valle de México; de tal manera que del análisis de estas actividades se logre una clara identificación de los problemas actuales y potenciales, así como de las expectativas al proponer diversas soluciones.

En una segunda fase, se valora el uso y destino de los diferentes desechos sólidos, en general identificando aquellos que presentan problemas a la sociedad por ocupar gran volumen o presentar riesgos a la salud y al ecosistema, así como los que ofrecen mayores ventajas al separarlos en sus componentes originales ya que permiten su reutilización como materias primas para otros productos, o para generar otros bienes útiles a la sociedad, sin afectar los recursos naturales.

Así mismo se identifican, por tipo de material, los procesos que pueden ser llevados a cabo para el reciclaje y generación de nuevos productos. En general, se trata de demostrar en esta tesis que a través de nuevas tecnologías y métodos adecuados de acopio, de los desechos sólidos producidos tanto a nivel industrial como urbano, se pueden obtener beneficios socioeconómicos y ambientales en nuestro país.

Por último se analizan las oportunidades de inversión con el tipo de materiales donde resulte clara la posibilidad de encontrar proyectos viables en el corto y mediano plazo.

Capítulo 1

Antecedentes

Los recursos de la tierra así como su habilidad para absorber la contaminación y regenerarse es finita. El hombre ha sido el principal causante de esta contaminación y ha afectado su entorno de diferentes maneras. El hombre ensucia el aire con gases y humo, envenena el agua con sustancias químicas y otros materiales; en ocasiones, daña el suelo con fertilizantes y pesticidas; contamina el ambiente tirando desperdicios sólidos en tierra y agua, y también, como si fuera poco, contamina produciendo ruido.

La reducción de la contaminación se complica cuando tomamos en cuenta que ésta proviene de la fabricación o del consumo de los bienes que facilitan o hacen más cómoda la vida diaria. Es complicado dar una solución porque para controlar la contaminación se tendría que reducir el consumo de aquello que la produce: Autos, fábricas, fertilizantes, pesticidas, uso de empaques, aún cuando todo lo anterior también nos produce beneficios. Por ejemplo, gran parte de la contaminación del aire es ocasionada por los automóviles, pero éstos proveen transportación a millones de personas; las fábricas descargan gran cantidad de humo y gases por sus chimeneas, pero son una gran fuente de trabajo además de que producen bienes de consumo; también los fertilizantes y pesticidas, aún cuando dañan la tierra, son útiles para el buen crecimiento de las cosechas y combaten plagas que las destruirían; los empaques facilitan el manejo de alimentos de una manera higiénica.

La contaminación ambiental es un gran problema que afecta a la humanidad. El aire, agua y tierra, dañados por la contaminación, son necesarios para la supervivencia de todos los seres vivos; el aire contaminado

puede producir enfermedades e incluso la muerte; el agua contaminada mata a los peces y otras especies de vida marina; la contaminación de las tierras reduce la cantidad de tierra disponible para el cultivo.

1.1

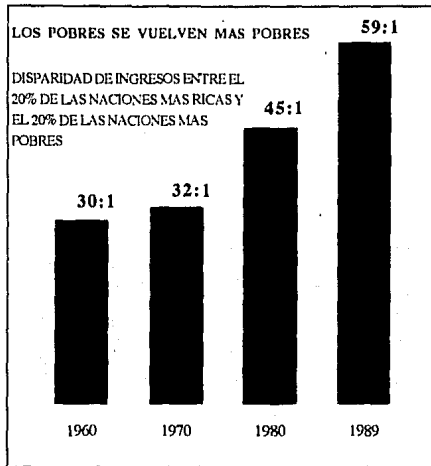
El Crecimiento y sus Efectos en el Ambiente

Esta problemática ha sido resaltada en fechas recientes por diversas organizaciones, gobiernos y personas; destacan entre ellas la reunión en Río de Janeiro en junio de 1992, donde importantes personalidades a nivel mundial se reunieron para, no sólo discutir, sino proponer acciones globales para detener el avance de la degradación del ambiente. Una de las preocupaciones más grandes está relacionada con el impacto que tiene el crecimiento económico y demográfico sobre el ambiente. Para permitirnos ubicar la magnitud de los problemas a los que la raza humana se enfrenta vale la pena resaltar algunos datos: ¹

Se espera que la población mundial se duplique a casi once mil millones dentro de los próximos cuarenta años. Para hacer frente a los futuros requerimientos, la producción industrial mundial se necesitaría quintuplicar, si los patrones de consumo permanecen constantes.

La riqueza se polariza, la mayor parte de los nuevos habitantes vendrán de los países del tercer mundo, donde los pobres ya destruyen recursos para sobrevivir. De manera creciente la destrucción de recursos dañará ahí el crecimiento económico, ampliando la brecha entre naciones ricas y pobres (Gráfica 1).

¹Datos del artículo titulado *GROWTH VS ENVIRONMENT* publicado en la revista Business Week, mayo 11, 1992.



Gráfica 1.²

A nivel de personas, el 20% de la población mundial que es más rico tiene ciento cincuenta veces más el ingreso del 20% más pobre.

El 25% de la población mundial en naciones industrializadas consume el 70% de los recursos mundiales. Conforme las naciones en vías de desarrollo crezcan y empujen el crecimiento, la demanda de recursos se disparará.

Actualmente siete naciones industrializadas incluyendo los E.U.A. causan el 45% de las emisiones de gases que contribuyen al efecto invernadero; conforme las naciones en vías de desarrollo se industrialicen la contaminación mundial dará un salto.

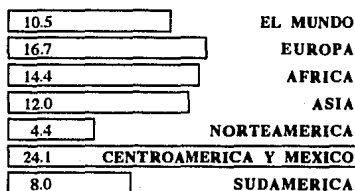
El incremento de la actividad humana está destruyendo el inventario de los recursos naturales de la tierra. Cada año, 172,000 km cuadrados de selvas

² Fuente: *HUMAN DEVELOPMENT REPORT 1992*. Programa de desarrollo de las Naciones Unidas; la gráfica esta basada en comparaciones de ingresos promedio per capita de naciones ricas y pobres.

tropicales son destruidas. La capa de ozono se está adelgazando y existe el potencial de un calentamiento global.

DECLINAMIENTO ECOLOGICO

Porcentaje de tierra vegetada con degradamiento del suelo de severo a moderado, 1945-90



Gráfica 2. ³

El daño al ambiente cuesta a las naciones industrializadas el equivalente del 1% al 5% del Producto Interno Bruto (PIB).

Una solución propuesta en la reunión de Río es la siguiente:

- Incrementar la eficiencia adoptando innovaciones que reduzcan los recursos utilizados y la contaminación emitida por unidad producida. Como tecnologías más limpias, una agricultura menos destructiva, diseñar productos con menos empaque, menos materiales y vidas útiles más largas.
- Construir un marco para el cambio contabilizando los costos ambientales y los beneficios de las transacciones al calcular el PIB. Lograr acuerdos internacionales e incrementar la ayuda internacional.
- Estabilizar el crecimiento de la población, restringir el consumo promoviendo estilos de vida que reduzcan la carga sobre el ambiente, especialmente en las naciones industrializadas.

³Fuente: INTERNATIONAL SOIL REFERENCE & INFORMATION CENTRE

De acuerdo con el grupo de Río, estas acciones permitirían un desarrollo sostenible si son llevadas a cabo.

La deuda de las naciones en vías de desarrollo es de 1.2 trillones de dólares, lo que representa el 44% del PIB acumulado de esas naciones, para pagar su deuda externa tienen que exportar recursos naturales, sin embargo, aproximadamente más de dos terceras partes de los empleos de esas naciones se encuentran en la explotación de estos recursos.

Algunos países tienen una telaraña de subsidios, políticas gubernamentales, e impuestos que subestiman los recursos naturales, y desaniman cualquier medida de control ambiental así como la regeneración de los recursos naturales.

En este contexto, Japón lleva ventaja, los avances en eficiencia durante los setentas y los ochentas fueron tan grandes que actualmente utiliza sólo el 50% de los recursos -materiales y energía- que los empleados por E.U.A. por unidad de producción del PIB.

1.2

La Industria y la Degradación Ambiental

De acuerdo con la información presentada al parecer existe una vinculación entre industria y degradación ambiental, sin embargo, es necesario que se vea esta problemática desde otro ángulo. Ya se ha mencionado que el mayor impacto de la degradación ambiental, se debe principalmente a la ocasionada por las naciones industrializadas; si se analiza este hecho se puede inferir la lógica detrás: La industria es la que está en medio de las principales causas de la degradación ambiental, ya que es ella la responsable de convertir los recursos naturales en bienes de consumo.

A través de la aplicación de tecnologías la industria puede generar un desastre ambiental. No obstante, con los incentivos adecuados la industria también puede disminuir la cantidad de recursos naturales utilizados para satisfacer las necesidades humanas.

Esto no es nuevo, la experiencia histórica ha demostrado que la tecnología puede disminuir la carga que las necesidades humanas ponen en el ambiente. Por ejemplo, la cantidad de carbón necesaria para generar un kilovatio-hora de electricidad descendió, de más de 3 kg al inicio de este siglo, a menos de 1/2 kg en los años sesentas. Sin embargo, la gente no se ha preocupado lo suficiente por lo que ocurre al final de los procesos industriales: Emisiones de gases tóxicos, la descarga de metales pesados a los ríos y al mar, así como la creciente dificultad de encontrar el suficiente espacio para eliminar de manera segura la basura del mundo.

La tarea de la industria será ahora encontrar maneras de reducir las diversas formas de contaminación. Esto implicará no sólo el desarrollo de procesos industriales que logren más producción por cada unidad de materia prima, especialmente si estas materias primas se perciben como dañinas para el ambiente, más dramáticamente, será necesario que las empresas piensen sobre la muerte del producto desde el momento de su concepción. De manera creciente, el mundo irá necesitando productos que, durante su vida útil, hagan un daño mínimo al planeta y que, al final de sus vidas, puedan ser desechadas sin peligro o recicladas a nuevos usos.

Actualmente se trata a la naturaleza como se trataba a los obreros hace cien años; en ese entonces no se incluía el costo de salud y seguridad social en los cálculos contables, así mismo ahora no se incluye costo alguno por concepto de la salud y seguridad del planeta⁴. La protección ambiental puede ser durante los próximos cincuenta años lo que el crecimiento en las prestaciones laborales ha sido en los pasados cincuenta años: Una carga para el crecimiento, cierto, pero también un incremento en el bienestar humano inmenso y difícil de cuantificar. Para las empresas y empresarios con una clara visión de largo plazo, el ambiente puede ser la mejor oportunidad para el desarrollo de tecnología y en consecuencia de nuevos negocios que el mundo industrial haya visto.

⁴Ideas tomadas del artículo titulado: *CLEANING UP*, publicado por THE ECONOMIST, sep 8, 1990

1.3

Los Desechos Sólidos y la Basura en México.

En México, uno de los principales impactos en el ambiente lo generan los desechos sólidos. Cada vez es más difícil encontrar lugares adecuados para los tiraderos de basura y el costo de recolección es cada vez más alto. Este es el aspecto de interés en la tesis: El problema de los desechos sólidos en México es cada vez mayor, tan solo en el Area Metropolitana se generan aproximadamente medio millón de toneladas al mes y en el país se producen una cantidad estimada cercana a los 2 millones de toneladas⁵, estos desechos representa una generación de basura de 210 kg/mes por habitante en nuestro país. De seguir con estos patrones de consumo esta cantidad podría incrementarse un 61% para el año 2000. Es relevante hacer notar que durante los últimos 30 años se ha producido más basura que en todo el resto de la historia. Ante esta situación el reciclaje como una solución no sólo al problema de la basura sino también como una contribución a la disminución del consumo de recursos naturales es urgente por sentido común y un reclamo ético fundamental de la sociedad.

Es de esperarse también que, con las negociaciones adicionales al Tratado de Libre Comercio entre Canadá, los Estados Unidos y México, los temas relacionados con el ambiente sean un punto dónde las presiones internacionales obliguen al gobierno mexicano a legislar y apoyar el desarrollo de acciones concretas similares a las que esos dos países están siguiendo, de ahí que en la identificación de las oportunidades de inversión sea tan importante conocer las acciones que se están llevando en el extranjero para poder aprovechar dichas oportunidades en el momento oportuno en México.

⁵En el mundo el total de basura producida es de 65 millones de toneladas mensuales

Capítulo 2

Diagnóstico sobre los Desechos Sólidos

Antes de identificar y analizar las oportunidades de inversión con materiales reciclables, se considera importante conocer mejor la realidad en el campo de los desechos sólidos, para esto es necesario fijar las bases conceptuales más importantes para lo cual se tomarán en consideración algunas definiciones.

2.1

Los Desechos Sólidos y su Clasificación

A lo largo de este documento se definirá como desechos sólidos a aquéllos residuos que provienen de la actividad humana o animal y que son tratados como inútiles o no deseados. Este término engloba la mezcla heterogénea que se deriva de las actividades residenciales y comerciales así como la mezcla homogénea de acumulaciones provenientes de actividades industriales específicas.

Una de las clasificaciones comúnmente utilizadas para los desechos sólidos es de acuerdo con su fuente de generación, para lo cual se consideran tres categorías generales:

- 1 Desechos urbanos
- 2 Desechos Industriales
- 3 Desechos peligrosos

2.1.1

Clasificación de los Desechos Urbanos

Los desechos sólidos urbanos pueden clasificarse de acuerdo con los materiales que lo integran en las siguientes categorías:

- ***Desperdicios alimenticios:*** Incluyen los generados en los procesos de elaboración y consumo. Presentan organismos vivos y se descomponen biológicamente de manera acelerada
- ***Desperdicios que no presentan organismos vivos y que no se descomponen biológicamente.*** Se dividen en dos principalmente : Los *combustibles* como papel, cartón, plásticos, textiles, hule, piel, madera, muebles; y los *no combustibles* como: Vidrio, hojalata, metales ferrosos y no ferrosos.
- ***Residuos y cenizas.*** Los que se producen por la combustión de madera, coque, y otros combustibles orgánicos.
- ***Cascajo.*** Los productos de la construcción y demolición; incluye concreto, tabique, herrería, tubería y material eléctrico.
- ***Desechos especiales.*** Los que se barren de las calles y carreteras.
- ***Desechos de las plantas de tratamiento.*** Sólidos y semisólidos.

De acuerdo con sus fuentes de generación los desechos urbanos se pueden clasificar de la siguientes manera:

Tabla 1. Clasificación de los Desechos Urbanos (DU)

FUENTE	ACTIVIDADES O LUGARES	TIPOS DE DESECHOS
Vivienda	Unifamiliares, multifamiliares, etc.	Alimenticios, "rubbish", cenizas, desechos especiales
Comercial	Tiendas, restaurantes, mercados, oficinas, hoteles, hospitales	Alimenticios, "rubbish", cascajo, desechos especiales, residuos peligrosos
Areas abiertas	Calles, parques, lotes baldíos, carreteras, etc.	Desechos especiales, "rubbish"
Plantas de tratamiento de aguas negras y pluviales	Aguas residuales y procesos de tratamiento	Aguas residuales, "sludges"

2.1.2

Composición de los Desechos Sólidos Urbanos

La composición típica de los desechos sólidos urbanos se resume en la siguiente tabla:

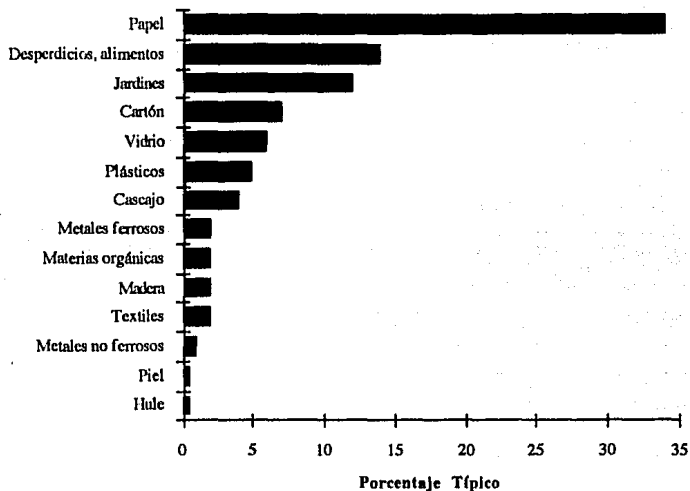
Tabla 2. Composición Típica de los Desechos Sólidos Urbanos (DSU) por masa

COMPONENTES	RANGO %	TIPICO %
Desperdicios, alimentos	6-26	14
Papel	15-45	34
Cartón	3-15	7
Plásticos	2-8	5
Textiles	0-4	2
Hule	0-2	0.5
Piel	0-2	0.5
Jardines	0-20	12
Madera	1-4	2
Materias orgánicas	0-5	2
Vidrio	4-11	6
Metales no ferrosos	0-1	1
Metales ferrosos	1-4	2
Cascajo	0-10	4

Al analizar esta tabla de acuerdo con la participación porcentual en la composición de los DSU, se obtiene la gráfica 3:

Como se puede observar, los principales componentes de los DSU según esta tabla son: El papel y cartón, los desperdicios alimenticios, los desechos de jardines, el vidrio y los plásticos; Por lo tanto, más adelante será importante abordar a mayor detalle cada uno de ellos.

A continuación se analiza la composición química de los desechos sólidos para poder evaluar su procesamiento así como las posibilidades de generación de energía, dado el contenido de carbono e hidrógeno en su composición.



Gráfica 3. Composición Típica de DSU

Como se verá más adelante, la mayoría de los países industrializados han tomado la decisión de incinerar la basura como una solución a la contaminación ambiental; por lo tanto, siendo la incineración una opción de tratamiento a estos desechos sólidos conviene considerar, sus propiedades principales; de acuerdo con:

1.- Análisis aproximado.

- a) Humedad (pérdida a 105 °C/h)
- b) Material volátil (pérdida adicional a 950 °C)
- c) Cenizas (residuos después de la incineración)
- d) Compuestos de carbono (residuo)

2.- Punto de fusión de la ceniza.

3.- Análisis fundamental de porcentaje de C (carbono), H₂ (hidrógeno) O₂ (oxígeno), N₂ (nitrógeno), S (azufre) y cenizas.

4.- Valor calorífico (valor energético)

Los valores caloríficos de los desechos sólidos se muestran a continuación:

Tabla 3. Análisis del Valor Calorífico de los Desechos Sólidos Urbanos

ANÁLISIS APROXIMADO	RANGO % masa	TÍPICO % masa
Humedad	15-40	20
Materia volátil	40-60	53
Carbono fijo	5-12	7
No combustible	15-30	20
Análisis fundamental (Componentes combustibles)		
	%	%
C	40-60	47
H ₂	4-8	6
O ₂	30-50	40
N ₂	0.2-1.0	0.8
S	0-05-0.3	0.2
Cenizas	1-10	6
Valor calorífico por masa		kJ/kg
Fración Orgánica kJ/kg	12,000-16,000	14,000
TOTAL kJ/kg	8,000-12,000	10,500

Como se aprecia al final de la tabla, existe una gran cantidad de energía contenida en los componentes de los desechos sólidos urbanos, lo cual indica la conveniencia de analizar las oportunidades de reciclado contra la alternativa de incineración.

Los datos representativos del compuesto fundamental se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 4. Datos típicos del análisis fundamental para los componentes del combustible contenidos en los Desechos Sólidos Urbanos. (Datos en porcentaje masa)

COMPONENTE	C	H ₂	O ₂	N ₂	S	Cenizas
Desperdicios alimentos	48.0	6.4	37.6	2.6	0.4	5.0
Papel	43.5	6.0	44.0	0.3	0.2	6.0
Cartón	44.0	5.9	44.6	0.3	0.2	5.0
Plásticos	60.0	7.2	22.8	0.0	0.0	10.0
Textiles	55.0	6.6	31.2	4.6	0.15	2.5
Hule	78.0	10.5	0.0	2.0	0.0	10.0
Piel	60.0	8.0	11.6	10	0.4	4.5
Jardinería	47.0	5.0	38.0	3.4	0.3	4.5
Madera	49.5	6.0	42.7	0.2	0.1	1.5
Materias Orgánicas	48.5	6.5	37.5	2.2	0.3	5.0
Cascajo	26.3	3.0	2.0	0.5	0.2	68.0

Se puede completar el análisis de la energía contenida en los DSU con la siguiente tabla:

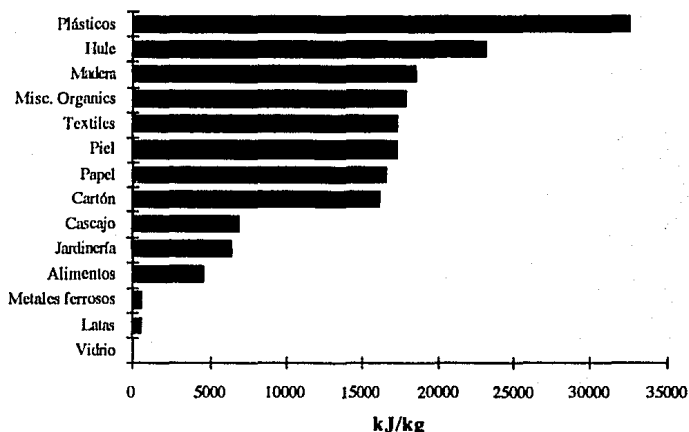
Tabla 5. Datos típicos de residuos inertes y contenido energético en los Desechos Sólidos Urbanos

COMPONENTES	Residuos Inertes*		Energía+ kJ / kg	
	RANGO	TÍPICO	RANGO	TÍPICO
Alimentos	2-8	5	3,500-7,000	4,650
Papel	4-8	6	11,600-18,600	16,750
Cartón	3-6	5	13,950-17,450	16,300
Plásticos	6-20	10	27,900-37,200	32,600
Hule	8-20	10	20,900-27,900	23,250
Piel	8-20	10	15,100-19,800	17,450
Jardinería	2-6	4.5	2,300-18,600	6,500
Madera	0.6-2	1.5	17,450-19,800	18,600
Misc. Orgánicos	2-8	6	11,000-26,000	18,000
Vidrio	96-99+	98	100-250	150
Latas	96-99	98	250-1,200	700
Metales ferrosos	44-99	98	250-1,200	700
Cascajo	60-80	70	2,300-11,650	7,000
Textiles	2-4	2.5	15,100-18,600	17,450

* Después de la combustión

+ De acuerdo como fueron descargados

De acuerdo con el valor típico, del contenido calorífico de los DSU, se ha elaborado la siguiente gráfica, la cual fue ordenada de mayor a menor valor.



Gráfica 4. Contenido Calorífico por Componente de los DSU

De ésta gráfica se destacan los componentes que por su energía contenida son de mayor interés para el reciclaje; el plástico, como se puede observar, contribuye con un mayor contenido de energía que los otros componentes; sin embargo, de acuerdo con esta gráfica se observa que los materiales que deberán ser tomados en cuenta serán: plástico, hule, madera, textiles, piel, papel y cartón.

Tomando en cuenta estas dos variables: % en los DSU y contenido calorífico, se analiza a continuación una ponderación simple, de tal manera que podamos identificar cuales de los componentes requieren de mayor atención en este estudio.

Tabla 6. Ponderación Simple de la Importancia de los Componentes del DSU por su porcentaje y contenido calorífico

Componente	% en el DSU masa	Contenido Calorífico kJ/kg	Ponderación		Suma
			por %	Cont. Cal.	
Plásticos	5	32,600	6	1	7
Papel	34	16,750	1	7	8
Cartón	7	16,300	4	8	12
Desperdicios, alimentos	14	4,650	2	11	13
Jardines	12	6,500	3	10	13
Textiles	2	17,450	8	5	13
Materias orgánicas	2	18,000	10	4	14
Madera	2	18,600	11	3	14
Cascajo	4	7,000	7	9	16
Hule	1	23,250	14	2	16
Vidrio	6	150	5	14	19
Piel	1	17,450	13	6	19
Metales ferrosos	2	700	9	12	21
Metales no ferrosos	1	700	12	13	25

Observando esta tabla, destacan por su elevado contenido calorífico y por su porcentaje en los DSU los siguientes materiales:

Los plásticos, el papel y cartón, y los desperdicios alimenticios. Sin embargo, antes de cerrar el espectro de materiales que habrá que estudiar se analizará en los siguientes capítulos las actividades de reciclado en otros países. Para esto, se han tomado como referencia básicamente tres países: Estados Unidos, Japón e Italia; de tal manera que se cuente con información de un país americano, uno europeo y uno de oriente, lo cual permitirá tener una visión más amplia de las actividades relacionadas con el reciclaje y la basura a nivel mundial.

2.2

El Tratamiento de los Desechos Sólidos en los Estados Unidos

Uno de los principales países que deben ser analizados respecto al tratamiento de la basura y a las actividades de reciclaje son los Estados Unidos; la vecindad con México, así como los posible acuerdos que respecto a estos temas se incluirán en el Tratado de Libre Comercio o en acuerdos internacionales posteriores entre México y los E.U.A. indican la importancia de tratar estos aspectos en el desarrollo de ésta tesis.

Durante la década de los noventas, los Estados Unidos enfrentan un serio problema y reto: El adecuado tratamiento a los 163 millones de toneladas métricas anuales de residuos que se generan actualmente y que forman parte de los desechos sólidos urbanos.

2.2.1

Relleno Sanitario e Incineración

En la década de los ochentas Estados Unidos contaba con cerca de 18,500 terrenos disponibles para relleno sanitario, de los cuales en la década actual únicamente se conserva un tercio dado el gran problema que estas áreas presentan debido a la contaminación del suelo y a la presencia de líquidos en los desechos los cuales estaban contaminando las aguas del subsuelo.

El uso de incineradores fue la solución planteada ya que permiten disminuir las áreas de relleno sanitario, sin embargo, esta tecnología trajo consigo incrementos en los montos de inversión para dotar a éstos de una adecuada tecnología en el control de emisiones de gases tóxicos.

Solución Propuesta por la EPA

Existen diversas opciones para el destino final de los desechos sólidos y las prioridades se pretenden fijar para minimizar los efectos nocivos sobre el ambiente: La Environmental Protection Agency (EPA) propone que la solución debe fundamentarse en lo siguiente: La reducción de las fuentes que generan los desechos, el reciclado, la incineración y el relleno sanitario.

Los Materiales de Empaque en los DSU

Para lograr la reducción de las fuentes generadoras de desechos, y tomando en cuenta que del 14% al 22% del volumen de los DSU, lo forman los plásticos, Estados Unidos se ha dado a la tarea de tratar de disminuir el uso de envases y empaques que tantos residuos producen. En la actualidad se llevan a cabo esfuerzos de gran magnitud para el diseño de nuevos empaques. Entre las opciones que se manejan a este respecto se encuentran las siguientes:

Eliminación de empaques-envolturas: Existen objetos que pueden venderse sin envoltura alguna como pueden ser cacerolas, sartenes, sacacorchos, taladros, o bien empaclarlas en cajas de cartón.

Eficiencia del material: Si es necesario, el empaque debe diseñarse procurando que éste sea de bajo peso.

Productos concentrados: Al producirse productos concentrados que requieren de una mínima cantidad de éste, para ser mezclado posteriormente con agua, el empaque que contenga a este producto presentará una mayor vida útil.

Tamaños más grandes: La cantidad de material utilizado al empaclar cantidades de productos en mayoreo son menores a las utilizadas al empaclar cada producto por sí solo y consumir la misma cantidad de productos. Como ejemplo se puede citar que para un empaque de 16 kg de detergente se utiliza

1/5 de la cantidad de empaque necesario por kg que el que se empaqueta para 1.19 kg.

Empaques únicos: Estos se refieren a que si un líquido, como puede ser licor, ya viene envasado en botellas de vidrio, debe eliminarse cualquier otro tipo de empaque para contener a la botella.

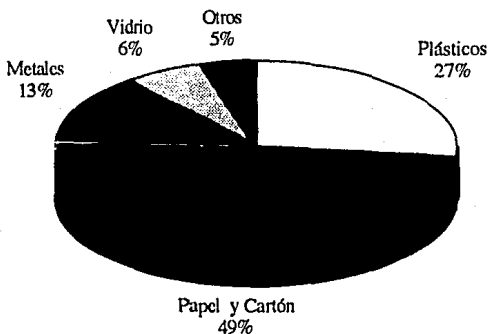
Rellenados: Se infiere en la necesidad de fabricar envases que puedan ser reutilizados, rellenándolos de productos que se venden concentrados.

Retornables: Aún cuando los envases retornables requieren de transportación y lavado para ser reutilizados, esta clase de empaques ha presentado un gran incremento en la industria manufacturera.

Tóxicos: Se ha hecho hincapié en el diseño de empaques que no presenten elementos tóxicos como pueden ser plomo, mercurio, cadmio, cromo, los cuales normalmente se encuentran presentes en los colorantes, pigmentos y estabilizadores de los materiales de empaque.

A continuación se presentan las gráficas que representan la distribución por masa y volumen de los materiales de empaque como parte de los desechos sólidos urbanos, los datos son resultado del estudio realizado en el año de 1990 por la U.S. Environmental Protection Agency (EPA).

DSU

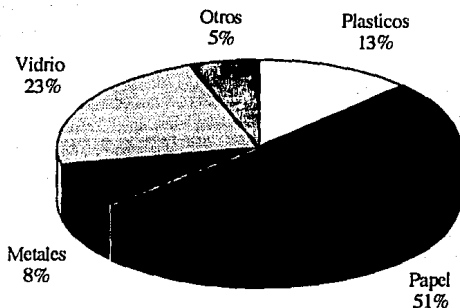


Gráfica 5. Volumen de los Materiales de Empaque en los DSU

De acuerdo con este estudio, el empaque de papel y cartón representó cerca de la mitad de los materiales de empaque que terminan en los tiraderos (en volumen) en el año de 1988. Otros componentes de importancia son los empaques de plástico, de metal y de vidrio. En otro estudio de la EPA se indica que la presencia de metales se espera que crezca en un 6% en los siguientes cinco años, pero la proporción que representa de los DSU decrecerá. Esto se debe a que el reciclaje de metales está creciendo continuamente, el informe indica que entre el 21% y el 29% en volumen, de los materiales desechados que se recuperen para reciclaje en el año de 1995, sin contar los desechos industriales, serán metales¹.

A continuación se presenta una gráfica similar, sin embargo, la importancia relativa es representada por el peso de cada material. Los datos provienen del mismo estudio.

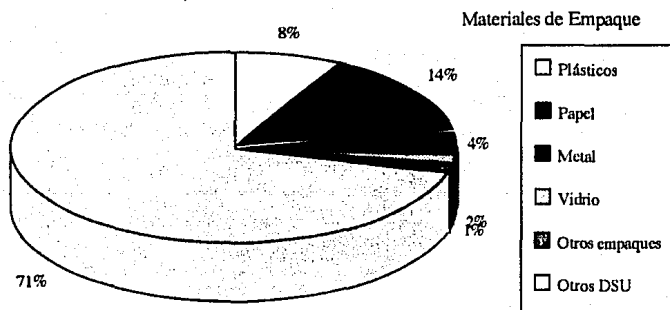
¹ Del artículo publicado en la revista American Metal Market, agosto 17, 1990, titulado: *Metals in Solid Waste Rising*.



Gráfica 6. Peso de los Materiales de Empaque en los DSU

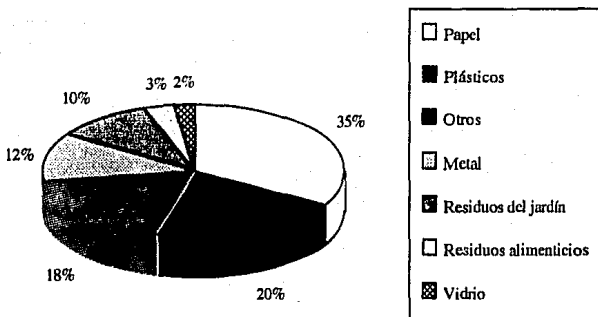
De acuerdo con este estudio el papel y cartón comprendieron el 50% de los materiales de empaque en los tiraderos de los Estados Unidos en el año de 1988.

A continuación se presentan las gráficas 7, 8 y 9 donde se aprecia la importancia relativa que los materiales de empaque tienen dentro de los desechos sólidos urbanos, primero por volumen y posteriormente por peso.



Gráfica 7. Volumen de los DSU en los Tiraderos

De acuerdo con el informe de la EPA el volumen de los materiales de empaque comprendieron el 29.6% de los DSU encontrados en los tiraderos.

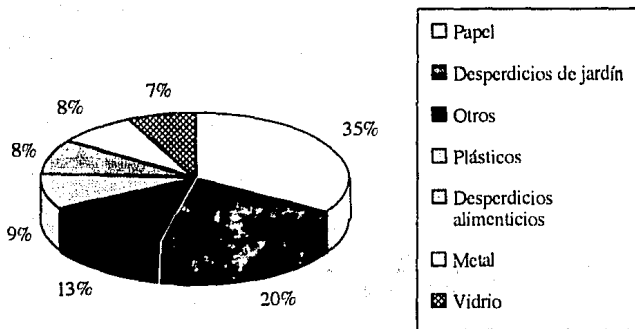


Gráfica 8. Composición de los DSU por volumen

Otra medida adoptada por los Estados Unidos para el tratamiento de los desechos es la educación de la sociedad para la recolección diferenciada.

Desde el punto de vista de la incineración los Estados Unidos cuentan con cien incineradores de basura, los cuales queman aproximadamente el 10% de los DSU de los Estados Unidos; dos terceras partes de ellos utilizan procesos de recuperación de energía. Cerca de 30 incineradores adicionales están siendo fabricados en este país y existen planes para construir doscientos más.

Una de las principales ventajas de la incineración consiste en la reducción del volumen de los DSU en cerca del 75%; las cenizas remanentes se envían a los rellenos sanitarios donde sus efectos al ambiente se minimizan.



Gráfica 9. Peso de los DSU por Tipo de Material

Las principales razones para que no se haya incrementado el uso de incineradores en los Estados Unidos, son la cantidad de opiniones en contra de su uso; la argumentación principal se basa en la creencia de que éstos producen gases perjudiciales (bioxinas), cenizas difíciles de almacenar, y CO_2 que contribuye al calentamiento global de la atmósfera, además de que las materias llevadas a los incineradores pueden ser destinadas al reciclado, teniendo este último las ventajas igualmente eficientes de disminución de los DSU pero a menor costo y sin producción de gases tóxicos y cenizas; debido a esta corriente de opinión se estima que se ha retrasado la fabricación de cerca de 60 incineradores.

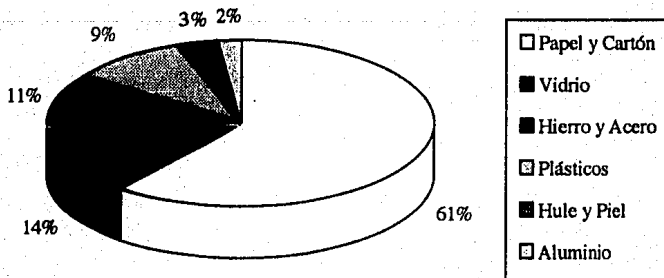
Tabla 7. Tratamiento de los DSU en los Estados Unidos

TRATAMIENTO	% de los DSU en volúmen
Incineración	10%
Reciclado	10%
Relleno sanitario	80%

Como se verá más adelante el 10% de incineración es un volumen realmente poco significativo comparado con, por ejemplo, Japón. Otros países como Noruega, Dinamarca, Suiza y Alemania también se están orientando hacia la incineración.

TABLA 8. Composición de los DSU en los Estados Unidos (1984)

MATERIAL	MILLONES DE TONELADAS
Aluminio	2.1
Papel y Cartón	62.3
Vidrio	13.9
Hule y Piel	3.4
Hierro y Acero	11.3
Plásticos	9.7
Total	100.6



Gráfica 10. Composición de los DSU en los Estados Unidos (1984)

Materiales Recuperados de los DSU.

Un gran número de materiales presentes en los DSU y DSI pueden ser utilizados para recuperación y reutilización. Los datos de las tablas analizadas indican que el papel, cartón, plástico, vidrio y metales se encuentran entre los candidatos a ser reciclados. Con excepción de los plásticos, los otros materiales mencionados son mayormente susceptibles de ser recuperados de los DSU. Un estimado de esta recuperación se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 9. Materiales recuperados en los Estados Unidos por categorías (1975), Millones de toneladas anuales.

CATEGORIAS	Desechos Brutos	CANTIDAD Mt/a	%
Papel	44.1	6.8	15.4
Vidrio	13.7	0.4	2.9
Metales	12.7	0.6	4.7
Metales Ferrosos	(11.3)	(0.5)	(4.4)*
Metales de Aluminio	(1.0)	(0.1)	(10.0)
Metales no Ferrosos	(0.4)	(0.0)	(0.0)
Plásticos	4.4	0.0	0.0
Hule	2.8	0.2	7.1
Piel	0.7	0.0	0.0
Textiles	2.1	0.0	0.0
Madera	4.8	0.0	0.0
Otros	0.1	0.0	0.0
Total de Desperdicios			
no Alimenticios	85.4	8.0	9.3
Jardinería.	26.0	0.0	0.0
Otros Inorgánicas	1.9	0.0	0.0
Desperdicios de			
Alimentos	22.8	0.0	0.0
Total	136.1	8.0	5.4

2.2.5

Las Llantas Desechadas

Uno de los grandes problemas en los Estados Unidos es la contaminación generada por las llantas usadas desechadas, los empresarios están buscando la manera de eliminar adecuadamente los dos a dos mil quinientos millones de llantas que se encuentran en los tiraderos, así como encontrar la manera de

manejar los cerca de doscientos setenta millones de llantas que entran al sistema cada año. El problema es de tal magnitud que el gobierno está emitiendo leyes para controlar este aspecto.

Uno de los proyectos más exitosos es el de la planta Oxford Energy's Westley en California, donde se convierten las llantas en energía. Con un tiradero disponible de cuarenta millones de llantas (se dice que es el mayor tiradero del mundo) la planta tiene suficientes reservas para operar por los próximos diez años. La planta produce electricidad y esta es vendida a la compañía de luz Pacific Gas & Electric.

Esta empresa está construyendo, en Sterling CT la que será la planta de mayor capacidad del mundo, de conversión de llantas a energía, con una capacidad de diez millones de llantas por año. Dicha planta, con un costo de cien millones de dólares podrá utilizar todas las llantas desechadas del estado de Connecticut y muchas de las regiones aledañas, con una producción de doscientos millones de kilovatios de electricidad cada año, la planta tendrá el doble de capacidad de la de California.

Otro de los procesos involucrados es el utilizado por la empresa P.T.O. de Springdale, Arizona, la cual ha inventado un proceso de conversión de llanta a aceite el cual puede manejar, aparentemente, hasta seis mil ochocientas llantas por día. El rendimiento obtenido es en promedio de siete litros de aceite por cada llanta de 8 kg de peso promedio.

Una aplicación adicional es reciclarlas para producir materiales asfálticos e incluirlas en el proceso de pavimentación de las carreteras; si se utilizaran en tan sólo el 25% de las carreteras construidas en los Estados Unidos cada año, el asfalto de hule podría eliminar casi quinientos millones de llantas cada año. Tanto en el estado de Florida como en el de Nueva York, se ha estado utilizando asfalto de hule de llantas de manera exitosa.

La pirólisis, un método que involucra calor y pedazos de llanta ("tire bits"), reduce la llanta en sus componentes originales: Carbón, aceite, acero y gases. El éxito de este tipo de procesos está muy relacionado con los precios de los componentes originales vírgenes.

El Tratamiento de los Desechos Sólidos en Japón

Japón es un país sobrepoblado, en el cual se han presentado problemas en el tratamiento de los desechos sólidos desde finales de los años setentas. El tratamiento por relleno sanitario, más que un recurso resultaba un problema al tener que disponer de uno de los recursos más escasos de la isla: La tierra, recurso indispensable para las actividades agrícolas. Por esta razón, la administración pública se inclinó al tratamiento de desechos sólidos por medio de la incineración y el reciclaje.

2.3.1

Responsabilidad de los Industriales y Comerciantes

La legislación japonesa sobre el tratamiento de los desechos sólidos se basa en el principio de que las actividades industriales y comerciales son responsables técnica y económicamente del tratamiento de sus desechos, motivo por el cual las industrias se han visto obligadas a investigar sobre las nuevas formas de reciclaje. En el siguiente apartado se presentan las tablas con la información referente a la generación y tratamiento de los desechos sólidos en Japón.

Tratamiento de los Desechos Sólidos

En las siguientes tablas se podrá apreciar la gran diferencia en el tratamiento de los desechos sólidos por parte de Japón en comparación con los Estados Unidos, resalta el hecho de que en Japón se incineren más del 70% en comparación con el sólo 10% de los Estados Unidos.

Tabla 10. Tratamiento en Japón de los desechos sólidos urbanos.

Desechos sólidos urbanos generados	Cantidad toneladas	%
Tratamiento no controlado	174,000	0.4%
Incineración	31,885,500	73.3 %
Relleno sanitario Controlado	11,440,500	26.3 %
Elaboración de Mezclas y Reciclaje	1,305,000	3.0 %
Total	43,500,000.	

Tabla 11. Tratamiento en Japón de los Desechos Sólidos Industriales, en toneladas.

Relleno sanitario	18,290,000	11.5%
Incineración	7,950,000	5%
Recuperación	83,790,000	52.7%
Venta	47,700,000	30%
Otros	1,270,000	0.8%
Total	159,000,000	100 %

Como se puede observar al comparar los datos de las tablas 10 y 11, el alto índice de reciclado proviene de los desechos industriales, y la razón es sencilla: Las industrias proceden a eliminar sus desechos sólidos, muchos de ellos provocados por el mismo proceso de fabricación y parte de estos desechos son reciclados directamente y otros son tratados a manera de obtener de ellos materias primas para ser reutilizadas.

Un factor importante que facilita el reciclado industrial es el hecho de que los desechos sólidos industriales no se encuentran contaminados por agentes externos como los residuos de comida, bebida, detergentes, etc.

Tabla 12. Producción de Desechos Industriales en Japón

Tipo de Industria	Miles de toneladas anuales	Porcentaje
Alimentos	13,697	8.6%
Calzado y Peletería	195	0.1%
Papel y Cartón	13,628	8.5%
Llantas	195	0.1%
Industria Química	9,676	6.06%
Madera	4,919	3.08%
Materiales de Construcción	18,452	11.5%
Materiales Plásticos	2,232	1.4%
Mecánica	5,929	3.7%
Metalúrgica	79,326	49.65%
Medios de Transporte	4,573	2.86%
Mobiliario	886	0.6%
Industria gráfica	1,033	.65%
Textil	4,734	2.96%
Otras	599	0.37%
Total	159,774	100%

La industria con mayor producción de desechos industriales es la metalúrgica, seguida de por la de materiales de construcción, alimentos, papel y cartón y química.

2.3.3

La Incineración en Japón

Japón cuenta con casi dos mil incineradores activos de los cuales alrededor de cien de ellos están provistos de dispositivos para generar energía eléctrica. La incineración cuenta con la ventaja de reducir el volumen de los DSU en un 75% enviando las cenizas a los rellenos sanitarios.

Para optimizar el reciclado, muchas comunidades mediante la recolección diferenciada, separan de los DSU los desechos reciclables de los que se incineran, para tal efecto Japón emitió un mandato por medio del cual se exige que la basura incinerable se separe. También el remover lo no

incinerable ha reducido el monto de las cenizas y la emisión de gases que pudieran contaminar el ambiente.

Son indudables los avances en la ciencia y tecnología japonesa en el ámbito del reciclaje, pero esto no ha sido posible únicamente con el ingenio e iniciativa económica sino también gracias a la colaboración de las empresas productoras de materias primas y del gobierno, quien ha instituido incentivos económicos, y ha obligado a las entidades públicas a preferir materiales de recuperación.

También ha sido muy importante la participación de la sociedad en la adquisición de productos recuperados sin ver en ellos una renuncia a la calidad, sino un bien en cuanto a mejorar la calidad del ambiente.

2.4

El Reciclaje y los Desechos Sólidos en Italia

2.4.1

La Recolección Diferenciada

Italia inició desde 1880 la actividad de reciclaje dentro del mercado textil con la captación de residuos textiles que, seleccionados según su tipo, separaron la lana con el fin de reutilizarla mezclándola con fibra natural virgen.

Con esta ideología, no ha sido difícil que en Italia se haya logrado crear conciencia de la importancia del reciclaje basándose primeramente en la recolección diferenciada de desechos sólidos.

La recolección diferenciada de papel y vidrio ya se encontraba activa desde 1983, mostrando la población una actividad de cooperación aún cuando no se obtenían excelentes resultados.

Posteriormente en 1987 se incluyó un programa de recolección diferenciada que contemplara otro tipo de desechos y ha progresado desde entonces en la obtención de resultados.

2.4.2

Composición de los DSU en Italia

Se podrá observar en las siguientes tablas que en Italia prevalece como solución a los DSU el relleno sanitario y que el índice de reciclado se limita a 1.6% siendo principalmente los residuos textiles y el vidrio los que más se reciclan.

Tabla 13. Composición de los Desechos Sólidos Urbanos en Italia.

Componente	Miles de t	Porcentaje
Residuos alimenticios	6,032	36%
Papel y Cartón	3,596	17.9%
Trapos y residuos textiles	2,994	13.8%
Plástico y Caucho	1,972	9.8%
Vidrio	1,392	6.9%
Metales	580	2.9%
Residuos no clasificados	3,770	18.7%
Total	20,336	100%

Tabla 14. Sistema de tratamiento en % de los DSU en Italia.

Tratamiento no controlado	37.5%
Incineración	14.2%
Relleno sanitario controlado	46.7%
Elaboración de mezclas y reciclaje	1.6%

En lo que corresponde a los desechos sólidos industriales, (tabla 16), Italia ha optado como sistema para tratamiento de los mismos, igualmente el de relleno sanitario llegando éste a ocupar el 48.7%

Como en el caso de Japón, también Italia tiene una alta generación de desechos sólidos industriales generados por la industria metalúrgica.

Tabla 15. Producción de Desechos Sólidos Industriales en Italia.

Industria	Miles de t	Porcentaje
Alimentos	2,345	6.7%
Calzado y Peletería	674	1.9%
Papel y Cartón	821	2.4%
Llantas	116	0.3%
Industria Química	1,880	5.4%
Madera	737	2.1%
Materiales Plásticos	244	0.7%
Mecánica	3,007	8.6%
Metalúrgica	17,302	49.5%
Medios de Transporte	2,012	5.8%
Mobiliario	513	1.5%
Industria Gráfica y Textil	729	2.1%
Medios de Transporte	2,012	5.8%
Mobiliario	513	1.5%
Industria Gráfica y Textil	729	2.1%
Materiales de Construcción	4,410	12.6%
Otras	18	0.1%
Total	34,907	100%

Tabla 16. Sistemas de tratamiento de los Desechos Sólidos Industriales en Italia .

Relleno Sanitario	48.7%
Incineración	2.9%
Tratamientos de recuperación	19.8%
Venta	20.9%
Otros	7.7%

Italia tiene planeado llegar a recoger por vía diferenciada el 10% de los DSU para ser enviado a una planta de selección y mezcla para la cual ya existe un proyecto aprobado y se está estudiando el impacto ambiental que ésta tendrá. La planta separará los metales y producirá compuestos para uso agrícola y combustible.

Las actividades de recuperación se dirigen principalmente hacia los desechos sólidos industriales como se aprecia en la tabla 16, siendo estos desechos la mayoría de las veces, descartes de un proceso de producción, que en otros países muchos de estos son retornados al ciclo de producción de la empresa que los generó. El hecho de aprovechar los descartes como materia prima del proceso que los produjo, coadyuva a disminuir el costo de adquisición de la misma.

2.4.3

Participación Conjunta de los Sectores

La ciudad de Prato, ha sido la primera en Italia en iniciar la actividad de reciclaje de materiales obtenidos a partir de la recolección diferenciada, pero para lograrlo de manera óptima, se requiere de una sólida estructura industrial con la participación conjunta de la industria privada, de las administraciones locales y de las empresas municipales de higiene urbana.

Se han estado presentando últimamente diversos proyectos, algunos de ellos se encuentran ya en curso, caracterizados por presentar tecnologías para la producción de artículos terminados.

2.5

El Tratamiento de los Desechos Sólidos en México

2.5.1

La Basura

En México como en otros países la acumulación de la basura no es sólo un problema por la contaminación que produce, o por el volumen con el consecuente espacio que ocupa, o por ser fuente de diversas enfermedades, es también un problema para toda la sociedad por su costo económico.

México es un país cuyo incremento demográfico y rápido desarrollo industrial está teniendo un fuerte impacto en su ambiente. La zona más afectada es la zona metropolitana, por ser la más poblada del país.

2.5.2

Los Desechos Sólidos

Aproximadamente el 30 % de los DSU que se generan en el país se encuentran localizados en la Ciudad de México, ocupando un volumen de tres millones de metros cúbicos al mes; En todo el país esta cifra asciende a diez millones de metros cúbicos anuales.

En 1989 , se alcanzó una producción de desechos sólidos urbanos de 20,000 toneladas/día y 25,000 toneladas/día de desechos sólidos industriales en el valle de México.

Tabla 17. Producción de desechos sólidos en México, 1989 (millones de toneladas)

Desechos sólidos industriales (DSI)	9.2
Desechos sólidos urbanos (DSU)	7.3
TOTAL	16.5

En relación con la producción de desechos sólidos urbanos en el país, en 1990, se tuvieron 62,000 toneladas diarias (22.6 millones de t/a) y se estima que para el año 2000 serán 100,000 toneladas diarias (36.3 millones de t/a).

En cuanto a los DSI, en México las autoridades federales y estatales han tomado la postura de "Tú industria, generas un residuo, tú mismo tienes que buscar o crear la vía adecuada de disponerlo" lo cual implica un ineludible compromiso de generar y catalizar diversas vías de solución, entre las que se encuentra el reciclaje.

Con el reciclaje de los DSI se obtiene un doble beneficio, tanto económico de tener un reemplazo parcial de materias primas, así como de saneamiento ambiental.

El Distrito Federal y el Estado de México, generan el 35% del producto interno bruto industrial, por lo que es posible asumir que generan el 30 % de los residuos (véase tabla 18).

Tabla 18. Producción de los DSI en México, durante 1988
(miles de toneladas anuales)²

Distrito Federal y Estado de México	2,925
Frontera Norte	1,015
Resto de los estados	2,535
PEMEX	1,618
TOTAL	8,093

2.5.3

Composición de los DSU en diferentes Ciudades

La generación de los DSU, depende de diversos factores tales como: Estrato social, costumbres de la población, ubicación geográfica, sistema de servicio de limpia y principal actividad económica como puede observarse en la tabla 19.

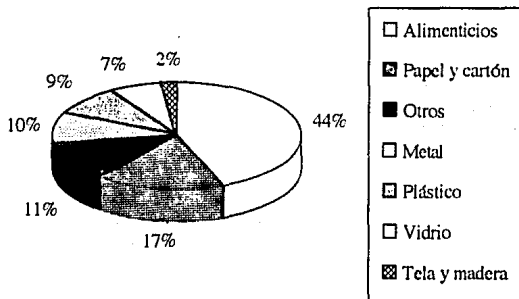
Tabla 19. Composición de los DSU (% de peso) en la Ciudad de México y algunas ciudades de la República.³

Ciudad	Papel y cartón	Metal	Vidrio	Tela y madera	Plástico	Residuos Alimenticios	Otros
Cd. México	17.0	10.0	7.0	2.0	9.0	44.0	11.0
Cordoba	17.3	3.6	13.0	2.7	10.8	52.0	0.7
Tampico	12.0	2.3	4.5	5.1	7.1	68.9	0.2
Veracruz	18.1	3.7	7.9	3.1	5.0	57.9	4.4
Villahermosa	30.2	4.5	8.3	2.0	8.9	38.8	7.4

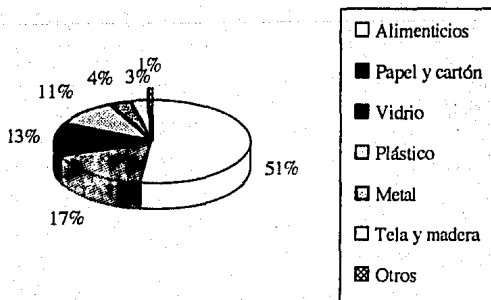
²Subsecretaría de Ecología. SEDLE, 1988

³Memorias del IV Congreso de Ecología AISTAQ-INIQ, julio 1992.

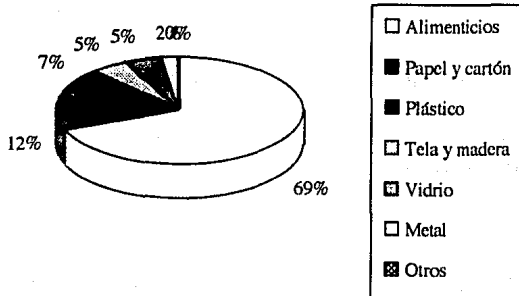
A través de las siguientes gráficas se pueden apreciar las composiciones de los DSU por Ciudad.



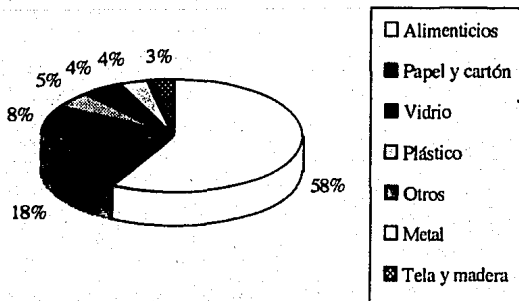
Gráfica 11. Composición de los DSU en la Ciudad de México, en peso



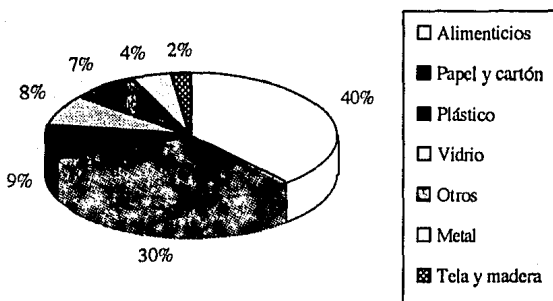
Gráfica 12. Composición de los DSU en Córdoba, en peso



Gráfica 13. Composición de los DSU en Tampico



Gráfica 14. Composición de los DSU en Veracruz



Gráfica 15. Composición de los DSU en la Ciudad de Villahermosa

Podemos apreciar que existen grandes diferencias porcentuales en la composición de los DSU, para algunos proyectos que pretendan obtener directamente sus insumos de los DSU será necesario un estudio específico de su composición en la zona donde se espere obtener los DSU.

Al igual que en otros países del mundo, donde los problemas ambientales se presentan y han sido solucionados, en México se requiere de mecanismos que permitan pasar del conocimiento tecnológico, científico y social a la acción específica. Para ello en algunos municipios del país así como en algunos suburbios del D.F., se han integrado grupos ecologistas iniciando programas de separación de los desechos para facilitar su tratamiento, pero el primer obstáculo, que se ha presentado, es la falta de consciencia y cultura de la población.

El Reciclaje de Plásticos

3.1

Introducción al Reciclaje de Plásticos

Por las excelentes propiedades de los plásticos, estos han substituido muchos de los materiales tradicionales y se espera que los sigan reemplazando (papel, cristal y metales). Por otro lado cada vez existen más aparatos de todo tipo que se elaboran con plástico. De acuerdo con los patrones actuales de consumo es de esperarse que estos aparatos vayan a tener un limitado tiempo de vida.

El destino final de todos estos materiales es el basurero, de modo que se vuelve urgente idear nuevos medios para aprovecharlos.

La producción e industrialización de productos, a veces innecesarios, ha incrementado en forma relevante el consumo de materias primas en especial las de origen plástico, obteniendo comodidad a costa de recursos naturales no renovables. Todo esto nos obliga a tratar de economizar estas materias pensando en su reutilización, ayudando así a combatir el desequilibrio ecológico que hoy padecemos.

Muchos satisfactores son producidos para ser usados momentáneamente y después generan grandes cantidades de basura (bolsas de plástico).

A causa de la ignorancia se considera a los plásticos como el principal problema en los tiraderos de basura. Mundialmente, los plásticos representan menos del 6% del contenido de la basura municipal (variando de acuerdo con

¹Revista Platinoticias número 228 Artículo de Asociación Alemana de Plástico Tecnología del Plástico, Edición 22,29,41 Modern Plastics, Febrero 88, Agosto 88.

² Cornhill Publicación Limited, Europak 1992.

el consumo y desarrollo de cada país) por lo tanto, su impacto en el problema no puede ser tan drástico como muchos aseguran; debido a la ignorancia que hay al respecto se les considera los materiales más peligrosos para el medio ambiente olvidando todos los beneficios que han brindado. Su principal impacto tal vez sea debido a su baja densidad ya que dificultan el manejo de la basura al ocupar grandes volúmenes.

El reciclado de plásticos contribuye a la reducción de volumen de la basura y se convierte en una oportunidad para la creación de negocios de alta rentabilidad.

3.2

Antecedentes

Como antecedente podemos mencionar que el proceso de reciclado del plástico se practica desde hace mucho tiempo; cuando las empresas transformadoras colocaron un pequeño molino junto a las máquinas donde procesaban sus desperdicios (piezas mal formadas, coladas y purgas), una vez molidos se incorporaban en una pequeña cantidad a los materiales vírgenes, con lo que la acumulación de desperdicios resultaba mínima. Actualmente la producción y consumo del plástico se ha incrementado y ha rebasado ampliamente su capacidad de reciclamiento. La planta productiva, concentrada en su mayor parte en la zona metropolitana de la Ciudad de México genera una gran cantidad de desperdicios. En 1991 se produjeron aproximadamente 1'270,000 toneladas de plásticos en el país; de ellos entre 600,000 y 700,000 toneladas se encuentran anualmente en la basura. Esto ocurre no tan sólo por la producción de desperdicios por parte de la industria, sino también en grandes volúmenes por la sociedad de consumo, ayudada por la proliferación de artículos con periodos de vida útil sumamente cortos.

En la zona metropolitana de la ciudad de México las empresas registradas en CANACINTRA dedicadas al reciclado del plástico son muy pocas: aproximadamente 5 ó 6. Según estimaciones de esta cámara, es posible que existan alrededor de 200 personas dedicadas a esta actividad, actuando de manera muy empírica en la economía subterránea.

Son generadores de desechos plásticos, las industrias fabricantes y transformadoras así como el consumidor final. Ahora es el momento de aprovechar los desperdicios de plástico que representan una gran riqueza, así como pensar en su adecuada administración otorgándoles un valor agregado para que permanezcan en vida útil el mayor tiempo posible, así mismo de buscar nuevos canales de distribución y de mercado. En México no hay suficiente tecnología y no se hace investigación formal en el aspecto de reciclado.

3.3

Tipos de Plásticos que se Reciclan

Se puede decir que casi todos los materiales que conocemos como termoplásticos son factibles de ser reciclados o reprocesados de alguna forma por medio de diversas tecnologías. La cantidad de plásticos que en la actualidad existe es muy grande y nuevos desarrollos de polímeros nacen día con día.

Hay cinco familias de plásticos que son los que representan el 75% del consumo y además son el 95% de los que se encuentran en los basureros.

3.3.1

Polietileno (PE)

Es el plástico más ampliamente usado en envases. Se clasifica principalmente como polietileno de baja densidad (PEBD) y como polietileno de alta densidad (PEAD).

El **PEBD** tiene características de transparencia, flexibilidad, fácil procesamiento y presenta barrera únicamente a humedad. Su mayor aplicación es como película para bolsas de diversa índole, como de supermercado, para basura, pan, etc.

El **PEAD** tiene características de rigidez, bajo costo, fácil procesamiento y resistencia a la ruptura y rasgado; Tiene aplicaciones tales como botellas para detergentes y blanqueadores líquidos, aceites para

motores, leche, jugos y también como bolsas de tiendas y supermercados. Representa alrededor del 50% del mercado de botellas de plástico.

En México, durante 1991, se tiraron en los basureros alrededor de tres mil millones de botellas de jugos y bebidas azucaradas, las cuales podrían representar una excelente fuente de materiales para los recicladores. En los E.U.A. se desechan al año 370,000 toneladas de botellas para leche y jugos de los que sólo el 20% se recupera, el mercado demanda un buen precio del desperdicio, principalmente para las botellas no coloreadas debido a la variedad de productos finales que pueden obtenerse, entre los que pueden mencionarse: Botellas para detergentes, recipientes para basura, bases para botellas de refresco, tubería para riego e instalaciones eléctricas, tambores, tarimas, cajas de refrescos y muchos otros productos.

3.3.2

Cloruro de Polivinilo (PVC)

Las características del PVC como envase son la transparencia y la resistencia química. Debido a su versatilidad y compatibilidad con aditivos y plásticos, sus aplicaciones están en una gran variedad de productos rígidos como tubería para drenaje y alta presión, hasta envases transparentes para alimentos, principalmente botellas para aceite comestible, aguas, cosméticos y líquidos de limpieza domésticos. En 1991 se produjeron mil novecientos noventa y nueve millones de botellas que se acumularon en basureros de donde sólo 100 toneladas se recuperaron. En E.U.A., las botellas de PVC representan menos del 6% del total de botellas de plástico, se recolectaron para reciclaje 2,300 toneladas que equivale al 2% del consumo de resina para botellas. Algunas aplicaciones del PVC reciclado son: Tubería para drenajes, cercas, barandales, coladeras para alcantarillas, etc.

3.3.3

Polipropileno (PP)

Sus características son de alta resistencia química y a la fatiga con una baja densidad. Se utiliza en aplicaciones como fibras, películas para envase, además de algunos envases y botellas. Desde hace tiempo el P.P. en los

E.U.A.. se ha utilizado en la fabricación de baterías para automóviles debido a su ligereza, durabilidad y reciclabilidad. De acuerdo con la HIMONT USA, Inc. 70 000 toneladas de P.P. se reciclan por año en los E.U.A. que representa el 95% de todas las baterías que se desechan. El 40% del P.P. recuperado se utiliza para la fabricación de baterías nuevas, el resto se utiliza en otras aplicaciones automotrices y productos de consumo.

3.3.4

Poliestireno (PS)

Es una familia de plásticos rígidos cuyas características principales son transparencia, habilidad para espumarse y fácil procesamiento. Sus aplicaciones en envases incluyen vasos para yogourt, charolas para carnes, y artículos desechables para fiestas. El PS es uno de los plásticos más atractivos para recuperar por su precio y aplicaciones, por ejemplo para tacones de calzado.

3.3.5

Tereftalato de Polietileno (PET)

Es el material plástico de empaque más comúnmente reciclado en los E.U.A. y Europa, representa alrededor del 25% del mercado de todas las botellas de plástico. Se utiliza principalmente en botellas para bebidas carbonatadas. También se emplea como envase para diversos productos alimenticios, cosméticos, medicamentos, detergentes líquidos, aceites y licores. Sus propiedades son de transparencia, tenacidad y barrera a gases, principalmente CO₂. En 1991, en los E.U.A. se consumieron 300,000 toneladas de botellas de PET para bebidas carbonatadas de las cuales se reciclaron el 30%. En México, el consumo de botellas fue de ciento cincuenta millones para 1991, equivalentes a 10,000 toneladas las cuales actualmente no se están reciclando. Algunas aplicaciones que pueden producirse a partir de desperdicios de envases de PET recuperados son: Envases para productos no alimenticios, alfombras, lámina para empaques con cubiertas rígidas y transparentes, pinturas industriales, moldes de piezas de ingeniería, etc.

3.3.6

Otros Plásticos

En esta clasificación se incluyen plásticos mezclados en forma de laminados, coextrusión de dos o más resinas y productos de difícil separación, así como algunos plásticos de ingeniería. Para la mezcla de plásticos existen tecnologías de reciclado para producir placas y barras que substituyen aplicaciones de madera, asbesto y hormigón.

3.4

Mercado

La cantidad de envases no cesa de aumentar en los tiraderos de basura bajo el efecto de nuevas formas de consumo. Han de ponerse en marcha una serie de actividades: Red de recolección, clasificación y separación de contaminantes, fabricación de materias primas regeneradas, y la creación de nuevos mercados de consumo.

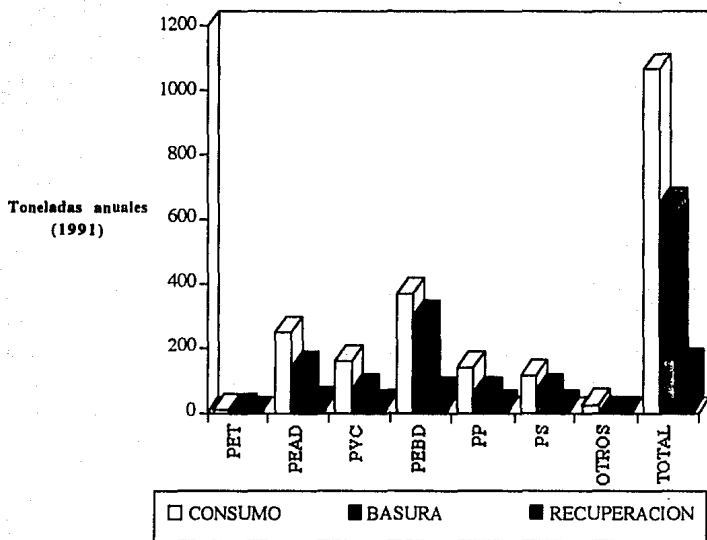
En México, el gran volumen de consumo de plásticos está en el sector de los envases, ocupando el 47% el cual tiene un periodo de vida útil muy corto, por eso es el que representa el mayor problema. La principal fuente de desechos plásticos son los hogares que aportan un 70%, seguido por las industrias con un 20% y las instituciones y comercios con el 10%, para un total de 650, 000 toneladas. Si el consumo total de plásticos es de 1,270,000 toneladas se deduce que el 51% se convierte en basura, quedando en vida útil, el 49% principalmente en sectores como el de la construcción, el eléctrico-electrónico, el mueblero y el automotriz; reciclándose únicamente 150,000 toneladas o sea el 12% del consumo total, teniendo como fuente principal de abastecimiento la misma industria que los transforma.

Los desperdicios plásticos están principalmente formados por PEBD, PEAD, PVC, PP, PS, y PET; siendo sus consumos en México, para el año de 1991 los siguientes:

Tabla 20. Consumo - Basura - Recuperación, en México (1991)

TIPO	CONSUMO	BASURA	RECUPERACION
PEBD	570,000	300,000	60,000
PEAD	250,000	140,000	30,000
PVC	160,000	70,000	20,000
PP	140,000	60,000	20,000
PS	115,000	70,000	20,000
PET	10,000	10,000	0
OTROS	25,000	200	50
TOTAL 1991	1'270,000	650,200	150,050

Relación Consumo-Basura-Recuperación por Tipo de Plástico



Gráfica 16.

3.4.1

Fuentes de Desechos

Son generadores de desechos plásticos, las industrias fabricantes y transformadoras así como el consumidor final.

Los desechos plásticos provienen de tres contribuciones distintas: los hogares, el comercio, y la industria.

3.4.1.1

Los Hogares

Suministran un desecho plástico bastante heterogéneo integrado en primer lugar por botellas y envases (bebidas, detergentes líquidos, shampoo, etc); luego por bolsas de compra, vasos y tazas para alimentos, juguetes, ganchos para ropa y artículos varios. Estos constituyen aproximadamente el 70% del total de desechos plásticos.

3.4.1.2

El Comercio e Instituciones

Los supermercados contribuyen con película termo-contráctil y extensible usada para mantener juntas las cajas de productos durante el transporte. Las tiendas de electrodomésticos, muebles y artículos electrónicos, proveen cantidades importantes en volumen de materiales expandidos (sobre todo poliestireno) usados para el embalaje de protección. Las tiendas de fruta y verdura y los mercados desechan especialmente cajones de PP y PEAD. Se estima que el comercio contribuye con el 10%.

3.4.1.3

Las Industrias

Además de la contribución de la misma industria transformadora, en particular la textil produce una cantidad importante de desechos plásticos derivados del empaque de las mercancías y materias primas (películas de PE, películas termocontráctiles y extensibles, sacos industriales). Se estima una contribución de desechos de la industria de aproximadamente 20%.

3.4.1.4

Otras Consideraciones

El mercado actual de los plásticos "usados" se basa principalmente en el tratamiento de los desechos industriales y comerciales; estas empresas como tales, generalmente siempre buscan la manera de reducir costos y obtener el máximo provecho de cualquier materia prima, incluyendo los desechos

plásticos. El tratamiento de los plásticos desechados por los hogares presenta una gran desventaja, debido a que se trata de plásticos comunes, mezclados entre sí y normalmente muy sucios. El reciclado en estos casos resulta especialmente difícil y costoso además de no poder conseguir las mejores características para los materiales de ahí obtenidos. Estas son las principales razones por las que existe una falta de interés por el reciclaje de este tipo de plásticos. El problema de estos desechos reside en la recolección, clasificación y costo que implica, reduciendo en algunas ocasiones o nulificándose las posibles ganancias. Debemos obtener respuestas que, además de solucionar el problema, produzcan beneficios económicos. El plástico puro ha sido reaprovechado desde hace tiempo en especial el procedente de los fabricantes.

No todos los plásticos son iguales: Sus composiciones químicas y su punto de fusión son diferentes, por ejemplo cuando un plástico alcanza la temperatura de fusión, otro ya se encuentra en estado líquido. Incluso, aún cuando el punto de fusión sea el mismo, algunos plásticos son tan inmiscibles como el agua y el aceite.

Una de las principales condiciones para poder reciclar plástico y aprovechar el contenido energético, hasta ahora desaprovechado, consiste en la " adecuada recolección de materiales ".

El reciclado de plásticos es un proceso dinámico que involucra una secuencia de pasos que son la esencia de su desarrollo. El flujo de materiales crea un sistema integrado que da forma y consistencia al mercado de reciclado. Este mercado desarrolla e impulsa negocios que transforman los desechos en formas o productos aceptables para los transformadores o consumidores. Los pasos básicos en el reciclado de plásticos son:

- 1.- Recolección.
- 2.- Selección por tipo de plástico.
- 3.- Recuperación.
- 4.- Transformación.
- 5.- Consumo.

Los mercados deben identificarse y desarrollarse. La pregunta sería: ¿Qué sucedería si todos los desechos plásticos fueran reciclados? Estos materiales invadirían el mercado pudiendo afectar la estructura cíclica de precios de ciertos polímeros, hasta que el precio de los materiales vírgenes resultara poco costeable. Esto resulta poco probable debido a que la lista de obstáculos que limita la viabilidad del reciclado como colorabilidad, continuidad de obtención, consistencia de los lotes, etc., parece ser muy grande .

El problema más difícil está en los hábitos mentales de muchos diseñadores e ingenieros que rechazan categóricamente el uso de reciclados en sus productos. Los criterios para la especificación de plásticos deben partir de: Si los materiales se encuentran dentro de los parámetros de rendimiento adecuados para la aplicación que se requiere, que sean o no materiales reciclados no tiene importancia. Los fabricantes de polímeros rutinariamente han reciclado sus desechos internos durante muchos años.

3.5

Oferta

De acuerdo con investigaciones de la industria en los Estados Unidos en el año de 1991 se recuperaron 70 millones de kg de contenedores de PET. Cerca de un 25% provino de los hogares. Las principales compañías están ingresando a la "Asociación Nacional para la Recuperación de Envases Plásticos" que dirige sus esfuerzos principalmente a la recuperación de PET, esperando así poder reciclar cerca del 50% de los contenedores de PET para 1992.

El poliéster obtenido de las botellas puede usarse para fabricar ,entre otros, accesorios para automóviles, manteles, materiales aislantes y para la construcción, por nombrar solo unas pocas de sus aplicaciones potenciales. Como un ejemplo, en doce botellas de dos litros hay suficiente material de poliéster para fabricar un par de pantalones. Además el poliéster reciclado resulta más barato que el material virgen.

PET se está volviendo un problema en México ya que de las 10,000 toneladas producidas en 1991 el total se encuentra actualmente en la basura.

La industria debe encontrar la manera de reciclar resinas específicas dirigiéndolas hacia mercados concretos.

El reciclaje de PEAD se ve como una oportunidad de gran volumen puesto que los contenedores de PEAD son fáciles de identificar por los consumidores y de recolectar por las comunidades. Las botellas opacas de uso doméstico, las usadas para envasar aceite de motor, detergentes, blanqueadores y productos químicos para la agricultura, son sólo algunos recursos potenciales para el reciclado de PEAD. También existe un gran potencial para el reuso de este material en bases para botellas de refresco, tubería para drenaje, madera plástica, recipientes o contenedores para basura, loderas automotrices, cajas de refresco, tarimas, etc.; en general, para usos donde el color no sea un aspecto crítico. Tal vez el uso final de más largo término para el PEAD reciclado, sea quedar como tubería para drenaje.

Actualmente, la principal barrera para el reciclaje de PEAD es lo inadecuado de los sistemas de recolección. La mejor solución sería poder separar poliolefinas² antes de que éstas entren a la corriente de desechos municipales.

3.6

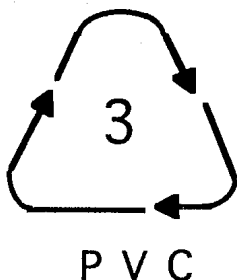
Sistema de Codificación para Envases Plásticos

Este es un sistema que ayuda a la identificación del tipo de plástico con que los envases, botellas, contenedores y recipientes fueron fabricados.

El sistema está basado en una simbología simple que permite identificar y separar los diferentes materiales durante los procesos de recolección y reciclaje. Dicho sistema se compone de tres flechas que forman un triángulo (símbolo universal de reciclaje), con un número en el centro y letras en la base. Este símbolo es simple y de fácil identificación. El número y las letras indican la resina usada en la fabricación del envase según se cita a continuación:

²Se entiende por poliolefinas a los polietilenos y polipropilenos.

- 1.- PET.
 - 2.-PEAD.
 - 3.-PVC.
 - 4.- PEBD.
 - 5.- PP.
 - 6.- PS.
 - 7.- Otros.
- Por ejemplo:



Según la geometría del producto el símbolo es colocado al fondo o lo más cerca de él, y el tamaño recomendado es de 2.54 cm. El código indica únicamente el tipo de resina con que fue fabricado el envase. Este sistema está siendo adoptado en los principales países del mundo.

3.7

Aspectos Sociopolíticos y Ambientales

Aunque estos aspectos ya se han tratado en otros capítulos y de manera general para los DSU, aquí presentamos sólo algunos comentarios a este respecto particularmente para los plásticos:

Existen presiones por parte de distintas agencias gubernamentales, grupos ecologistas y ciudadanos que se oponen al entierro de los desechos plásticos; si el problema no es solucionado pronto se verán afectados gravemente los fabricantes de resinas, transformadores y los usuarios finales.

Los desperdicios en la basura no sólo afectan por inducir la contaminación, sino también son una carga para la sociedad por el costo económico que representa. Desgraciadamente ha habido una mayor actividad sobre el reciclaje en la política y la publicidad que en las innovaciones tecnológicas al respecto. Es imperativo crear conciencia de que el cuidado del medio ambiente debe ser parte de la cultura mexicana.

Estudios recientes en Nueva York y Alemania muestran que más del 60% del material en los depósitos es considerado degradable. Las películas plásticas representan menos del 4%, por lo tanto, es difícil creer que el problema de los desechos sólidos se resolverá haciendo el plástico degradable. Se han impuesto legislaciones en Europa y los E.U.A. para el desarrollo de plásticos degradables lo cual ha propiciado la generación de tecnologías en base a la adición de sustancias al plástico que provoquen su desintegración. Esta solución no es la más adecuada, ya que en la mayoría de los casos en los envases de productos alimenticios podría provocarse contaminación a causa de una degradación prematura del plástico, además los plásticos degradables pueden detener el reciclado y el medio ambiente necesita soluciones más eficaces.

Se habla de la separación del cloro (únicamente contenido en el PVC) que se produce durante la incineración de plásticos; no puede tratarse a todos los tipos de resinas por igual, el mayor porcentaje de plásticos en depósitos es el que se utiliza en la fabricación de empaques, tal como el PE y el PS. Durante la combustión estos se consumen hasta producir bióxido de carbono y vapor de agua que son los productos más inocuos de la combustión.

El plástico es el más reciente insumo incorporado a la agricultura; el uso de plásticos permite la utilización de la tierra en forma prácticamente constante. Esto puede ayudarnos a lograr la autosuficiencia alimentaria así como generación de excedentes exportables.

A partir de plásticos mixtos reciclados han sido desarrolladas aplicaciones en Europa y Japón: Bloques plásticos llamados "madera plástica" son usados en el sector agrícola, marino y construcción de carreteras. Las estructuras de madera plástica disminuyen la tala de bosques.

La legislación mexicana acerca del reciclado se está fomentando e incluso forma parte de un planteamiento realizado por el Presidente de la República para responder y aprovechar la increíble cantidad de desperdicios generados por la sociedad mexicana.

El principal problema que obstaculiza en México el proyecto sobre la separación de vidrio, papel, metal y plástico, no es la falta de técnicas sino de

voluntades políticas que determinan el rompimiento de muchos caciques que operan dentro del grupo de los pepenadores.

3.8

Tecnologías Disponibles

Para el reciclaje de plásticos las tecnologías se dividen de acuerdo con las condiciones de los desperdicios principalmente en dos: Plásticos de la misma especie y mezclas de plásticos.

3.8.1

Plásticos de la misma Especie

Cuando el desperdicio sea un plástico de la misma especie y encontrándose lo más limpio posible, puede usarse con gran eficiencia el proceso de regenerado que comúnmente se aplica a los termoplásticos.

Para obtener mejores resultados es de suma importancia el manejo de desperdicios en la industria que los genera: Colocarlos en lugares especiales manteniéndolos limpios y clasificándolos por tipo de plástico y tamaño, así como evitar su contaminación con polvo. Cada plástico posee características propias como punto de fusión, fluidez, densidad y estructura química, factores que deben considerarse ya que al mezclarse presentan incompatibilidad y dificultad de reciclado.

Para el caso de plásticos provenientes de la recolección diferenciada se debe garantizar que también deben estar libres de contaminantes tales como aceites, detergentes y azúcar. Generalmente requieren de un proceso de lavado posterior a la molienda. El proceso de reciclado para estos casos consiste básicamente de molienda, lavado/separación, compactación, granulado y modificación con aditivos.

La molienda requiere de instalaciones y equipos especiales según la forma y el tipo de material.

La limpieza requiere de dos fases para su realización: En la primera se separa la suciedad poco adherida (tierra, piedra), después de la molienda por

un proceso en tinas de lavado y la fuertemente adherida (tinta, etiquetas, adhesivos) de forma manual antes de la trituración. La segunda fase de limpieza se lleva a cabo dentro del extrusor por medio de mallas intercambiables.

El compactado se aplica a películas, fibras y materiales espumados, con el fin de aumentar su densidad. El proceso incrementa la temperatura en base a cuchillas de alta velocidad causando aglomeración del material y proporcionándole cuerpo.

El proceso de granulado consiste en la extrusión con un dado con orificios de 2 mm aproximadamente por donde sale material fundido el cual es posteriormente cortado, pudiendo ser a la cabeza o cuando se forman tiras que se enfrían en tinas de agua y se cortan posteriormente

La modificación con aditivos se usa para restablecer o mejorar las propiedades de los plásticos reciclados. Con tales modificaciones los plásticos recuperados pueden estar en condiciones de competir en algunas aplicaciones de alta tecnología industrial.

3.8.2

Mezclas de Plásticos

En caso de mezclas que resulten de difícil y costosa separación física, estas pueden reciclarse para obtener barras, placas y diversos productos moldeados. El proceso consiste en las siguientes etapas.

1o.- Fragmentación de los desperdicios.

2o.- En caso de fracciones ligeras como películas, compactación alcanzando 8 mm de malla.

3o.- Prelavado de la mezcla si es que contiene contaminación de materia orgánica.

4o.- Mezcla, almacenamiento, secado, homogeneizado y adicionado de aditivos, todo esto en un silo perforado que rota continuamente para evitar apelmazamiento.

5o.- Separación magnética de metales en una tolva que alimenta al extrusor.

6o.- Extrusor hidráulico de alta velocidad que calienta la mezcla por fricción llevándola por compresión hacia los moldes.

7o.- El corto período de la residencia dentro de la máquina evita la degradación de la mezcla y la posibilidad que se liberen sustancias volátiles.

8o.- Diez o veinte moldes montados rotativamente se van llenando en forma sucesiva frente a la salida para posteriormente enfriarse en un baño de agua y finalmente retirar la pieza moldeada.

9o.- Las piezas recién desmoldeadas se continúan enfriando en estanques por un lapso de ocho a diez horas para alcanzar el enfriamiento del centro y la estabilización total del producto.

Recomendaciones: Debido a que algunos plásticos resultan ser incompatibles entre sí en estado fundido, se requiere clasificarlos previamente de manera que uno de ellos ocupe más del 50% en la mezcla y este es generalmente el polietileno. Debido a la inestabilidad térmica del PVC se pueden presentar problemas por desprendimiento de gases en el moldeo, por lo tanto se recomienda que los niveles de PVC no excedan el 10 % o bien agregar un estabilizador para altas temperaturas, con lo cual el sistema puede tolerar niveles de PVC hasta de 50%. El PET debe ser previamente granulado muy fino para que actúe como carga proporcionando tenacidad a la mezcla, no debe exceder el 20%. El PS proporciona características de tenacidad, sin embargo, los grados de "uso general" y "cristal" causan irregularidades en la superficie de las piezas moldeadas y el "expandible" tiene muy baja densidad para el proceso, el PS deberá limitarse al 10%.

Niveles de Inversión: Este sistema se originó en Japón, habiendo sido desarrollado por la empresa Mitsubishi. Posteriormente, Advanced Recycling Technologies desarrolló mejoras. Existen 20 empresas que explotan este proceso en Europa y Rusia, y una en Michigan. La unidad

completa tiene un costo de \$250,000 US y su producción es de 50 t/mes promedio.

3.8.3

Tecnologías Específicas

A continuación se describen brevemente los procesos productivos comunmente utilizados en el reciclado de plásticos.

3.8.3.1

Recuperación de Poliestireno

El proceso aquí descrito se refiere principalmente al poliestireno utilizado en empaques y utensilios para alimentos.

Tecnología de la Genpack Co., empresa productora de artículos de poliestireno para el servicio de alimentos. Esta tecnología ha sido introducida al mercado por la National Polystyrene Recycling Corp.

Descripción del proceso

- 1 Se colocan en un transportador de bolsas de desechos que contienen poliestireno, las cuales se rompen manual o automáticamente.
- 2 Los artículos no reciclables son removidos manualmente, a excepción de las servilletas de papel las cuales son removidas posteriormente.
- 3 Se transporta el desecho a un granulador modificado con boquillas para alta presión que pulverizan agua a 65° C con el objeto de lavar el plástico y matar las bacterias.
- 4 El material molido grueso cae por gravedad en una secadora centrífuga que bota el agua y los restos de alimentos (posteriormente el agua es filtrada y recirculada)
- 5 El poliestireno limpio y seco es granulado por segunda vez hasta obtener partículas más finas.
- 6 Las partículas se granulan en una extrusora con desfogue y filtro de malla y se empaca.

3.8.3.2

Reciclaje de Botellas de PET

La mayor parte de las mejoras en estas tecnologías caen en la categoría de secretos industriales.

La compañía St. Jude separa las botellas por color ya que el PET natural es más deseable que el verde o los colores mezclados. Su proceso también incluye un paso de lavado que disuelve el pegamento entre el "base cup" y la botella, así los dos componentes pueden molerse por separado. Estas instalaciones cuentan con un sistema automatizado para separar las tapas de aluminio, "base cups" y botellas de diferente color antes de granularse.

La Aidling Automation Corp. ofrece una máquina comercial que procesa botellas de plástico, las cuales deben venir completas, y automáticamente les quita el pegamento, la base y cualquier otra fracción que no sea PET.

En el caso de Envipco las botellas son granuladas en el momento de la recolección para disminuir los costos de transporte, por lo tanto el material así obtenido contiene una mezcla de los diferentes componentes de la botella.

Descripción del Proceso

- 1 Para separar esta mezcla se regranula a un tamaño adecuado al proceso (6.5 mm)
- 2 La mezcla es alimentada a un sistema ciclónico de clasificación por aire que remueve la mayor parte del papel y fragmentos de etiqueta.
- 3 Los fragmentos de botella y metal pesado se mandan a un tanque de lavado que contiene una mezcla de H₂O y solventes a 71°C donde se disuelve el adhesivo y cualquier residuo de fibras de etiqueta.
- 4 Sigue un ciclo de lavado y enjuagado que limpia los gránulos de PET, PEAD y Aluminio. (Toda el agua es filtrada y recirculada).
- 5 El polietileno de alta densidad es separado por gravedad de la mezcla de PEAD-aluminio-PET en una cámara de flotación. El PEAD flota mientras que el PET y el aluminio se depositan en el fondo.
- 6 Las fracciones resultantes de PEAD y PET-aluminio son centrifugadas y alimentadas a secadoras. El PEAD es envasado como producto final
- 7 La mezcla PET-aluminio pasa a un separador electrostático donde es centrifugada en un tambor metálico rotatorio y cargada al pasar bajo un electrodo de alto voltaje. Las partículas PET siendo pobres conductores retienen la carga adhiriéndose al tambor rotatorio, mientras que las partículas de aluminio rápidamente pierden la carga y caen a un colector. Con el tambor aún rotando el PET es sacado a otro colector para su empaque para su venta o almacenaje.

3.8.3.3

Tecnología para el Reciclado de Plásticos Mixtos

Los plásticos obtenidos a partir de los desechos urbanos contienen diversos polímeros mezclados, combinación que es inadecuada para la producción de gránulos.

La sociedad Suiza Tislan ha puesto en marcha un sistema para el reciclaje de desechos plásticos heterogéneos, distinto al sistema tradicional que transforma los desechos homogéneos en gránulos para la posterior producción de manufacturas. En el sistema tradicional se realiza un lavado del material, un extruido donde el material se funde y un granulado. Quien utiliza el gránulo debe calentarlo o fundirlo de nuevo, esto representa una pérdida de energía de 523.35 MJ/t. El costo energético es uno de los más elevados en el proceso de reciclaje.

En el sistema Tisland la masa caliente es transformada en productos terminados sin pasar por la granulación. El proceso comprende cuatro etapas:

- 1 Lavado
- 2 Densificación
- 3 Mezcla
- 4 Moldeo

Lavado.- Durante el lavado, el material entra a una banda transportadora con detector de metales, y a una cortadora sumergida en agua donde se elimina gran parte de tierra y suciedad, se desmenuza el material y posteriormente es transportado a los tanques de flotación donde es lavado y relimpiado. A continuación pasa a una centrífuga para su secado, soprándolo posteriormente en un silo con aire caliente, en donde se almacena.

Densificación.- El material almacenado en los silos alimenta a un densificador o compactador con dos rotores que calientan el plástico por fricción elevando la temperatura casi hasta su punto de fusión. De manera

automática se inyecta agua fría, la cual provoca la formación de partículas aglomeradas que son expulsadas y transportadas a la unidad de mezcla.

Mezcla.- El material es introducido en dos silos de mezcla, en donde, si es necesario, se agregan materiales de otra procedencia (generalmente de desechos industriales) y si se requiere en esta etapa son también agregados los colorantes. Se puede cambiar las formulaciones o colores en un silo mientras que la moldeadora es alimentada por el otro mezclador, sin interrumpir la producción.

Moldeo.- La moldeadora es del tipo de intrusión. Una extrusora plastifica y mezcla el material inyectándolo en un molde concéntrico con el husillo. En la zona más alejada del molde se encuentra un respirador; cuando el material comienza a salir, el molde esta lleno y un sensor cierra la extrusora abriendo una válvula de derivación en el circuito hidráulico del motor. El sistema provee 10 moldes sobre un carrusel que rota dentro de tanques de enfriamiento llenos de agua. Cuando un sensor indica que un molde está lleno un flujo de aire comprimido vacía el molde que está por entrar. Todo el proceso es automático y un solo operario puede manejar de 3 a 4 máquinas.

Posibilidades de expansión.- La planta se ha proyectado de modo que puede ser rápidamente expandida; En caso de incrementarse la demanda, la capacidad de las secciones de moldeo puede triplicarse. Los sistemas de lavado y densificación tienen una capacidad de 400 kg por hora; Si trabajan un turno proporcionarán material para tres turnos de las máquinas moldeadoras. Los sistemas de mezcla tienen capacidad de 2.6 toneladas, suficiente para alimentar a la moldeadora por 24 horas. Si se requiere aumentar la producción de 600 a 1,200 toneladas por año, basta añadir otra máquina de moldeo y un tercer silo, colocándolas de forma que cada moldeadora pueda ser alimentada por cualquier mezclador. Si dos extrusoras operan 24 horas al día se programan dos turnos para los sistemas de lavado y densificación. Una ampliación a 1800 toneladas por año conlleva la adición de una tercera moldeadora y la utilización de la planta 24 horas al día.

Entre los productos que pueden obtenerse destacan: Señales viales, contrafuertes de protección contra la erosión del mar, pasarelas de puentes,

corrales para aves y ganado, pavimentación de porquerizas, cajones para plantas en parques y muchos otros.

Las dimensiones máximas de las piezas que pueden obtenerse son 10 X10 X400 cm y la sección mínima para fines prácticos es de 2x2 cm. La cantidad de material obtenida es aproximadamente de 100 kg por hora.

Los consumos específicos de energía son los siguientes:

Procesos	kW / Kg
Lavado	0.3
Densificación	0.3
Mezclado	0.075
Moldeo	0.3

El consumo de agua es de 3 m³ por tonelada . Como el agua se recicla, 7.2 m³ son suficientes para un turno de producción (3.2 toneladas.). Se consumen en el moldeo 10.5 kW y 300 litros de hora de aire comprimido o por moldeador.

3.8.3.4

Tecnologías adicionales de Proceso

Hidrociclones.- Son separadores más eficientes que los de paletas y flotación y utilizan menos agua. Se usan comunmente en serie (de 4 a 6 para separar PET y PEAD). El hidrociclón Herbold es utilizado normalmente para películas, es un aparato cónico en el cual el material entra en forma de escamas por la parte superior junto con agua y gira hasta que el material se separa por densidad. El costo de los hidrociclones varía de 250,000 a 500,000 dólares.

Reciclaje de películas.- La planta piloto de la empresa Sprout Bayer para película delgada de PEAD y PP consta de un granulador del tipo de cuchillas

giratorias de corte en húmedo, pasando posteriormente a un equipo de lavado, a una secadora y a un molino de granza que lo forza por boquillas hasta volverlo un aglomerado denso de 5 mm de diámetro y de 6.5 mm de longitud. El material no está del todo fundido y en el interior del gránulo es menos denso. Al no fundir el material se evita su degradación, existiendo al mismo tiempo un ahorro energético al mantener el proceso a una temperatura menor. Este sistema completo tiene un costo de inversión de 500,000 dólares. El molino de granza de manera aislada cuesta 40,000 dólares.

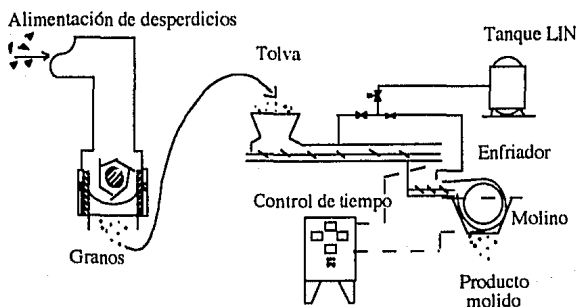
La extrusora ME- E70 de la FBM fabricada en Ferrara, Italia cuenta con capacidad para procesar 45.4 kg por hora de película. Consiste de un silo de agitación que dobla la película picada previamente dentro de un husillo alimentado a la fuerza antes de entrar a la extrusora; consta también de un cambiador manual de malla, un cortador de boquilla con faz caliente y baño de agua y una granceadora. Su costo es de 110,000 dólares.

Extrusora sin desfogue Aqua Munchy XL100.- La reducción del diámetro es de 180 mm en la entrada de la tolva a 100 mm en la salida, debido a esto desfoga las partículas volátiles de vuelta a la tolva. Su costo es de 260,000 dólares.

Molienda a bajas temperaturas (criogénica).- Su propósito principal es la obtención de polvos con un tamaño de partícula ideal para su granulado y una mejor incorporación de aditivos.

Emplea un compuesto refrigerante llamado "criogénico" el cual es un gas licuado que presenta una temperatura de ebullición inferior a -73°C , el de mayor uso es el nitrógeno líquido.

A continuación se presenta un esquema de este proceso:



Proceso de Molienda Criogénica

Figura 1

De acuerdo al tipo de material se requiere de diferentes cantidades de nitrógeno líquido y esto a su vez proporciona diferentes tamaños de partículas de acuerdo con la siguiente tabla.

Tabla 21. Consumos en el Proceso

Material	Consumo kg/kg N ₂ (l)	Consumo kg/kg CO ₂	Temperatura de fragilización °C	Tamaño de partícula (Número de Malla)
PEBD	2.5-3.5	.75-1.05	-56	80
PEAD	1	.3	-45	40
PP	1.2	.36	-51	40
PVC	.7	.21	-45	40
ABS	.5	.15	-65	20
PA	2	.6	-73	80
PC	1.5	.45	-101	40
PET	1	.3	-60	40

Análisis comparativo de la molienda a bajas temperaturas en relación con la molienda normal:

- El tamaño de las partículas obtenidas en la molienda criogénica es homogéneo aún con materiales diferentes, en cierta forma esto ayuda a compatibilizar diferentes polímeros.
- No existe calor que degrade al termoplástico en la molienda criogénica, permitiendo la obtención de una mayor calidad.

Planta para lavado y regeneración (Desperdicios de la industria y el comercio)

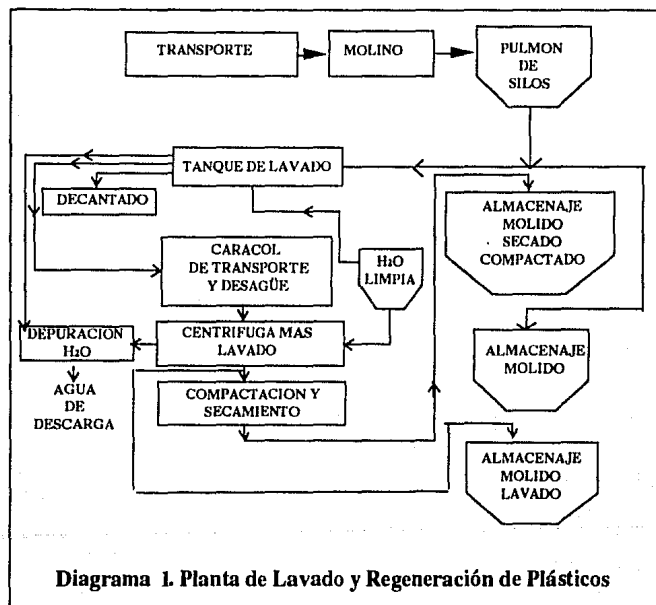


Diagrama 1. Planta de Lavado y Regeneración de Plásticos

El esquema anterior representa el proceso de lavado de la firma Lamaplast (Montemurlo, Florencia). El material proveniente de la industria y comercio, y está constituido principalmente por polietileno y es destinado a la producción de película soplada.

La estructura de la planta está constituida por tanques abiertos provistos de agitadores, los cuales están dispuestos en serie; facilitando las operaciones de lavado y mantenimiento.

Reciclado Térmico

Los distintos métodos químicos y físicos que actualmente existen para extraer los componentes originales de los residuos de plástico, aún resultan poco rentables.

Los materiales que actualmente no resultan viables de reciclarse pueden ser aprovechados como fuente de energía (Reciclado Térmico). Así al menos se aprovecha un material valioso, además debido al enorme aumento de la producción de basuras, esa solución es inevitable. Los plásticos contienen un valor de energía 46 MJ/kg de plástico, mayor incluso que la de un litro de gasóleo empleado en calefacción (42.7 MJ/kg) y mucho mayor que el carbón que contiene solamente 20 MJ/kg .

Los residuos plásticos aunque constituyen sólo el 7% de los desechos domésticos, suministran el 30% de la energía necesaria en una central de incineración.

La energía no se desaprovecha ya que casi todas las centrales incineradoras suministran vapor y energía eléctrica a través de instalaciones de cogeneración. Por ejemplo, en Frankfurt la incineradora de basuras suministra calor a 38,000 habitantes. Del mismo modo en Alemania a partir de la incineración de basuras se obtiene energía eléctrica para una ciudad de 300,000 habitantes.

Las escorias naturales de la incineración pueden usarse en la construcción de carreteras. En Alemania se incinera un 33% del volumen total de desperdicios, en Japón el 65%, en Suiza el 80% y en los E.U.A. solo el 8%. Sin embargo el principal obstáculo para la incineración es el temor a las bioxinas. Teóricamente la incineración es la solución menos problemática por ser la más inocua al medio ambiente. Además se debe aprovechar toda oportunidad para reutilizar los valiosos componentes de los plásticos.

Niveles de Inversión

A continuación se presenta la tabla 22 con información para estimar costos de inversión en líneas de plásticos reciclados de películas de PE y PP.

Tabla 22. Niveles de Inversión para Líneas de Reciclado de Películas de PE y PP

Tipo de maquinaria	Sikoplast	Arema	Sorema	Weiss	Fbm
Tecnología	Alemana	Austriaca	Alemana	Alemana	Italiana
Modelo	140/90/1	rgh 50	fr1000/160	wrl600	mcc 70
Capacidad (kg/h)	140	125-150	500-1000	150-300	120-150
Producción mensual (t)	70	75-125	250-500	75-150	75
Costo operación total (pesos /kg)	400	350	250	300	300
Costo Instalación (Millones de pesos)	600	720	4000	800	450

3.10

Manufacturas y sus Empleos a partir de Plásticos Mixtos Reciclados

Casi todos los objetos de madera o cemento pueden producirse con materiales plásticos reciclados con ciertas ventajas y desventajas.

Ventajas.-

- Resistencia a la intemperie, al ataque biológico y corrosión.
- Capacidad de absorber los golpes.
- Buena resistencia a la abrasión (que puede mejorarse con la adición de cargas).

3.9

Niveles de Inversión

A continuación se presenta la tabla 22 con información para estimar costos de inversión en líneas de plásticos reciclados de películas de PE y PP.

Tabla 22. Niveles de Inversión para Líneas de Reciclado de Películas de PE y PP

Tipo de maquinaria	Sikoplast	Arema	Sorema	Weiss	Fbm
Tecnología	Alemana	Austriaca	Alemana	Alemana	Italiana
Modelo	140/90/1	rgh 50	fr1000/160	wrl600	mcc 70
Capacidad (kg/h)	140	125-150	500-1000	150-300	120-150
Producción mensual (t)	70	75-125	250-500	75-150	75
Costo operación total (pesos /kg)	400	350	250	300	300
Costo Instalación (Millones de pesos)	600	720	4000	800	450

3.10

Manufacturas y sus Empleos a partir de Plásticos Mixtos Reciclados

Casi todos los objetos de madera o cemento pueden producirse con materiales plásticos reciclados con ciertas ventajas y desventajas.

Ventajas.-

- Resistencia a la intemperie, al ataque biológico y corrosión.
- Capacidad de absorber los golpes.
- Buena resistencia a la abrasión (que puede mejorarse con la adición de cargas).

Tabla 23. Aplicaciones Importantes de Resinas de Alto Volumen en Compuestos Reforzados

Resina	Tipo de Refuerzo	Aplicación	Resina Substituida
PP	Fibra de vidrio larga y corta	Carcasas para bombas, cubiertas para bandas automotrices, carcasas de purificadores de aire, partes automotrices, bañeras y cimientos en construcciones.	Nilón, poliéster, acetales, ABS.*
PS	Fibra de vidrio	Carcasas para computadoras, cubiertas de refrigeradores, bombas industriales y válvulas	ABS*, óxido de polifenileno.
PVC	Fibra de vidrio	Parrillas de acondicionadores de aire	ABS*, policarbonato
PEAD		Bandas transportadoras	Poliacetal

*ABS: Acrilonitrilo butadieno estireno

3.11.1

Productos con mayor valor agregado

El verdadero potencial de ganancia para recicladores de botellas de PET está en los productos con mayor valor agregado que pueden obtenerse con resina recuperada; con la adición de aditivos para hacerlos más procesables o agregándoles materiales de refuerzo que incrementen sus propiedades físicas o incluso produciendo extruidos o productos finales. En los E.U.A. compañías como MA Industries y MRC Polymers están introduciendo materiales a partir de estos compuestos que incluyen poliéster grado extrusión para aplicaciones en hojas, fibra, película o soplado; así como compuestos de poliéster para inyección que incluyen materiales cargados y reforzados para aplicaciones que requieran resistencia al impacto o fuerza a

altas temperaturas, resistencia química y durabilidad. También aleaciones de PET con otras resinas para usos específicos logrando esto a un costo más bajo que otros materiales competitivos. El PET reciclado puede también ser convertido químicamente en materia prima para la fabricación de resina poliéster no saturada o de polioles para la producción de resinas de poliuretano. Añadir operaciones como granulado, creación de compuestos, extrusión y moldeo no representaría problemas para el reciclador.

La empresa Trio Products de Cleveland está extruyendo láminas a partir de botellas de PET y termoformándolas en cartones transparentes para huevo. El PET proviene en este caso de los programas de recolección urbana en Pensilvania y Carolina del Norte. Además del atractivo del cartón transparente, el PET le brinda una mayor protección al producto.

3.11.2

Compatibilizadores

Los compatibilizadores son ingredientes que mantienen juntas las mezclas de polímeros "incompatibles". Son una de las tecnologías más mencionadas y menos comprendidas en el terreno de elaboración de mezclas. El velo que rodea esta área de la tecnología esta empezando a levantarse, abriendo al mismo tiempo una oportunidad para el reciclado al poder usar estos ingredientes y obtener un compuesto de calidad a partir de materiales mezclados, que anteriormente resultaba imposible o muy difícil utilizar, o bien sus aplicaciones eran muy limitadas. Los compatibilizadores en ocasiones son polímeros, aunque no siempre. El término se aplica a cualquier material empleado para unir dos polímeros, de otra forma incompatibles, en una mezcla estable mediante enlaces intermoleculares. Esto puede hacerse reactivamente o por medio de enlaces de hidrógeno basados en la polaridad de los materiales. El principal objetivo de la investigación sobre compatibilizadores es el de obtener mezclas que aprovechen y combinen las cualidades de diferentes materiales con objeto de obtener un compuesto de características superiores. No obstante el desarrollo en este campo nos está proporcionando al mismo tiempo medios para el mejoramiento de materiales reciclables.

Fuentes de la empresa Dupont nos hablan de un compatibilizador basado en un copolímero del propileno especialmente útil para reciclar desechos de empaques coextruidos. El Instituto de Procesamiento de Polímeros en el Instituto Stevens de Tecnología ha informado de un polipropileno modificado que ha probado efectividad para unir poliolefinas con PET. Y el centro para la Investigación de Polímeros de la Universidad de Texas ha utilizado exitosamente otro compatibilizador a base de polietileno para mezclar PE con PVC para aplicaciones de reciclaje de desechos. Este compatibilizador había sido usado inicialmente por la empresa DOW CHEMICAL para unir estirenos y poliolefinas en un proyecto de mejora de las propiedades mecánicas de algunos plásticos como el poliestireno.

3.11.3

Desarrollo de Nuevos Productos

Como un ejemplo para obtener un alto valor agregado para la resina de PET reciclada, tenemos los recientes desarrollos en termoplásticos de ingeniería de la empresa Allied-Signal de Morristown, New Jersey, con su nueva aleación de PET-Policarbonato (PC) con hasta el 80 % de resina reciclada que se está introduciendo al mercado bajo la marca "Impact". El aspecto más relevante de la aleación es el empleo de resinas recicladas como materia prima. La aleación incluye botellas de PET provenientes de la recolección municipal de basuras, PC virgen y reciclado, y agentes exclusivos para compatibilizar los polímeros. La Allied-Signal ha establecido una red de aprovisionamiento de la resina PET reciclada con municipalidades escogidas en los E.U.A. La empresa provee compactadores y compra las botellas a intervalos regulares. En el futuro, la Allied-Signal planea utilizar el PC reciclado post-industrial en la aleación.

El "Impact" se ofrecerá en calidades para moldeo, soplado, extrusión, y termoformado a un "precio ligeramente mayor" que las aleaciones PC - Poliéster de la competencia, pero ofrecerá ventajas mecánicas y de impacto bajo exposiciones continuas a temperaturas de hasta 180° C. Preservar las propiedades mecánicas bajo esfuerzos térmicos a través del tiempo será otra ventaja adicional. Las aplicaciones incluyen piezas automotrices

estructurales, componentes eléctricos-electrónicos, piezas para herramientas mecánicas y aparatos.

3.12

Tendencias y Pronósticos

3.12.1

Evolución y Tendencias de los Precios de las Resinas

Consideramos de gran importancia para este estudio un análisis sobre el comportamiento de los precios de las resinas termoplásticas en el mercado internacional.

Tabla 24.

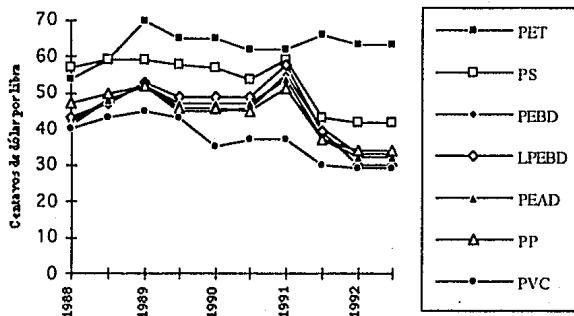
Precios de las Resinas Plásticas en el Mercado Internacional

(En centavos de dólar por libra)

	<i>PET</i>	<i>PS</i>	<i>PEBD</i>	<i>LPEBD</i>	<i>PEAD</i>	<i>PP</i>	<i>PVC</i>
Enc-88	54	57	42	43	41	47	40
Jul-88	59	59	48	47	48	50	43
Enc-89	70	59	52	53	52	52	45
Jul-89	65	58	45	49	47	46	43
Enc-90	65	57	45	49	47	46	35
Jul-90	62	54	46	49	47	45	37
Enc-91	62	59	55	58	54	51	37
Jul-91	66	43	40	39	37	37	30
Enc-92	63	42	33	30	32	34	29
Jul-92	63	42	33	30	32	34	29

Debido a que son productos derivados del petróleo es fácil comprender que el precio de los plásticos es directamente influenciado por el precio de este energético.

Precios Internacionales de Diversos Plásticos



Gráfica 17

En el presente análisis mostramos el comportamiento de los precios de las resinas vírgenes de consumo generalizado y su tendencia desde principios del año de 1988 a la fecha. Se puede observar para el año de 1991 una tendencia a la baja en los precios de las resinas con excepción del PET, éstas variaciones en algunos de los casos son mayores al 40%. Estas reducciones de precio superan ampliamente la tendencia promedio de disminución que se había observado a partir de 1989 hasta mediados de 1990. Dicho proceso se suspendió como consecuencia del conflicto de medio oriente cuando se produjeron aumentos que en promedio superaron el 13%. Este fenómeno lo han explicado algunas fuentes de la industria, como debido a la acumulación de inventarios realizada por los convertidores que se preparaban a resistir un conflicto de grandes proporciones. El efecto combinado de altos inventarios y una recesión de la economía norteamericana que llevó a una utilización limitada de dichos inventarios, forzó a que la tendencia prevaleciente antes del conflicto se restableciera en el año de 1991. Esta tendencia perdió su fuerza en 1992. Aparentemente, 1991 fue un año de reajuste a una tendencia que venía presentándose tiempo atrás.

Entre las resinas más afectadas por la baja de precio se encuentran los polietilenos. El reciclado del PEAD, es una industria que comienza a crecer en los Estados Unidos y que se provee de botellas de leche de un galón usadas. Al quedar los precios de este material reciclado a sólo unos centavos de diferencia del PEAD virgen la estabilidad de esta nueva industria se ha visto amenazada.

Los factores que propiciaron los cambios bruscos de los últimos años en su mayoría han sido compensados; sin embargo, sigue presente el factor de la recesión norteamericana que podría causar disminuciones en los precios para favorecer las exportaciones desde los EU. Por otro lado, si la recesión no es fuerte, los precios deben reflejar una situación de balance entre la demanda y la capacidad instalada de las plantas, la cual ya se está presentando. En la gráfica 17 podemos observar que el PET es la resina que menos movimientos bruscos presenta a la baja, así como la que presenta mayor precio. Estos aspectos deberían colocarla en una situación atractiva para los recicladores, además de ser un material con excelentes propiedades.

3.12.2

Pronósticos Internacionales del Plástico

A continuación se presentan las tendencias esperadas para el reciclado de plásticos y el consumo para el año 1990 y el año 2000, en miles de millones de toneladas.

	<i>Consumo de plásticos</i>	<i>Consumo reciclado</i>	<i>%</i>
1990	100	1.5	1.5
2000	141	6.5	4.6

Por otro lado, las tendencias del consumo de materiales plásticos reciclados en los E.U.A., en miles de toneladas, se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 25. Tendencia del Consumo de los Materiales Plásticos Reciclados

	1990	2000	%
Poliiolefinas*	450	1760	14.6
PVC	55	430	23.5
PET	75	330	16.0
Poliestirenos	60	315	18.0
Poliamidas**	30	55	10.0
Técnicos	7	90	9.0
Total	677	2,980	16.0

* Poliiolefinas = Polipropileno y polietilenos.

**Poliamidas= Nylon.

3.12.3

Tendencia de las Manufacturas Plásticas en México (MPC)³

Las manufacturas plásticas críticas son aquellas que en forma comparativa se acumulan en el ambiente más rápidamente y en mayor volúmen. El problema actual es distinto al que tendremos en el futuro debido a que en el año 2000 estas MPC no serán las mismas que en la actualidad como se puede observar en la siguiente tabla:

³Estudio de la empresa TEXENE, publicado en la revista Plasti-Noticias, oct. 1991

Tabla 26 .Tendencias de las Manufacturas Plásticas en México

MPC	Resina	Volumen 1991 Toneladas	Tendencia a 1996	Tendencia a 2000	% Partici- pación
Películas transparentes	PEBD	321,622	3.0%	3.5%	33.7
Artículos para el hogar	PEAD	80,647	3.5%	2.8%	8.1
Rafia	PP	34,383	5.9%	4.9%	7.1
Envases desechables	PS	43,613	6.7%	5.5%	5.6
Envases de gran capacidad	PEAD	41,657	4.4%	4.0%	4.5
Película Industrial	PEBD	37,091	8.8%	6.6%	5.4
Artículos para el hogar	PEBD	24,478	6.0%	2.8%	2.7
Película	PLBD	4,647	9.9%	7.2%	0.5
Botella	PVC	30,084	6.1%	6.6%	3.8
Cajas	PEAD	26,310	4.4%	4.0%	2.9
Película	PP	27,881	7.4%	5.9%	3.7
Rec. Interior envase	PEBD	21,326	8.5%	8.9%	3.4
Diversión	PEAD	20,148	8.0%	0.5%	2.1
Película flexible	PVC	17,983	7.9%	5.1%	2.4
Envases alimentos	PEAD	10,070	8.8%	4.5%	1.3
Botella	PET	9,206	7.8%	6.8%	1.3
Piezas inyectables	PP	28,248	6.0%	5.1%	3.4
Electrodomésticos	PS	17,481	5.3%	4.6%	2.0

Tendencias de los Materiales de Empaque

Ya se ha mencionado que el 47% del consumo de plástico es destinado al sector empaque, el cual elabora productos con una vida útil muy corta, por lo mismo crea el gran volumen de plásticos en la basura. Por consiguiente, se considera importante conocer hacia donde se dirigirá esta industria en la presente década.

Los empaques en la actualidad confrontan nuevos retos y oportunidades. Guiados por el avance tecnológico, siguen en busca de soluciones. Los desarrollos en estos materiales hacia el año 2000 seguirán siendo influenciados por las consideraciones ambientales. Muchas restricciones, "pactos" y medidas legislativas de distinta índole están siendo adoptadas en diversos países con el fin de reducir la creciente cantidad de desechos en los que los empaques constituyen una proporción significativa.

La mayoría de los programas en este ámbito contienen la secuencia de las "cuatro Rs" como formas de reducir el problema. Ellas son:

- Reducir el uso de recursos originales
- Reutilizar (por ejemplo, a través de sistemas retornables)
- Reciclar, cuando sea posible.
- Recuperar energía (por ejemplo, por medio de la incineración)

En los últimos años se han desarrollado botellas retornables en PET, PC, SAN y algunos polímeros de ingeniería. El reciclaje es realmente el principal tema con que se está entrando a la presente década. Se están presentando reacciones contra los empaques hechos de materiales mezclados ya que se sabe que dificultan y limitan el reciclado. Las acciones promovidas incluyen el uso de etiquetas plásticas (de composición semejante) en los envases plásticos.

Técnicamente, los plásticos tienen la capacidad de reemplazar casi a todos los materiales y esto se aplica desde luego a los empaques. Sus

principales limitaciones; Resistencia al cisallamiento, tolerancia a la temperatura, barrera a gases, se esta eliminando por la química de polímeros. Sin embargo, no obstante su versatilidad y obvias ventajas, los plásticos han sufrido la peor "prensa " en lo referente a asuntos ambientales; debido a su " no biodegradabilidad ", como si ello fuera en sí, algo malo. Esto aunado a la dificultad para identificar los tipos de plásticos complica su reciclaje.

El reciclaje puede ser de beneficio, ambiental y económico, de modo que los esfuerzos para estimularlo deben continuar. Los desarrollos fluyen continuamente hacia polímeros, y copolímeros completamente nuevos, poliolefinas básicas con calidades mejoradas, plásticos de ingeniería que encuentren aplicaciones en empaques retornables.

A menos que se apruebe la legislación Draconiana en la comunidad europea y mucho más importante, que sea fortalecida y obedecida, el patrón actual de empaque no cambiará radicalmente. Los nuevos desarrollos tecnológicos provocarán que otros se tornen obsoletos. Seguirán desarrollándose nuevas forms de empaque y con una mejor educación e información de los consumidores se lograrán niveles de reciclaje más altos. Esto se presentará en mayores proporciones cuando aparezcan grandes cantidades de materiales fácilmente identificables. Todo ello estará liderado por los materiales intrínsecamente más valiosos como el PET.

El valor agregado puede lograrse a partir de una sofisticación y una nueva industria de reciclado puede constituirse sobre bases técnicas y de mercado.

El Reciclaje de Metales

4.1

Los Metales en el DSU en los E.U.A.

Los reportes de la agencia para la protección del medio ambiente (EPA) revelan estadísticas sobre la participación de los metales en los desechos sólidos urbanos, en los que se se espera que el volumen de metales aumente a un ritmo de 6% anual durante los próximos 5 años, aunque su participación en el total se vea disminuída.

En este periodo se espera un crecimiento importante en la cantidad retirada de la basura para ser reciclada, estimándose que para 1995 los metales llegarán a tener una participación de entre el 20% y el 29% del total de los materiales a reciclar, sin incluir los desechos industriales.

El volumen de metales en el DSU alcanzó los 15.3 millones de toneladas en 1988 de un total generado en los EUA de 179.6 millones de toneladas, habiéndose incrementado partiendo de 10.5 millones de toneladas en 1960 (siendo este el primer año en el que se obtuvieron estadísticas).

El pronóstico de la EPA para la generación total de DSU se estima en casi 200 millones de toneladas para el año 1995, con una participación de desechos metálicos de 16.2 millones de toneladas.

Un cambio notable ha ocurrido en los hábitos de los consumidores norteamericanos en el transcurso de las últimas décadas, en las que ha

cambiado de manera importante la proporción en la que participan el aluminio y el acero en el empaque de los productos que consumen.

En 1960, los DSU alcanzaron un total de 87.8 millones de toneladas, de las que los envases de acero para bebidas llegaron a 0.6 millones de toneladas, participando con un 0.7% del total, y aproximadamente un 8% del contenido metálico; mientras que las latas de aluminio totalizaron 0.1 millones de toneladas, o sea el 0.1% del total y apenas sobre el 2% del total de los metales.

En 1988, la cantidad de aluminio se incrementó alcanzando los 1.4 millones de toneladas, aproximadamente 0.8% del total del DSU (179.6 millones de toneladas), con una participación cercana al 30% del total de los metales generados. En contraste, los envases de acero se redujeron a los niveles de los de aluminio en 1960 o sea 0.1 millones de toneladas, con una participación del 0.1% del total del DSU y menos del 22% del total de los metales. Se espera que para 1995 los envases de aluminio alcancen los 1.8 millones de toneladas, mientras que los de acero se mantengan en los 0.1 millones.

Las latas de alimentos representan una porción mayor del DSU cuya participación también ha declinado de los 3.8 millones de toneladas en 1960 a 2.5 millones de toneladas en 1988 y se espera continúe decreciendo hasta los 2.2 millones en 1995.

La participación de los metales en el DSU se ha reducido del 12% en 1960, al 8.5% en 1988, aunque su cantidad se incrementó en un 50% en el periodo, con un incremento en la recuperación de este recurso que pasó del 1% en 1960, al 14.6% en 1988.

Tabla 27. Cifras relativas a la participación de los metales en el DSU, en millones de toneladas.

Año	1960	1988	1995
Peso total del DSU	87.8	179.6	200
Peso total de los metales en el DSU	10.5	15.3	16.2
Participación de los metales en el DSU	12%	8.50%	8.00%
Envases para bebidas de aluminio	0.1	1.4	1.8
Envases para bebidas de acero	0.6	0.1	0.1
Envase de alimentos enlatados de acero	3.8	2.5	2.2
Total recuperado	6.70%	13.10%	N/A
Cantidad recuperada de metales	0.9	2.2	3.3
Porcentaje recuperado de metales	1%	14.60%	20.50%

Las expectativas de la EPA para 1995 sitúan la recuperación de los metales ferrosos entre un 12.8% y un 20.5%, con cifras que llegan hasta el 55% en el caso de residuos de latería, mientras que los residuos de aluminio podrían alcanzar niveles de recuperación de entre el 50% y el 64% con casos excepcionales como el de los envases de refresco que podrían llegar al 75%.

4.2

El Reciclaje de Aluminio en México*

4.2.1

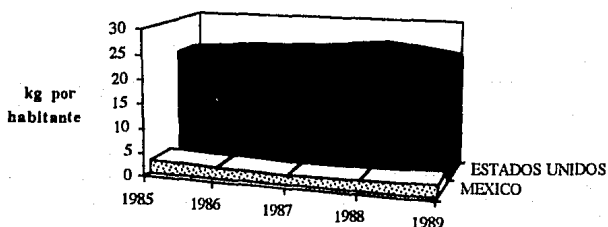
Consumo

México no es un gran consumidor de aluminio en relación con países como los E.U.A., cuyo consumo por habitante es aproximadamente 16 veces mayor al de México. La industria mexicana del aluminio virgen, dispone también de una plataforma de elaboración mucho menor, ya que se cuenta

* Datos del estudio elaborado por Booz Allen.

con una sola planta productora, mientras que en los Estados Unidos se tienen 31 plantas productoras de mayor capacidad.

CONSUMO POR HABITANTE DE ALUMINIO



Gráfica 18

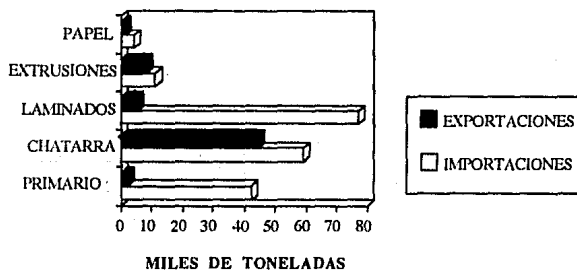
4.2.2

Balanza Comercial

El saldo de la balanza comercial en lo que se refiere a este producto es muy deficitaria para México, teniendo el aluminio de importación una participación mayoritaria en el mercado mexicano, observándose una tendencia en los últimos dos años a continuar perdiendo participación tanto en lámina como en productos semielaborados.

BALANZA COMERCIAL MEXICANA

ALUMINIO 1989



Gráfica 19

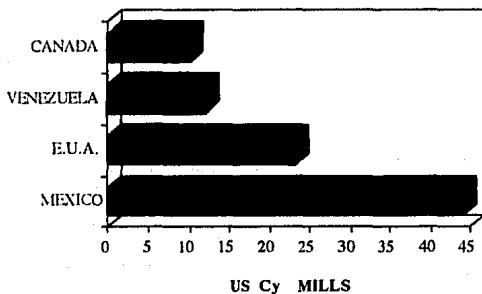
4.2.3

Costos de la Energía Eléctrica

La razón aparente del estancamiento de la industria del aluminio en México, es su falta de competitividad, debido a lo elevado que resulta el costo de producción, en el cual la participación de la energía eléctrica tiene un papel preponderante. Un ejemplo más específico es el de ALUMSA, cuyo consumo de energía eléctrica por kilogramo de material es de 16.30 kWh/kg de aluminio, que obtiene a un precio 88.04% mayor que el de los E.U.A , 265% mayor que Venezuela y 341% mayor que Canadá.

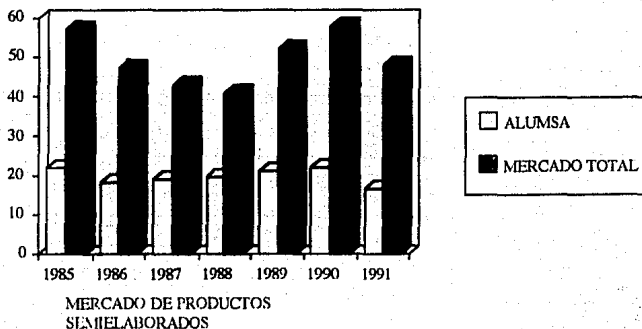
COSTO DE LA ENERGIA ELECTRICA

COMPARATIVO A 1991



Gráfica 20

PARTICIPACION DEL GRUPO ALUMINIO



Gráfica 21

Las políticas actuales favorecen una visión global de la economía y éstas a su vez promueven un mayor grado de especialización nacional, propiciando mayores niveles de eficiencia conjunta; la respuesta de México a esta situación ha sido reducción de la protección arancelaria del 20% al 10% en 1987, y la eliminación de restricciones por cuotas a partir de enero de 1989. El resultado de lo anterior deberá traer consigo material y productos de aluminio a precios más accesibles y probablemente en el futuro los mexicanos tomarán más en cuenta este metal en el diseño de los productos manufacturados.

4.2.4

Conclusiones

La industria del aluminio de los E.U.A. es 49 veces mayor a la Mexicana. En México, la producción primaria llega a las 70,000 toneladas métricas, mientras que EUA y Canadá producen casi 5,400,000 toneladas métricas a un costo inferior, que anteriormente no nos beneficiaba por lo elevado del arancel y lo complejo que era el comercio internacional, circunstancia que influye en los hábitos del consumidor nacional.

De acuerdo con un estudio realizado por INEDAL y Booz Allen los residuos de aluminio se recolectan, aunque se reciclen en el extranjero. En 1989 se exportaron más de 40,000 toneladas de chatarra y paradójicamente en el mismo período se importaron 60,000 toneladas del mismo material.

El Reciclado en la Industria del Mueble de Madera

5.1

Estructura de la Industria

El censo industrial de 1989 revela que existían quince mil novecientos cincuenta y un establecimientos productivos, de los cuales más de catorce mil son pequeños talleres con menos de diez personas como personal ocupado total, con el contraste de que solamente cuarenta y ocho establecimientos cuentan con más de doscientos cincuenta empleados. El mismo censo rebela que trece mil de esos establecimientos produjeron menos de ciento veinticinco millones de pesos anuales (de 1989), mientras que sólo quinientos tuvieron producciones superiores a los mil doscientos cincuenta millones de pesos anuales. Así mismo, se observa que esas quinientas empresas consumieron el 66% de los insumos totales, mientras el resto se consume de forma muy atomizada entre las otras quince mil cuatrocientos cincuenta y un empresas.

Para facilitar el análisis de esta industria, se ha clasificado en función de su producto primordial, de la siguiente manera :

Industria mediana y grande:

- Fabricantes de gabinete económico lineal .
- Fabricantes de mueble económico de madera maciza
- Fabricantes de mueble de oficina
- Fabricantes de cocinas de madera

Industria pequeña y micro :

- Fabricantes de sillería
- Fabricantes de carpintería de obra (contratistas)
- Fabricantes de mueble de ebanistería
 - talleres de ebanistería
 - talleres de carpintería

5.2

Materiales Reciclables

Los materiales a reciclar se pueden clasificar en dos grandes clases que son los sobrantes de madera maciza y los sobrantes de tableros diversos, también se produce desperdicio en forma de viruta.

La industria mediana y grande consume en una proporción mayor tableros aglomerados y triplays mientras que la micro y pequeña consumen mayores volúmenes de madera maciza de varias especies.

5.3

Tendencias

La tendencia en las plantas grandes es a modernizarse, lo que les permite aprovechar integralmente sus materiales evitando el desperdicio, un ejemplo de esto es la utilización del “finger joint” que permite ensamblar las duelas de madera por su parte frontal, sustituyendo componentes que anteriormente se tenían que fabricar de una sola pieza con grandes desperdicios de material, esto se utiliza por ejemplo en la fabricación industrial de puertas de persiana.

Los materiales con mayor potencial de ser reutilizados son los que resultan de la madera maciza, teniendo estos el inconveniente de obtenerse de fuentes muy dispersas, y con la particularidad de ser muy irregulares lo que dificulta el diseño de las piezas que integrarían los nuevos productos a fabricar, cuando se pretenda aprovechar la apariencia natural de la madera.

Otra posibilidad consiste en triturar convirtiendo estos desechos en astillas con lo que se pueden producir tableros aglomerados, con una gran inversión y normalmente con una gran capacidad instalada que termina por preferir obtener sus insumos de material virgen de bajo precio, que consigue de una forma regular y que además mejora la calidad del producto al lograr mayor uniformidad, permitiendo alargar la vida de la herramienta de corte de los fabricantes que lo consumen.

Otra posibilidad de aprovechamiento de los desechos es la incineración, para la generación de energía eléctrica, generación de vapor, o como combustible para otras industrias, para lo cual ya se ha desarrollado tecnología que permite aprovechar de manera ecológica y con alto nivel de eficiencia el poder calorífico de este material y con la ventaja de evitar que se incinere irresponsablemente en destinos sin la tecnología adecuada, como lo es la fabricación rústica de ladrillos y otras similares.

Otra ventaja de la incineración radica en que al triturar indiscriminadamente el material nadie fuera de la planta se beneficia con el desperdicio, lo que facilita los controles de seguridad interna de la planta, esto además evita que se tengan islas en la planta con materiales a aprovechar que nunca se utilizan y que sí entorpecen la operación y que no favorecen la calidad.

En el extranjero las grandes plantas incineran sus desperdicios, con ventajas muy particulares ya que por su clima requieren controlar la temperatura y la humedad de sus naves, además el costo de la mano de obra en los grandes países muebleros es cuatro o cinco veces mayor al que pagamos en México, y principalmente su filosofía de diseño y de producción esta mucho más orientada a no producir desechos recuperables.

Otra tendencia que existe en los países desarrollados es la de sustituir a la madera maciza por un material a base de fibra de madera de media densidad, que se maquina y finalmente se chapea con prensas de membrana con laminados plásticos o con chapas de madera, obteniendo mucho mayor eficiencia de proceso y mucho mayor productividad en la utilización de sus materiales.

Capítulo 6

Reciclaje de Llantas

Una de las oportunidades concretas de inversión utilizando materiales reciclables es el reciclaje de las llantas.

6.1

Antecedentes Ambientales

En los últimos años la identificación de problemas ambientales, y la búsqueda de soluciones económicamente viables se ha convertido, en buena medida, en una manera de vivir en las naciones industrializadas. Reducir, reutilizar y reciclar se han convertido, como ya hemos visto en guías críticas para los consumidores, el gobierno y la comunidad de negocios.

Los consumidores en mayores números están en búsqueda de productos y fabricantes que sean “amigables ambientalmente”, o “verdes”; con la comunidad de negocios trabajando para capitalizar las oportunidades que se han identificado. Wal-Mart, la empresa líder en los Estados Unidos en ventas al menudeo, ha tomado una posición proactiva con todos sus proveedores, indicando su deseo de hacer negocio con aquellos que utilizan materiales reciclados en sus productos y con aquellos que reducen o eliminan empaques que hacen basura.

Los consejos de administración toman ahora decisiones basados en consideraciones ambientales, los gobiernos están buscando activamente, y en

algunos casos a través de asistencia financiera, respuestas positivas de la comunidad empresarial.

Las industrias como el plástico han comenzado a establecer estándares pa: el uso de materiales reciclados. En los Estados Unidos algunos cuerpos del gobierno están incluyendo ahora esta meta como parte de su proceso de licitación, y muchos están formulando la legislación para asegurar que se adopte en su jurisdicción.

Mucho se está haciendo, y mucho más se necesita hacer para corregir aquello que ha sucedido antes de nosotros y lo que está sucediendo. Se ha comprobado que algunos problemas tienen una fácil solución, mientras que otros continúan frustrando a aquellos que buscan soluciones.

Las llantas usadas son un ejemplo de este tipo de problema que a la fecha ha eludido a aquellos que buscan una solución de largo plazo. Por ejemplo, cada año en el estado de Ontario en Canadá, se generan de siete a ocho millones de llantas usadas. Del 60% al 70% terminan en tiraderos de basura o de llantas. Algunas se venden como llantas usadas y menos de setecientos mil al año son recicladas en materias primas para aplicaciones limitadas.

La magnitud del problema es aún más agudo en los Estado Unidos. Los tiraderos urbanos se están saturando, ocasionando que muchos de ellos prohíban llantas usadas. Los tiraderos de llantas no son la solución, como lo demostró tan dramáticamente el incendio de Hagersville, Ontario, en donde se quemaron trece millones de llantas aproximadamente. Aún no conocemos el impacto al ambiente de éste y otros eventos trágicos.

Los plásticos representan un problema similar, aunque no son tan fácilmente identificables como el tema de las llantas. Las llantas son de la misma forma y color, por lo tanto es más fácil identificar visualmente el problema. Los plásticos en cambio, vienen en todo tipo de tamaños, formas, colores, tipos y usos; y se venden en una gran diversidad de maneras.

Las empresas e individuos están trabajando en muchas diferentes respuestas a estas dos muy significativas preocupaciones. Los gobiernos, están también muy activos trabajando en el diseño de legislaciones y apoyos

financieros, diseñados para incentivar a la comunidad empresarial a encontrar soluciones reales, no sólo guardar el material desechado de otra manera.

Existe ya la tecnología que es capaz de proveer las respuestas a ambas preocupaciones de una manera redituable y con conciencia ecológica.

6.2

Tecnología de Proceso

La tecnología de "cross-compounding" mezcla cantidades de llantas usadas (rubber crumb) con cantidades equivalentes de plástico usado (gránulos) para formar una familia de compuestos dentro de los cuales se analizará uno de ellos al que llamaremos Plastillanta, el cual se usa con o sin plástico virgen (dependiendo de la aplicación) en el moldeado de productos plásticos. Los productos moldeados con Plastillanta son a su vez reciclables.

Los esfuerzos de investigación y desarrollo comenzaron en Canadá a principios de 1990. Un pequeño equipo de químicos dedicados y técnicos, con recursos limitados, trabajaron diligentemente, probando cada fórmula conforme progresaban. En 1991, buscaron asistencia de sus colegas norteamericanos y más tarde formaron una alianza estratégica con la empresa Colonial Rubber, el "compounder" independiente más grande de Norteamérica de hule y plástico. El proceso ha sido llevado ya a un punto donde es reproducible de manera consistente, con una calidad comercial, y a una escala completa de producción. Esta nueva tecnología se encuentra en el status de lista.

El compuesto de Plastillanta puede ser utilizado por moldeadores de plásticos, o en combinación con materiales vírgenes, como un medio para producir materias primas y para cumplir con los estándares impuestos para los materiales reciclables. Este nuevo compuesto puede ser moldeado en varios tipos de operaciones, como soplado, inyección y extrusión.

Las pruebas para sus aplicaciones están en proceso de estudio con varias compañías; ya sea moldeadores, fabricantes de compuestos y usuarios, en Canadá y en los Estados Unidos.

Algunas de las compañías involucradas, directamente o a través de proveedores, en este programa de prueba son : A-1, American Airlines, BFI, Chevron, Colonial Rubber, Ford Motors, Himont Plastics, McDonalds (su flota de camiones), Penda, Rotonics, Rubbermaid and Wallmart.

Los resultados de las pruebas que se han completado confirman que Plastillanta puede ser coloreado con estándar 20:1 y es compatible con moldes existentes, dados y especificaciones de producción. En algunos casos las temperaturas de proceso son menores, acortando el ciclo de producción.

Muchas de las aplicaciones están demostrando características de alta calidad en el producto. La resistencia al clima frío ha mejorado, junto con su fuerza tensil, y las propiedades antiderrapantes. Las indicaciones preliminares demuestran que puede también ser adaptado a aplicaciones que retardan el fuego. Plastillanta ofrece un potencial comercial a través de un amplio rango de productos e industrias. Es un producto que no depende de un solo producto o industria.

6.3

Potencial de Mercado

Plastillanta puede ser dirigido a usuarios de termoplásticos, en particular aquellos donde Plastillanta puede agregar valor.

Los datos obtenidos del Canadian Plastics Institute, para el año de 1990 (tabla 28), muestran el consumo para Canadá y los Estados Unidos para cuatro materiales termoplásticos, a los cuales se han agregado los datos de México.

Existen algunas aplicaciones para las cuales Plastillanta no se adapta, tales como contenedores de comida, película de plástico y empaques. También, en la mayoría de los productos Plastillanta está diseñado para ser mezclado con otros materiales. Ajustándose a estas consideraciones los resultados son como siguen:

Asumiendo una mezcla de 1:3 y sólo un mercado meta de 25%, Canadá tiene un potencial de 119 millones de kg, el potencial americano es de aproximadamente 908 millones de kilogramos. Aún si el mercado fuera de

sólo la mitad de tamaño, estaríamos hablando de aproximadamente medio millón de kilogramos, el potencial internacional podría representar varias veces estos números.

Tabla 28. Consumos de Algunos Plásticos en Canadá, Estados Unidos y México.

Tipo de plástico	Canadá	USA	México	Total
Poliétileno de alta densidad	866	3505	235	9606
Poliétileno de baja densidad	2754	11876	550	15180
Polipropileno	577	8132	131	8840
LLDPE	nd	4658	nd	4658
Total en millones de lbs.	4197	33174	911	38284

6.4

El Plan de Negocio

Se ha alcanzado la etapa de despegue en el desarrollo y pruebas donde Plastillanta puede ser comercialmente fabricado de una manera altamente rentable. El plan de negocio se ha armado con la finalidad de lograr esta recompensa.

El plan táctico, incluiría el involucramiento en la recolección de llantas, deshacer, moler, y elaborar el compuesto, como medio para ejercer mayor control sobre las fuentes y el costo de las materias primas; el procedimiento se describe a continuación:

Diagrama 2.

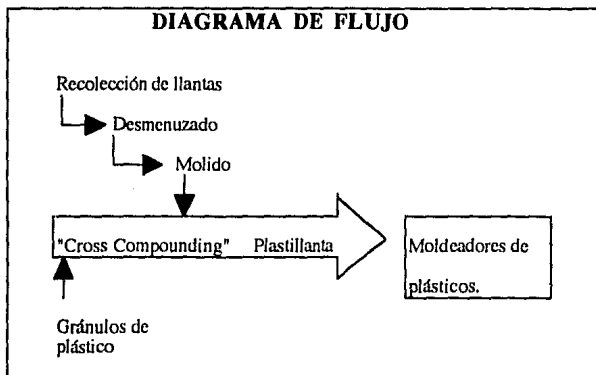


Tabla 29. Resumen Financiero

	Año 1	Año 2	Año 3
Producción (en millones de kg)	7.03	26.25	33.37
Ventas (Millones de dólares)	7.1	26.3	37.8
UAIT (Millones de dólares)	-0.6	4.2	8.9
Número de empleados	80	86	91
Inversiones en planta y equipo (Millones de dólares)	2.6	1.9	0.2

6.4.1

Precios de Venta

Se pretendería utilizar un posicionamiento de "valor agregado" para Plastillanta, teniendo una política de precio solamente una fracción por

debajo de los precios de las materias primas vírgenes. Esta es una estrategia realista, dados los beneficios que Plastillanta es capaz de ofrecer, tales como: Posibilidad de utilizar el mismo equipo, propiedades iguales o mejores a las materias primas vírgenes para muchas aplicaciones, provee a muchos moldeadores con una salida efectiva para sus desechos y materiales reciclables.

La siguiente tabla muestra los precios actuales para cuatro principales tipos de plásticos, todos pueden ser mercados meta para Plastillanta.

Tabla 30. Precios de cuatro principales tipos de plásticos

TIPO DE PLASTICO	PRECIO ACTUAL (USD)
Policetileno de alta densidad	.....\$ .38 /lb.
Policetileno de baja densidad	.....\$ .38 /lb.
Polipropileno	.....\$ .42 /lb.
Policetileno lineal de baja densidad	.....\$ .39 /lb.
Los grandes compradores pueden comprar a precios 5 ó 10 % menores	

Los precios actuales se encuentran a niveles bajos, en una industria que sigue de cerca los precios del petróleo debido a su alto contenido. Si se toma esto en cuenta en la evaluación financiera se puede considerar como conservadora.

6.4.2

Supuestos de Costos y Márgenes

Los vendedores de llantas y los tiraderos municipales pagan de 100 a 200 dólares por tonelada para que se les recojan las llantas. La congestión en los tiraderos, la legislación restrictiva y la prohibición de tiraderos de llantas están empujando para que las tarifas para recoger las llantas suban. Cada

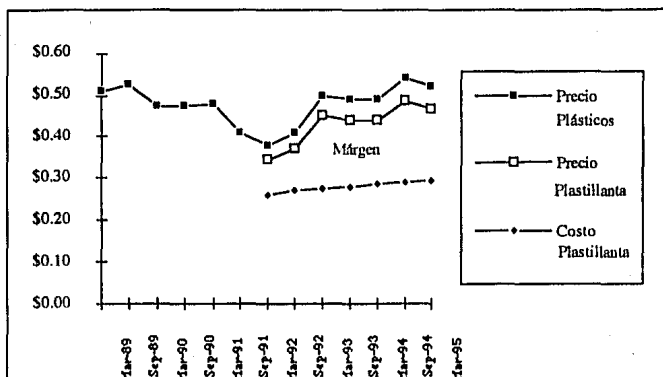
tonelada de llantas contiene en promedio 100 llantas cada una, pesando aproximadamente 61 kg de "rubber crumb", 2 kg de desecho de metal y 1.13 kg. de tela de desecho, y material. Ambos, el metal y la tela tienen un valor vendidos como desecho.

Los datos muestran que se puede producir una libra de Plastillanta a un costo promedio de 0.22 dólares, siendo pagados 0.77 dólares por cada llanta recogida. Con un promedio de precio de venta de 0.16 dólares por kg, esto da un margen de 39% sobre ventas.

Tabla 31. Costeo de Plastillanta

Costo por libra de "rubber crumb" desde la recolección al molido	.....\$	.095
Costo de una libra de desecho plástico	.....\$	.210
Costo de compounding (2 lbs.)	.....\$	.230
Costo de dos libras	.....\$	.535
Costo de una libra	.....\$	.268
Menos valor de recolección de las llantas	.....\$	<u>.045</u>
Plastillanta	.....\$	.22/lb.

Colocar el precio de Plastillanta contra el de plástico virgen también daría a la empresa una ventaja natural, debido al bajo costo del hule contenido en el producto. La gráfica siguiente muestra el descuento disponible para atraer clientes de volúmen o, en el mejor escenario, el incremento marginal disponible para la empresa, conforme los plásticos se muevan afuera de los precios actuales.



Gráfica 22

6.4.3

Estrategia Comercial

Plastillanta representa un juego de comercialización único. Los materiales utilizados para producir Plastillanta: "chatarra de hule" y plástico son un gran bagaje ecológico. Plastillanta reduce estas preocupaciones proveyendo un canal comercial "verde" y sólido para el material. En adición, Plastillanta permite a las compañías manufacturar sus productos con un 25 % post consumidor, un estándar que muchos fabricantes están tratando de lograr; los productos manufacturados con Plastillanta son en sí reciclables.

Plastillanta tendrá un precio menor al costo de los materiales vírgenes, por lo tanto ahorrando dinero al consumidor, más en algunos casos, el uso de Plastillanta resalta las características del producto, añadiendo más valor al comprador. En donde sea posible, se pueden buscar estas relaciones con "prima", donde Plastillanta será vista por el comprador como algo más que un sustituto de bajo costo de un material virgen; trabajando con moldeadores y usuarios finales, se podrá identificar una gran variedad de productos.

Algunos usos probados hoy en día incluyen contenedores de basura residenciales, tambos comerciales, botellas, tapetes, tarimas, llantas, lonas para cajas de camión y trailers.

En soporte a esta estrategia de "valor agregado" se podría establecer una división de servicios técnicos para guiar la continua investigación y desarrollo. El propósito de este centro de utilidades será explorar alternativas para expandir el uso de la familia de productos, y para trabajar con los clientes resolviendo sus problemas de hule y plástico.

Las ventajas de dicho centro son varias, ya que el "uso expandido" significa incremento de ventas y utilidades. Trabajando con los clientes para resolver sus problemas y agregar valor a sus productos, se podrá minimizar las presiones sobre el precio y desarrollar relaciones de largo plazo con los clientes, las cuales serán para ellos difíciles de abandonar.

La promoción de la marca es otro medio que puede ser adoptada para soportar la estrategia de mercadeo. Se impulsaría el etiquetado de la marca Plastillanta en todos los productos moldeados con el compuesto.

Esto apoyará una barrera de entrada de largo plazo. Se pretende que la marca Plastillanta se convierta en sinónimo de "amigable ambientalmente" y productos aprobados "verdes". Todos en la cadena podrán apalancarse con la marca, colocando a la empresa en una posición comercial favorable; un posicionamiento fuerte de marca también servirá para limitar las amenazas de la competencia.

Una campaña de relaciones públicas bien detallada y ejecutada desde el comienzo de la producción comercial jugará un papel significativo para establecer las estrategias de ventas y comercialización para el negocio. Los beneficios al ambiente son tan significativos, que Plastillanta puede convertirse en el punto de referencia para los consumidores, para tanto la industria del hule como la de plástico, y el lanzamiento comercial podría ser un evento importante para la prensa. Plastillanta podría convertirse en el "estándar de oro".

6.4.4

Competencia

No hay producto en el mercado similar a Plastillanta, siendo los primeros se tiene la oportunidad del liderazgo. Las estrategias para mantener el liderazgo en el largo plazo son tres:

- **Primero.** Formar alianzas de largo plazo con y entre los varios jugadores de la cadena, desde la recolección de desechos hasta el usuario final de moldeo.
- **Segundo.** Estar directamente involucrados en la recolección de materias primas (llantas y plásticos) y en el reciclado de los productos moldeados con Plastillanta para asegurar un control del mercado.
- **Tercero.** Utilizar totalmente la división de servicios técnicos para buscar oportunidades de valor agregado y soluciones a la basura para nuestros consumidores, y al mismo tiempo reforzando Plastillanta como el "estándar de oro" para que otros lo sigan.

La posición actual de ser capaces de mover Plastillanta del laboratorio al mercado por medio de un sistema integral, debería dar tanto como dos años de ventaja de arranque sobre la competencia. Se debe hacer notar que el mercado de los termoplásticos es tan grande que, conforme la competencia entre, servirá para que ayuden a expandir el mercado del material "cross-compounding".

Capítulo 7

El Reciclaje del Vidrio

7.1

El Vidrio en el DSU

Del total del DSU producido en México, se estima que el 7% lo integra el vidrio como se puede apreciar en la tabla 19 del capítulo 2; Estos desechos de vidrio están compuestos principalmente por envases.

El vidrio, junto con el papel y cartón, es de los materiales más recuperados del DSU debido principalmente a que su reciclaje no presenta problemas técnicos para ser reutilizado en la producción.

7.2

Reciclabilidad y Mercado del Desecho de Vidrio

Se ha apreciado que el vidrio desechado tiene un mercado natural en sus propios fabricantes, es por esto que una parte del vidrio que se desecha es recolectado por los pepenadores quienes lo venden a las industrias que lo reciclan; dado que una gran cantidad de los envases de vidrio tienen una salida al desecho urbano a través de hoteles, restaurantes e instituciones se ha generado en México un sistema informal de recolección de gran magnitud, sin embargo, los desechos de vidrio generados por los hogares van a terminar en grandes cantidades en los tiraderos a cielo abierto y en rellenos sanitarios.

Para tener una idea clara del volúmen de vidrio que se recicla se tiene que en México la producción anual en 1991 ascendio a 3'900,000 toneladas de las cuales por información proporcionada por Vitro, esta empresa captó únicamente 310,000 toneladas equivalentes al 8%. De aquí se deduce que el mayor problema que se presenta para el reciclado del vidrio es la captacion del mismo, es decir su acopio.

Conscientes de lo anterior, los grandes consorcios vidrieros, están desarrollando y cuentan con ambiciosos proyectos para el acopio del vidrio, contando con la cooperación de grupos ecológicos y algunos municipios. Aún cuando los fabricantes de vidrio defienden la postura de que el vidrio es 100% reciclable , esto no se logrará sino hasta que se recolecte el 100% de los desechos.

Existe otro sector dentro de la industria que produce bienes con mayor valor agregado como los artículos de cristalería artesanal o los productores de artículos de consumo, que compiten en el acopio con posibilidades de pagar mayores precios a los pepenadores y que representan una fuerte competencia para los grandes consorcios vidrieros.

7.3

Ventajas y Desventajas del Reciclaje de Vidrio

Las ventajas de la reutilización y reciclado del vidrio son varias entre las que tenemos:

- El desperdicio que se genera al reciclar el vidrio puede ser utilizado como materia prima de aquellas industrias que lo producen.
- Disminuye la cantidad de desechos que terminan en relleno sanitario.
- Disminuye la cantidad de energía necesaria en el proceso, al substituir a las materias primas vírgenes.

Uno de las mayores inconvenientes radica en la gran diversidad de productos de vidrio de diferentes colores, por lo que se requieren procesos de separación y decoloración de los mismos.

Empresas independientes en los EUA, procesadoras de vidrio reciclado están desarrollando la tecnología para utilizar los desechos con colores mezclados produciendo envases de color ámbar o en la utilización de los mismos para pavimentación, mezclándolos con asfalto.

La tendencia mundial es la reducción de envases, optando por aquellos que puedan ser fácilmente reutilizados y reciclados (a estos tres factores se les conoce como el programa de las 3 R).

7.4

El Vidrio como Material de Empaque

Este es el más antiguo y tradicional de los materiales utilizados para empaques. Mientras que la tecnología de proceso ha mejorado, el vidrio ha dado la pauta en cuanto a reutilización y reciclaje.

7.4.1

Ventajas y Desventajas del Vidrio como Material de Empaque

Algunos defensores del empaque de vidrio argumentan que es el envase "perfecto", dadas las siguientes características:

- **Mantiene la temperatura:** El envase de vidrio, mantiene la bebida fría durante más tiempo.
- **Impenetrable:** Ningún objeto punzocortante puede penetrarlo.
- **Conserva el gas:** El vidrio desafía el tiempo, permite que la bebida mantenga la carbonatación inalterable.
- **Lavable:** Los envases de vidrio que no se reciclan se lavan y se vuelven a utilizar, pudiendo este proceso realizarse un gran número de veces.

- **Higiénico:** El vidrio es el material más limpio por excelencia, la pureza de su contenido nunca se altera.
- **Inviolable:** Las tapas ya sea de corcholata o tapón le garantizan una máxima seguridad.
- **Indeformable:** No importa la temperatura, el envase de vidrio no se deforma con el calor ni con el frío.
- **Reciclable:** Toda botella que se desecha se puede convertir en una nueva botella. El vidrio no contamina.
- **Conserva el sabor:** El vidrio no tiene olor ni sabor propio.

Sin embargo, en algunos mercados, el envase de vidrio está siendo desplazado debido a las siguientes desventajas:

- **Peso:** A pesar de sus magníficas cualidades en sus aplicaciones de empaque, sigue siendo un material pesado (que incrementa los costos de transporte)
- **Fragilidad:** el vidrio es un material quebradizo y por lo tanto en cierto grado peligroso en su manejo.
- **Costo de producción:** El proceso de fabricación de los envases de vidrio contiene un alto costo energético, haciendo más caro el envase comparado no sólo con otros materiales, sino muchas veces representando un costo mayor al producto que contiene.

De estas ventajas se deduce lo valioso de la recuperación del envase de vidrio.

7.4.2

Competencia del Empaque de Vidrio

Adicionalmente a los empaques de aluminio y hojalata, el competidor más fuerte del empaque de vidrio es el de plástico, el cual ha estado horadando constantemente su mercado y se espera que este proceso continúe, con las

excepciones notables del vino, la cerveza, los licores, bebidas y en general donde se utilizan sistemas retornables.

7.4.3

Desarrollos Tecnológicos

En la mayoría de los países donde se recicla el vidrio, como ya se ha mencionado, existe el problema del color. De los principales colores (blanco, verde, ámbar) se utiliza más el blanco o transparente, pero se recoge más el verde. La adopción del recubrimiento de superficie post-soplado para cualquier color, cuando se requiera, puede resolver todos estos problemas. El recubrimiento, de origen orgánico, se quema durante el proceso de reciclaje. Si las economías de escala que emergen de la operación de hornos de vidrio blanco, y las mayores oportunidades de reciclaje equilibran el costo de las operaciones de recubrimiento, esto podría convertirse en una norma de la industria en pocos años.

Dentro de los últimos desarrollos, destaca en Japón la aplicación de una capa en sistemas de reenvaso para la decoración impresa por serigrafía, dicha capa es soluble en álcalis. La aplicación más avanzada de esta tecnología está en dar simultáneamente una superficie decorativa y un recubrimiento protector.

Una nueva generación de cerámicas-vidrio, formas cristalinas muy duras, han sido desarrolladas en los E.U. con muy buenas posibilidades de encontrar aplicaciones en empaques, sobre todo para los sistemas retornables.

El Reciclaje de Papel

8.1

Las Preocupaciones Ambientales y las Fuerzas Económicas Impulsan el Desarrollo de Tecnología para el Reciclado

La fibra reciclada de papel está convirtiéndose cada vez más importante en la fabricación de papel por una gran variedad de razones. En aquellos lugares del mundo donde la oferta de madera es limitada, la estrategia es enfocarse a maximizar su valor. Las cifras internacionales muestran una correlación de la fibra reciclada con los países donde existen recursos madereros limitados.

En muchas partes del mundo, incluyendo los E.U.A. las fuerzas tradicionales son la calidad y los costos. En muchos de los papeles de alta calidad, se ha alcanzado un punto donde los avances en la mejora del producto no pueden ya ser percibidos por el consumidor. Para este tipo de productores el reto es mantener esa calidad a un menor costo de producción.

En el caso de los papeles de baja calidad, la fuerza económica se enfoca a incrementar la calidad manteniendo los costos constantes. En ambos lados del espectro, los fabricantes de papel están contemplando a la fibra reciclada como un elemento valioso para ayudar a enfrentar los retos de la industria.

Desde el punto de vista de las preocupaciones ambientales, se tiene que tal vez la razón principal para el uso de la fibra reciclada sea la falta de espacio para los tiraderos en los E.U.A.; siendo una nación de consumidores sofisticados, generan 160 millones de toneladas de basura al año. Sólo el 17% de estos desechos son recuperados y reciclados. Ya que el 41% del DSU en este país es papel o cartón, la industria papelera es el blanco de las propuestas legislativas en la búsqueda de las soluciones al problema de la basura.

El blanco principal dentro del papel es el periódico; cada año en los Estados Unidos se consumen 12.3 millones de toneladas de papel periódico, de los cuales sólo se recicla hacia papel periódico el 10%.

8.2

Cifras Internacionales

Cerca de setenta y cinco millones de toneladas de fibra reciclada fueron consumidas por la industria del papel a nivel mundial en 1988. América del Norte y Europa Occidental consumieron cada uno veinte millones de toneladas, lo que implica que estos tres países consumieron el 70% del total de fibra reciclada .

Durante el periodo de 1970 a 1988, la demanda por la fibra reciclada duplicó la demanda de pulpa virgen a nivel mundial. Esto implicó un crecimiento del 5% anual para fibras recicladas contra el 2.5% anual para la fibra virgen. Se aprecia que el uso de fibra reciclada tenderá a crecer más rápidamente en el futuro.

Sin embargo, la demanda por la fibra reciclada no es similar en todos los países; se tiene, por ejemplo, que en Europa Occidental la demanda por la fibra reciclada ha cuadruplicado la demanda por las fibras vírgenes, mientras que en los E.U.A. la demanda por esta fibra se encuentra apenas por encima de la de fibra virgen.

En muchas partes del mundo, no únicamente se está reutilizando el desperdicio recuperado sino también se llegan a importar fibras recicladas

para satisfacer la demanda de materias primas, sin afectar sus recursos naturales.

En los Estados Unidos se tiene un incremento de 30.2% en 1988 y un 44.4% esperado para el año 2001, siendo el país con el incremento más alto.

Los países en los que el índice de recuperación de desperdicio de papel exceden el índice de utilización se convierten en exportadores, por otro lado los países con índices de recuperación por abajo de su índice de utilización se convierten en importadores. Así se observa que Japón con un índice de utilización cercana al 51% es netamente un importador. Por otro lado, Norte América es por mucho el mayor exportador del mundo de papel de desperdicio (4.6 millones de toneladas en 1988) destinándolo principalmente a los países de la cuenca del Pacífico (3.18 millones de toneladas) y a Centro América (1.12 millones de toneladas) y se espera un incremento de 10.8 millones de toneladas para el año 2001.

8.3

Costos competitivos

Se han realizado en varios países del mundo simulaciones de plantas procesadoras de papel periódico, papel para impresión, pañuelos desechables y papel corrugado, para comparar los costos de fabricación utilizando 50% de fibras vírgenes y 50% de material reciclado, llegando a la conclusión que para la mayoría de ellos es factible obtener ahorros que van de los 55 dólares a los 80 dólares por tonelada métrica.

Lo anterior significa que los ahorros comparativos con el costo de la energía eléctrica y los productos químicos no han sido lo suficientemente atractivos como para poder incrementar el porcentaje de productos reciclables.

8.4

Características Nacionales

En México, el reciclado de papel se encuentra muy desarrollado, esto se hace notar inclusive con los actuales sistemas de recolección en los que se separa

inmediatamente, ya que al mezclarse con la basura orgánica se contamina y se humedece lo que destruye su valor y le impediría llegar al importante sistema informal de acopio, que actualmente le permite llegar a sus procesos de reciclado, siendo el cartón el material con mayor susceptibilidad de recuperación.

En el caso del papel, las mayores fuentes de generación son institucionales, por ejemplo, las oficinas públicas y privadas donde se generan grandes cantidades de este insumo, el cual en estas condiciones es fácilmente recolectable en condiciones óptimas. El desperdicio industrial también representa una gran fuente que actualmente se aprovecha en proporciones altas como se pudo constatar directamente con los líderes de la industria de las artes gráficas.

8.5

Proceso de Reciclado de Papel.

Este proceso consiste en una serie de operaciones simples, que se encuentran interrelacionadas con procesos químicos, y por ello conviene analizar en forma independiente.

Un buen diseño de proceso debe considerar la interacción de los procesos físicos y químicos e integrarlos en etapas a través de un sistema eficiente. Estas etapas pueden ser descritas en el orden siguiente:

- Abasto de Papel
- Defibrado
- Remoción de Contaminantes
- Remoción de Tintas
- Blanqueado

8.5.1

Abasto de Papel

Es fundamental reconocer la importancia del abasto, incluyendo la selección, el almacenaje, y el control de calidad, ya que existen diferentes calidades con precios ampliamente aceptados (es común que los proveedores no cumplan con la calidad o con las especificaciones prometidas), también la rotación del inventario es fundamental ya que por ejemplo los periódicos viejos, se demeritan en forma importante por el contacto con la luz y el aire por lo que de manera ideal se deben reciclar antes de 6 meses.

Así mismo, los papeles con altos contenidos de tinta o con recubrimientos deben ser tratados de manera separada para recuperarlos eficientemente.

8.5.2

Defibrado

En este proceso se usan equipos productores de pulpa, que tradicionalmente trabajaban con mezcla de baja consistencia (5% a 8%) y su principio mecánico es la trituración por fricción; éstos están siendo sustituidos por unidades de alta consistencia (10% a 15%) que no trabajan a base de fricción, sino con grandes rotores helicoidales de gran corte, e interacción entre fibras, que se encuentran dispuestas en unidades tubulares en los que la pulpa circula por gravedad.

En este tipo de equipo la tinta puede ser dispersada en partículas muy pequeñas que se pueden redepositar en las fibras, propiciando la pérdida de brillo lo cual puede evitarse triturando sólo al punto de defibración.

8.5.3

Remoción de Contaminantes

Los elementos a remover consisten principalmente, en partículas de plástico, adhesivos de todos tipos, partículas de vidrio y de metal, los cuales deben ser removidos del sistema lo antes posible para evitar que se fragmenten.

El proceso que se usa es el tamizado con mallas muy finas, y la tecnología es por lavado inverso.

La remoción de contaminantes pesados se logra con el uso de limpiadores, aplicados en el mismo sentido del flujo de la fibra; los limpiadores también pueden remover contaminantes ligeros en una sola etapa, mediante el uso de una centrifuga accionada mecánicamente.

8.5.4

Remoción de Tintas

Esto se logra, con procesos mecánicos y químicos combinados en el productor de pulpa, los sistemas de lavado (químico) remueven la tinta una vez en suspensión, siempre que las partículas de tinta tengan el tamaño adecuado (abajo de 10 μm) esto también es válido para materiales con alto contenido de cenizas.

El proceso de flotación (mecánico) se basa en un principio de colección, para lo cual se emplean sopladores que producen burbujas de tamaño controlado y la remoción se obtiene en la superficie.

Es necesario considerar que los agentes químicos que favorecen la dispersión tienen principios opuestos con los que favorecen la colección, para lo cual la industria ha desarrollado químicos que balancean ambas necesidades; actualmente los procesos de aereación mecánicos están siendo substituidos por flujos hidráulicos a través de dispositivos estáticos.

8.5.5

Blanqueado

Este proceso se efectúa en forma gradual dependiendo de las necesidades de brillo del producto terminado. Para papeles de bajo brillo se logran con una enjuague con hidrosulfito de sodio. Con mayores necesidades de brillo se emplea adicionalmente otro enjuague con peróxido de alta consistencia.

8.6

Tendencias del Papel y Cartón como Material de Empaque

A pesar del interés en el reciclaje de empaques, han habido pocas muestras de crecimiento de la calidad en el sector de cajas de cartón. La resistencia a la grasa o al agua, dada por lo general por un recubrimiento con cera, o con una capa termoplástica, se ofrece ahora a través de compuestos de flúor que tratan cada fibra en forma individual. La capacidad de estos cartones tratados para ser engomados convencionalmente y reciclados, ha provocado un resurgimiento por su interés.

Es poco probable que el papel como fuente renovable y reciclable, como hojas o cartones, sufra alguna reducción significativa en su empleo como material de empaque, al menos durante la presente década.

Capítulo 9

Generación de Energía

9.1

Aspectos Generales

Tomando como base el análisis realizado en el Capítulo 2, donde se detectó el alto contenido calorífico de los componentes del DSU, se han podido identificar oportunidades de inversión para estos desechos generando energía, para lo cual se presentan a continuación las tecnologías que más éxito han tenido en los Estados Unidos y Canadá, cuya aplicación en México es factible como se verá más adelante.

La generación de energía utilizando como combustible desechos sólidos urbanos es atractiva ya que implica una reducción directa del consumo de recursos naturales; sin embargo, la aplicación de esta alternativa no se ha extendido debido principalmente a razones políticas, económicas y ambientales; la realidad actual permite superar estas barreras.

A continuación se tratan diversas alternativas para aprovechar los desechos sólidos en la generación de energía.

Tratamiento Biotérmico de la Basura¹

Se ha encontrado, en los países industrializados, que los residuos sólidos también pueden emplearse como agente combustible para la producción de energía, dado el alto poder calorífico promedio que contienen (10.5 MJ/kg), su abundancia y su amplia disponibilidad. Por tal motivo, se han desarrollado tecnologías para el empleo directo de los desechos sólidos en cámaras de combustión, ya sea en hornos industriales o en generadores de vapor de lecho fluidizado.

Con objeto de aumentar la eficiencia y la rentabilidad de una instalación de incineración, se ha encontrado viable combinar este proceso con un tratamiento biológico de los desechos sólidos urbanos orgánicos a través de una fermentación en seco, produciendo con ello gas metano. En particular para este proceso resulta atractivo la posibilidad de emplear también lodos provenientes de las plantas de tratamiento de aguas negras.

9.2.1

Preparación del Combustible a Partir de la Basura

Aún cuando la composición de los desechos sólidos varía en función del tipo y naturaleza de la localidad, se puede considerar, para fines estimativos en estudios de gran visión, una cantidad promedio de material combustible de 50% a 70 % en masa del total. La mayor parte del material combustible de este porcentaje es papel, cartón, madera y plástico. En una planta bien diseñada de "Refuse Derived Fuel" (RDF) o "combustible derivado de la basura", se puede separar del 80% a 90 % del material combustible.

El sistema de preparación del RDF es sólo una parte del sistema total de manejo y procesamiento de materiales de la planta; el sistema involucra el transporte de bandas, cribado, desmenuzado, recuperación de materiales y en algunos casos la separación por densidad para producir un combustible

¹Ideas tomadas del artículo titulado: *Biothermal Treatment of Waste; Biothermal treatment of municipal solid waste combines fermentation of organic waste and combustion of refuse derived fuel in a fluidized bed boiler*, publicado en la revista *Modern Power Systems*, nov. 1990.

de las características deseadas, el cual debe ser compatible con el sistema RDF utilizado.

Paralelamente, utilizando un proceso de fermentación, la materia orgánica puede ser convertida en biogas y ser utilizada como combustible.

El ritmo típico de producción de gas combustible en plantas de este tipo es de 130 a 180 m³/t de desechos sólidos urbanos con un contenido de sólidos totales del 40% a 60 % y de 0.38 a 0.47 m³/kg de sólidos volátiles. El contenido de metano en el gas producido de estas instalaciones es de 60% y el resto bióxido de carbono. El poder calorífico promedio del gas es de aproximadamente (21 MJ/m³).

9.2.2

Combustión del RDF

El combustible sólido producido en las plantas de tratamiento de desechos sólidos urbanos presenta un poder calorífico promedio de 14 a 15 MJ/kg. La composición básica de los combustible sólidos producidos a partir de la basura es de: C: 49%, H₂: 7%, N₂:1%, O₂:32 %. Además estos residuos también contienen zinc (140 g/t); cadmio (6 g/t); mercurio (0.5 g/t).

Uno de los principales temores en la utilización de incineradores es la formación de bioxinas durante el proceso de combustión, que pudieran ser emitidas al ambiente o entrar en la cadena alimenticia y que parecen estar relacionadas con la generación de cancerígenos. Con estos antecedentes, es necesario tener un control adecuado de las emisiones ya que el RDF contiene los componentes que inician las reacciones que generan dichas bioxinas.

La única forma de prevenirlas es manteniendo una temperatura en el proceso de combustión lo suficientemente alta para que los componentes orgánicos peligrosos se descompongan totalmente en el proceso de combustión. En la práctica, esto implica rangos de temperatura de aproximadamente 1000°C durante cuando al menos un segundo. Adicionalmente, las plantas de incineración requieren de un proceso de limpieza eficiente de los gases de combustión, el cual incluye la remoción

de polvos y la neutralización de gases ácidos con una solución a base de detergente.

9.2.3

Tratamiento Biotérmico de la Basura con Tecnología Finlandesa

En este sistema la basura transportada a la planta es tratada de tal manera, que las sustancias orgánicas y las sustancias sólidas combustibles (RDF) son separadas. La chatarra de metal es también separada en este proceso.

La combustión tiene lugar en dos fases dentro un quemador de lecho fluidizado, el cual se encuentra equipado con una sección separada de post-combustión. En la primera fase la temperatura de combustión alcanza de 800-900 °C, esto permite una combustión efectiva de las sustancias para minimizar los problemas causados por la formación de cenizas; En la sección de post-combustión la temperatura de los gases provenientes de la primera fase es elevada a aproximadamente 1000°C de tal manera que cualquier compuesto orgánico sea desintegrado totalmente. La energía adicional requerida para incrementar la temperatura durante la segunda fase se obtiene quemando el biogas producido en el proceso de descomposición orgánica.

9.2.4

Beneficios del Tratamiento Biotérmico

Con este proceso no existe la formación de gases peligrosos ambientalmente; los olores desagradables son removidos por biofiltros, el humus producido por el proceso de fermentación es estable y adecuado para su utilización como relleno.

El proceso lleva a una importante reducción de la necesidad de espacio para tiraderos, ya que el tratamiento biotérmico reduce esta necesidad a una menos de una séptima parte de la necesaria para el manejo de basura no tratada.

9.2.5

Localización de la Planta

Un sistema de dimensiones básicas es adecuado para el tratamiento de basura de una comunidad de cien mil habitantes. El tratamiento biotérmico no necesariamente debe ser centralizado, puede ser diseñado de tal manera que sólo parte del pre-tratamiento requerido se instale en la planta de incineración. La separación puede ser realizada en puntos estratégicos diferentes de la localidad.

9.2.6

Energía Generada

El DSU, como ya se ha analizado, es una valiosa fuente de energía, por ejemplo, el total del DSU de Finlandia podría ser utilizado para alimentar una planta de energía de 400 Megavatios.

La manera más conveniente de aprovechar esta energía es en la producción de electricidad. Con una "turbina de contrapresión" aproximadamente el 20 % de la energía total puede ser transformada en electricidad y un 75% del total de energía puede ser utilizada como vapor posteriormente. La planta por sí misma usará aproximadamente un 30% de la electricidad generada y el resto puede ser vendida.

9.2.7

Montos de Inversión

Debido a la sofisticada tecnología involucrada, los costos de inversión iniciales son relativamente altos, aproximadamente 400 dólares/t de capacidad anual. Los costos de operación y mantenimiento se encuentran en el rango de 30-40 dólares/t de DSU tratado. Esto significa que para una planta de 1,000 toneladas/ día la inversión inicial se situaría en el rango de los ciento cuarenta millones de dólares.

Producción de Gas en los Tiraderos de Basura²

Los tiraderos de basura son actualmente en nuestro país una fuente de contaminación, además de representar una carga social y económica para el país. Para resolver este problema, en algunos países se ha encontrado que los cementerios de basura, representan una rica fuente de gas combustible. En particular, la empresa "Environmental Technologies Inc." de Calgary, en Canadá, ha desarrollado un negocio de perforación para encontrar gas combustible, producido por la descomposición espontánea de la basura orgánica confinada en los cementerios. Esta empresa ha desarrollado proyectos de inversión, explotando los tiraderos de basura, para la empresa pública encargada de la producción de electricidad, en Canadá, con un valor de venta de cuatro millones de nuevos pesos.

El proceso químico/biológico de descomposición de la basura produce un gas metano con óxidos de carbono. Se ha encontrado que grandes tiraderos urbanos que se encuentran en un clima seco, como el de Alberta, producen gas combustible para una explotación de veinte a treinta años. Con objeto de emplear este gas como fuente primaria de energía, calefacción o generación de energía eléctrica, deben separarse los óxidos de carbono presentes. Por ejemplo, en el tiradero de Edmonton, con una superficie de aproximadamente cien hectáreas, se ha estimado una producción potencial de hasta ochenta y cinco mil metros cúbicos por día.

En los E.U.A. la "Environmental Protection Agency" (EPA) ha presentado al Congreso, una propuesta para que se obligue a los tiraderos a tener un sistema de recolección de gas y quemador ya que el gas metano con los óxidos de carbono, escapa espontáneamente a la atmósfera sin control alguno. En la actualidad, en este país existen cerca de ciento cincuenta tiraderos en vías de producción de gas metano o en etapa de construcción.

²Información publicada en el artículo *Yesterdays Trash, Tomorrows Gas* de la revista *Oil Week*, oct.29,1990

9.3.1

Tecnología de Producción de Gas Combustible en los Tiraderos

El proceso consiste en perforar pozos, en lugares previamente estudiados dentro del cementerio de la basura, a una profundidad de veinte a sesenta metros, dependiendo del tamaño de los tiraderos.

El proceso de perforación es muy fácil; la tubería se introduce por medio del proceso de perforación, encontrándose gas a siete metros de profundidad. Como la presión del gas encontrado es menor que la atmosférica, éste debe extraerse por medio de equipos de succión, para después separar los óxidos de carbono, en columnas de absorción y de ahí almacenarlo. El gas almacenado posteriormente se envía a los consumidores ya sea licuado o a través de una red de tuberías.

9.3.2

Aplicaciones del Gas Combustible Producido en los Tiraderos

Los principales destinos de este tipo de gas son las turbinas de plantas generadoras de energía eléctrica; en esta aplicación, el gas no requiere de la separación de los óxidos de carbono. Cuando se separa el gas, se obtiene gas metano y su aplicación puede ser para a uso doméstico.

Otra de las aplicaciones incluye la producción de metanol, el cual es utilizado como aditivo en algunos motores, así como para producir formaldehído, el cual es utilizado como anticongelante en algunas máquinas térmicas.

Una aplicación adicional de este gas, es su empleo en la formulación de un nuevo tipo de combustible que produce una combustión más limpia y eficiente en los motores diesel.

En Richmond, B.C., Canadá, tres tiraderos producen gas, el cual es utilizado como combustible en una instalación productora de cemento y en

una fábrica de tabique. Un tiradero de Toronto muy pronto será la fuente principal de combustible para una planta de generación de electricidad de 23 Megavatios hora (MWh).

9.4

Incineración de Llantas

Como se vio en el Capítulo 2, el problema ocasionado por las llantas viejas es de gran magnitud, y se ha desarrollado ya una oportunidad de inversión con este material. Otra alternativa para su tratamiento es su incineración, la cual, llevada a cabo mediante un proceso adecuado, tiene grandes ventajas tanto económicas como ambientales.

La planta que a continuación se describe, se encuentra localizada en Modesto, California, junto a uno de los tiraderos de llantas más grandes del mundo; se calcula que en éste se encuentran apiladas más de cuarenta millones de llantas usadas.

9.4.1

Proceso

En la primera fase, se alimentan llantas a una báscula donde son pesadas por computadora.

En la segunda, esta computadora alimenta de llantas la cámara de combustión, la cual se encuentra a una temperatura de más de 1500° C. Esta temperatura asegura una combustión completa, destruyendo las bioxinas e hidrocarburos.

El calor en la cámara de combustión convierte agua en vapor a alta presión, el cual a su vez es forzado a través de una turbina para generar energía eléctrica.

9.4.2

Producción

Las llantas producen 15,000 BTU/lb, este poder calorífico es mayor al del carbón y tres veces mayor al de la basura urbana. La planta consume cuatro y medio millones de llantas anualmente. Este contenido calorífico es suficiente para la generación de energía de una ciudad de quince mil habitantes.

9.4.3

Control de Emisiones

Esta planta cuenta con tres tipos de control de emisión de gases para minimizar el impacto ambiental:

- 1 El primero es un “scrubber” que elimina un 96% del bióxido de azufre.
- 2 El segundo es un “bag-house” que captura prácticamente todas las cenizas.
- 3 Por último, cuenta con un sistema de inyección de detergentes que limita a los óxidos de nitrógeno.

Capítulo 10

Marco Legal

En México existe la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y las normas que de ellas se derivan, así como un Plan Nacional de Desarrollo, que establecen los criterios para reformar el marco reglamentario así como las normas técnicas adecuadas en congruencia a las necesidades del país.

Las acciones que considera el Plan Nacional de Desarrollo en su inciso 6.3.8, consisten en:

- Completar el proceso de expedición de los reglamentos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y de protección al medio .
- Continuar con la expedición de normas técnicas y criterios ecológicos con parámetros más estrictos.
- Ampliar la asesoría a Estados y Municipios para la formulación de proyectos legislativos en materia ecológica.
- Promover la creación de regidurías de protección ambiental en cada uno de los municipios del país.

Por otra parte, en su inciso 6.3.7 referente a desechos y residuos sólidos, se considera que solo el 75 % de los residuos se recogen y que resulta insuficiente el número de plantas de reciclaje, tratamiento,

incineración y confinamiento controlado así como de personal técnico para la determinación del tratamiento adecuado que requieren los materiales o productos.

Así mismo en el Plan se propone el fomento de establecimientos adecuados de recolección, tratamiento, reciclaje y disposición final de los residuos.

En virtud de que no se han llevado a cabo totalmente los planes mencionados en nuestro país, es necesario un programa de reformas legales para el tratamiento de residuos que fomenten y motiven a los inversionistas del país y del extranjero al desarrollo de proyectos industriales, congruentes con los marcos jurídicos vigentes a nivel internacional que al mismo tiempo coadyuven a resolver los problemas sociales y ambientales de nuestro país.

Las reformas legales para que lo anterior sea posible requieren de la voluntad política del Gobierno para orientar un tipo de reforma política hacia el establecimiento de incentivos para el acopio y clasificación de la basura, ajena a intereses políticos y de grupos preferenciales en nuestra sociedad. Otro factor que debe reglamentarse para motivar este tipo de inversiones es el de establecer cuotas fijas para reciclado de materiales en industrias que los generan. Por ejemplo, obligar a los productores a emplear un determinado porcentaje de material reciclado en sus procesos de producción.

Así mismo se debe regular y promulgar la creación de líneas de créditos preferenciales para los inversionistas en plantas de reciclado o tratamiento de residuos para el financiamiento de sus proyectos. De esta forma se motiva la creación de proyectos viables en el corto plazo que resuelven problemas sociales y ambientales.

La realización de estas reformas legales sería vía un comité que estableciera reglas claras y de dominio público y posteriormente dictaminara las prioridades del país conforme a las estrategias de desarrollo social y económico del país, los estados y los municipios.

Resulta conveniente llevar a cabo la instrumentación de acciones para la reorientación de la carga fiscal en favor de la recolección para facilitar así su reciclado y tratamiento final.

142

Conclusiones

11.1

Conclusiones Generales y Variables Críticas

La identificación de oportunidades de inversión con materiales reciclables debe estar fundamentada desde diversos ángulos; durante el desarrollo de los capítulos se han identificado algunas variables que pueden ser consideradas como básicas o críticas, las cuales se puede decir que son :

- 1.- Contar con una fuente u oferta adecuada y abundante de materiales reciclables.
- 2.- La existencia de un costeo adecuado de las materias primas contra las que los materiales reciclados van a competir.
- 3.- Contar con una tecnología eficaz, segura, amigable ambientalmente y económicamente factible para procesar los materiales a reciclar.
- 4.- Una tecnología que permita la obtención de materias primas con la calidad adecuada para competir exitosamente con las materias primas vírgenes, a un costo menor.
- 5.- La existencia de un mercado para esos materiales obtenidos.
- 6.- El marco legal adecuado que incentive la entrada de empresarios e inversionistas.
- 7.- La existencia de promotores preparados y conocedores de este nuevo sector.

Durante el desarrollo de cada uno de los capítulos se ha podido conocer más de cerca la realidad de todas las variables mencionadas con excepción de la última, sin embargo, el beneficio de este documento será el servir de fuente de información para aquellos promotores y empresarios interesados en invertir en este nuevo sector.

11.2

Los Criterios de la Environmental Protection Agency (EPA) para Minimizar el Impacto de los Desechos Sólidos

La búsqueda de oportunidades de inversión con materiales reciclables responde a la necesidad de buscar soluciones a los desechos sólidos, por lo tanto, es importante considerar los criterios que la EPA ha establecido, para minimizar el impacto de éstos. A tal efecto la EPA estableció las prioridades en cuanto a las acciones concretas que habrán de realizarse, siendo las principales, en orden de importancia, las siguientes:

- I Prevención
- II Reciclado
- III Incineración
- IV Relleno sanitario

Estos criterios abren las puertas también para la identificación de las oportunidades de inversión.

11.3

La Fuente Adecuada y Abundante de Materiales Reciclables

La búsqueda de materiales reciclables inmediatamente enfocó los esfuerzos al análisis de los desechos sólidos tanto industriales como urbanos, sin embargo, se pudo constatar que una parte importante de los desechos sólidos industriales ya se encuentra dentro de un ciclo de reutilización de los

mismos. Por otro lado, los desechos sólidos urbanos (DSU) no están siendo aprovechados eficientemente.

En el análisis de los DSU se ha podido observar que los bienes de consumo, una vez que han terminado su vida útil tienen un valor intrínseco. Sin embargo, **al desechar productos y mezclarlos con otros residuos se destruye valor y se genera basura.** Los métodos actuales de recolección y acopio promueven la generación de basura y la destrucción de valor, ya que no dirigen con eficacia los materiales reciclables a sus mercados potenciales. En este proceso se malgastan recursos humanos y económicos en trabajos, que de otra manera, serían innecesarios. Tal vez más importante, es considerar también que las condiciones de trabajo, en las que se realiza la pepena de la basura, son denigrantes para la persona humana y perjudiciales para la salud. La recolección diferenciada es un eslabón faltante en la cadena del ciclo de vida racional de los recursos.

Para aprovechar a los desechos sólidos urbanos como una fuente adecuada de materiales reciclables es necesario encontrar soluciones para lograr su canalización, y evitar que se conviertan en basura. La barrera para lograr el aprovechamiento de los desechos no sólo es cultural sino política, por lo tanto se deben generar programas concretos de educación que concienticen y modifiquen la conducta de la sociedad y promuevan un cambio cultural que le permita apreciar los beneficios sociales y económicos; sin embargo, esto no tendría ningún beneficio significativo si no se llevan a cabo paralelamente también cambios por parte del gobierno, que estimulen y permitan el desarrollo de un ciclo de generación de desechos-recuperación-reutilización.

11.4

Costeo Adecuado de las Materias Primas Vírgenes

Dado que los criterios para reciclar son fundamentalmente económicos y de calidad, es importante que los recursos naturales estén costeados adecuadamente, lo cual no sucede en la actualidad; es por lo tanto, responsabilidad del gobierno y de la sociedad buscar formas para que esto se logre. En esta época, se considera a las materias primas en forma similar a

como se valoró la mano de obra a finales del siglo pasado, cuando no se incluían los costos de seguridad y beneficio social que hoy tiene; de esos años al presente el recurso de la mano de obra se ha encarecido, sin embargo, se enriqueció el trabajo y se mejoró el nivel de vida de los trabajadores. De esta manera, con los recursos naturales vírgenes deberá suceder algo similar que nos obligue a diseñar mejor, a producir mejor y a consumir más responsablemente, y finalmente sera sinónimo el reciclar con aprovechar los recursos en todos los sentidos.

Como ejemplo, algunas veces se ataca a los plásticos como materiales que consumen recursos no renovables (petróleo), sin embargo, los datos del Departamento de Energía de los Estados Unidos indican que los plásticos sólo consumen el 3% del petróleo producido, por lo que el beneficio del reciclaje de plásticos debe ser visto en función de su impacto en los desechos sólidos y no como una alternativa de impacto importante a la reducción del consumo del petróleo, ya que el 97% de éste se quema.

Sobre esta misma idea, para reducir el consumo de recursos no renovables, la estrategia deberá estar enfocada a la utilización de otros recursos en la producción de energía. En los Estados Unidos las fuentes no convencionales generan ya aproximadamente el 10 % de la energía primaria de ese país.

11.5

Tecnologías para el Reciclado

Tanto para el manejo de los desechos sólidos industriales como para el manejo de los desechos sólidos urbanos, se ha podido constatar que existen una gran cantidad de tecnologías que satisfacen los criterios de eficacia, seguridad y con mínimo impacto ambiental, éstas, como han sido descritas en los distintos capítulos, se encuentran operando ya en una gran diversidad de países. Es posible también que dichas tecnologías se importen o desarrollen en México.

Estas tecnologías se enfocan a los distintos aspectos involucrados en el ciclo de los materiales desechados: Recolección, separación y

clasificación, reciclado e incineración. Por lo que se puede concluir que este aspecto es el que menos barreras de entrada representa a un inversionista.

11.6

Mercados para los Desechos Sólidos y los Materiales Reciclados

En el ciclo de vida de los materiales desechados, se logró identificar una cadena de oferta y demanda en cada etapa del ciclo, se podrá apreciar de la siguiente manera:

OFERTANTES	DEMANDANTES	DESTINO ACTUAL	MERCADO META
Consumidores	Recolectores	Pepena	Recolectores Profesionales
Recolectores	Acopiadores o directamente a la industria	Incineración clandestina, tiraderos, relleno sanitario	La industria recicladora o el gobierno en su papel subsidiario
Acopiadores	Recicladores		Industria recicladora o incineración ecológica para producción de energía
Acopiadores	Industria		Reutilización

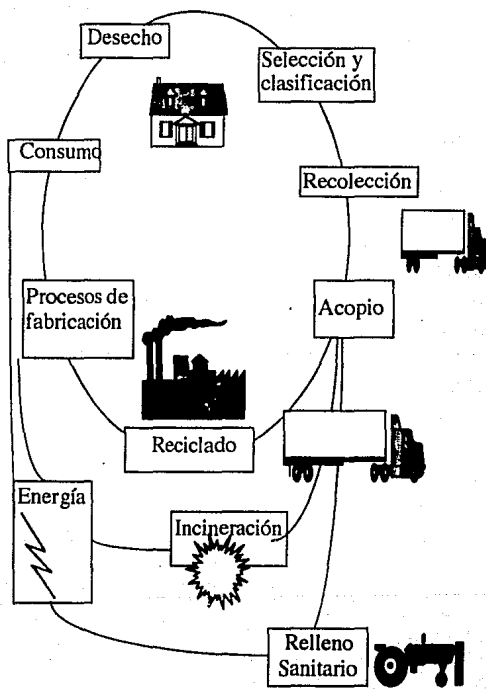
Se pudo apreciar que los materiales reciclables pueden ser utilizados por las mismas industrias que lo generaron o por recicladores que los reintegrarán a los fabricantes que utilizan materias primas similares, en este lado de la cadena de variables ésta no es crítica si los precios de las materias primas vírgenes están costeadas adecuadamente.

Solución Integral a los Desechos Sólidos

Una solución integral y eficiente podría considerar el ciclo que a continuación se presenta, el cual comienza desde la concepción y diseño del producto, donde debe haber una conciencia de su ecobalance, tomando en cuenta el consumo de materiales renovables y no renovables desde su fase de materia prima hasta su consumo final, y así mismo, se cuantifique el impacto sobre el medio ambiente de los desperdicios y emisiones contaminantes generados durante el proceso.

El diseño del producto debe también contemplar las fases posteriores a su consumo de tal manera que facilite su reciclabilidad y que neutralice su impacto ambiental.

El destino final de los desechos sólidos debe responder a los criterios económicos y de protección al ambiente con las prioridades que ya se han presentado anteriormente.



En México la concesión o privatización de la recolección de basura podría ser el primer paso para aprovechar el valor contenido en los desechos sólidos.

Para tomar acciones específicas que resuelvan el problema de la gestión de los desechos sólidos en México, es necesario considerar que en el proceso de solución deben participar representantes de todos los sectores que

integran nuestra sociedad. Esto es, debe involucrarse activa y democráticamente a la sociedad civil y a la industria a través de la regulación y el control del gobierno con normas técnicas e instrumentos y dando solución a esta problemática no solo en el corto sino en el largo plazo.

11.8

Resumen de Oportunidades de Inversión

A continuación se presentan dos tablas: La primera de ellas describe las áreas de oportunidad de inversión con sus barreras de entrada, así como las acciones sugeridas que deben ser tomadas por los diferentes sectores de la sociedad, así como los impactos sociales y ambientales que traerían consigo la cristalización de los proyectos. La segunda tabla analiza las áreas de oportunidad en relación a los materiales, sus fuentes y los procesos o tecnologías para obtener materiales o aprovechar el valor íntinseco de los materiales desechados.

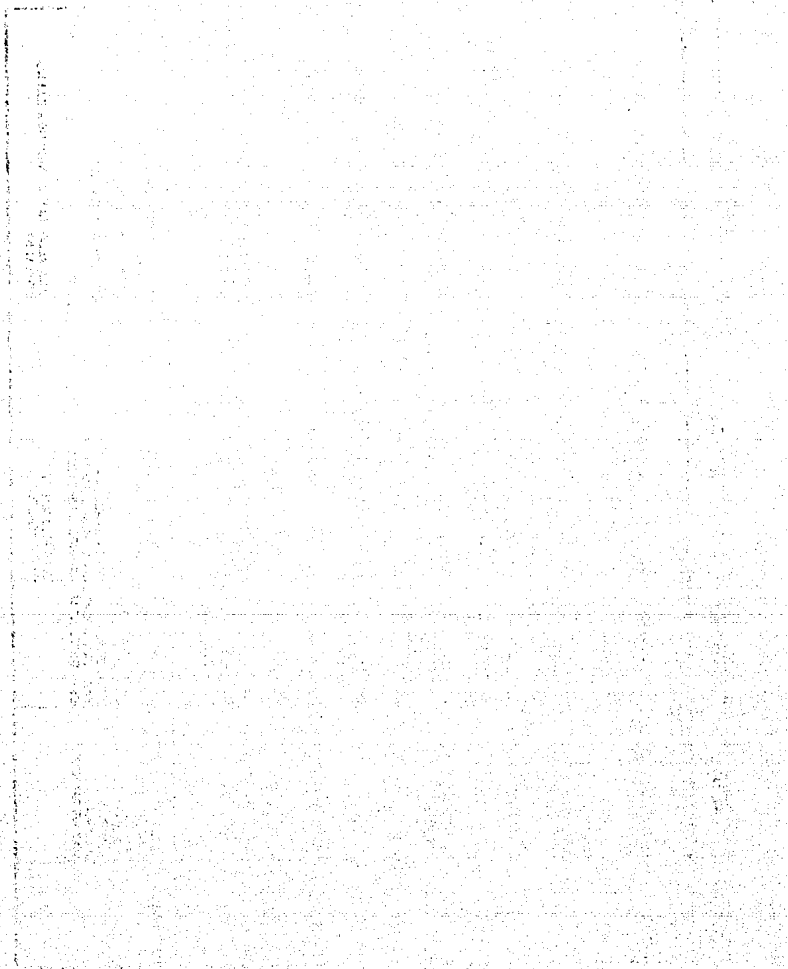
AREA DE OPORTUNIDAD	BARRERAS	ACCIONES
RECOLECCION Y ACOPIO	HABITOS DE LOS CONSUMIDORES INTERESES POLITICOS Y ECONOMICOS LEGISLACION ACTUAL	PROMOVER LA RECOLECCION DIFERENCIADA RESOLVER LOS CONFLICTOS DE INTERESES ADECUAR EL MARCO LEGAL PROMOVER LA PRIVATIZACION DEL SERVICIO DE RECOLECCION FOMENTAR EL DESARROLLO DE NORMAS PARA LA CLASIFICACION DE LOS SOBRESANTES
RECIKLADO	ELEVADO COSTO DE LA ENERGIA HABITOS DE LOS CONSUMIDORES INTERESES POLITICOS INTERESES ECONOMICOS CARENCIA DE LEGISLACION LOCALIZACION MUY DISPERSA VOLUMEN MUY LIMITADO MEZCLA DE LOS DESPERDICIOS DISEÑO DE LOS PRODUCTOS	LEGISLAR PARA QUE SE TENGA QUE USAR UN MINIMO DE MATERIAL RECIKLADO HACER OBLIGATORIO EL SIMBOLO IDENTIFICADOR DE PLASTICOS PROMOVER LA SOLUCION EFECTIVA DEL ACOPIO EVITAR QUE LOS MATERIALES SE ENSUCIEN Y SE CONTAMINEN DISEÑAR LOS ARTICULOS CONTEMPLANDO SU FUTURO RECIKLADO LEGISLAR PARA QUE SE TENGA QUE USAR UN MINIMO DE MATERIAL RECIKLADO PROMOVER INSTALACION DE PLANTAS PARA DESTINTADO DE PAPEL EVITAR LA CONTAMINACION CON OTROS DESECIOS EVITAR EL USO RECUBRIMIENTOS, ETIQUETAS Y ADHESIVOS PROMOVER LA CREACION DE PLANTAS RECIKLADORAS APOYAR LA INVESTIGACION Y TRANSFERENCIA DE NUEVAS TECNOLOGIAS COMO LA PIROLISIS PROMOVER EL DISEÑO DE PRODUCTOS QUE UTILICEN COMPUESTOS RETICULADOS CON PLASTICOS. PROMOVER EL USO DE LAS LLANTAS DESECHADAS EN OTRAS APLICACIONES (PARQUES, EN MUELLES, ETC.) ABARATAR EL COSTO DE LA ENERGIA ELECTRICA DESARROLLAR EMPRESAS ARTESANALES CON PRODUCTOS DE ALTO VALOR AGREGADO Y BAJAS NECESIDADES DE INVERSION
INCINERACION GENERACION DE ENERGIA	INTERESES POLITICOS FALTA DE CONOCIMIENTO DE TECNOLOGIAS DISPONIBLES MARCO LEGAL INERCIA DE LOS SISTEMAS ACTUALES DEL MANEJO DE LA BASURA	PROMOVER PLANTAS DE INCINERACION Y GENERACION DE ENERGIA PRODUCIR BRIQUETAS DE COMBUSTIBLE PARA OTROS PROCESOS INDUSTRIALES DIVULGAR LAS TECNOLOGIAS ECOLOGICAS DESTINAR LOS DESECHOS ORGANICOS A LA PRODUCCION DE COMPOSTA Y GENERACION DE GAS METANO DIVULGAR LAS ACCIONES QUE SE LLEVAN A CABO EN OTROS PAISES
RELLENO SANITARIO	AUSENCIA DE BENEFICIO ECONOMICO	GOBIERNO DEBE ASUMIR SU PAPEL SUBSIDIARIO

BENEFICIOS	
SOCIALES	AMBIENTALES
<p> GENERAR UN IMPORTANTE AHORRO GUBERNAMENTAL PROMOVER LA CREACION DE NUEVAS EMPRESAS PROMOVER NUEVAS FUENTES DE RECAUDACION FISCAL MEJORA DE LAS CONDICIONES DEL EMPLEO CREAR OFERTA DE MATERIALES ECONOMICOS GENERAR UN VALOR DE RESCATE PARA LOS - CONSUMIDORES EVITA LA PENENA </p>	<p> EVITAR UN VOLUMEN MAYOR DE RELLENO SANITARIO EVITAR LA INCINERACION CLANDESTINA </p>
<p> EVITAR QUE SE MALGASTEN LOS RECURSOS NATURALES CREAR OFERTA DE MATERIALES ECONOMICOS CONTRIBUIR A REDUCIR LAS IMPORTACIONES DE PAPEL CREACION DE NUEVAS EMPRESAS Y FUENTES DE TRABAJO CREACION DE OFERTA DE MATERIALES ECONOMICOS PRODUCIR ALEACIONES DE ALUMINIO ECONOMICAS EVITAR LA IMPORTACION DE CIATARRA CREACION DE FUENTES DE TRABAJO CON BAJAS NECESIDADES- DE INVERSION </p>	<p> ORIENTAR MAS EFICIENTEMENTE EL RECURSO A SUS- DESTINOS PARA SU APROVECHIAMIENTO EVITAR UN VOLUMEN MAYOR DE RELLENO SANITARIO EVITAR EL RIESGO DE CONTAMINACION QUE PRODUCE LA- INCINERACION CLANDESTINA O EN TIRADEROS EVITAR QUE SE MALGASTEN LOS RECURSOS NATURALES AHORRAR ENERGETICOS EN LA PRODUCCION DE ENVASES </p>
<p> PRODUCIR ENERGIA MAS ECONOMICA CREACION DE FUENTES DE TRABAJO MEJORA LAS CONDICIONES DE TRABAJO </p>	<p> DISMINUCION DEL RELLENO SANITARIO REDUCIR EL CONSUMO DE RECURSOS NO RENOVABLES REDUCE LA CONTAMINACION DEBIDA A LA INCINERACION CLANDESTINA SE REDUCE EL RIESGO DE INCENDIOS EN LOS TIRADEROS </p>
<p> SE CAMBIA EL SENTIDO DE LOS TIRADEROS DE AREA DE RECUPERACION A LUGAR DE DEPOSITO DE RESIDUOS INERTES GENERACION DE GAS METANO </p>	<p> SE ELIMINAN LOS IMPACTOS AMBIENTALES NEGATIVOS DE UN TIRADERO NO CONTROLADO </p>

AREA DE OPORTUNIDAD	MATERIAL	FUENTES	TECNOLOGIAS DISPONIBLES	PRODUCTOS
RECOLECCION Y ACOPIO	CARTON Y PAPEL VIDRIO METALES PLASTICOS DESECHOS ORG.	DOMICILIOS INSTITUCIONES	RECOLECCION-DIFERENCIADA SISTEMAS DE SEPARACION DE MATERIALES	MATERIALES LISTOS PARA SU REUTILIZACION O RECLADO
REUTILIZACION	ENVASES DE VIDRIO ENVASES DE PET	DOMICILIOS INSTITUCIONES	DESCONTAMINACION Y LAVADO	ENVASES PARA SU FUNCION ORIGINAL ENVASES PARA OTROS PRODUCTOS
RECLADO	VIDRIO (PEDACERIA) PAPEL Y CARTON METALES LLANTAS	DOMICILIOS TIRADEROS CENTROS DE-ACOPIO INSTITUCIONES	SEPARACION POR COLOR SEPARACION DE IMPUREZAS DESCONTAMINACION DE PIGMENTOS REPROCESADO MEZCLA CON ASFALTO	SUSTITUYE A LAS MATERIAS PRIMAS VIRGENES CON MAYOR EFICIENCIA VIDRIO AMBAR A PARTIR DE PEDACERIA DE COLORES MEZCLADOS PAVIMENTO
		CENTROS DE-ACOPIO INSTITUCIONES INDUSTRIA	SEPARACION DESCONTAMINACION DEFIBRADO DESTINTADO BLANQUEADO REPROCESADO	ELABORACION DE: PAPEL PERIODICO, PAPEL KRAFT Y CARTON CORRUGADO
		CENTROS DE-ACOPIO INSTITUCIONES INDUSTRIA	FUNDICION	SUSTITUYE A LA MATERIA PRIMA BASICA
		TIRADEROS DISTRIBUIDORES TRANSPORTE PUBLICO Y COLECT.	PIROLISIS (TECNOLOGIA EN DESARROLLO) DESMENUZADO (RUBBER CRUMB)	RECUPERAR MATERIALES PRIMARIOS : GAS, ACETE, NEGRO DE HUMO Y ACERO MATERIAL PARA PAVIMENTACION E IMPERMEABILIZACION
			TECNOLOGIA DE COMPUESTOS RETICULADOS (CROSS COMPOUNDING) MEZCLADOS CON PLASTICOS USADOS	MEZCLADO CON RESINAS VIRGENES PARA LA ELABORACION DE PRODUCTOS MOLDEADOS, SOPLADOS O INYECTADOS

AREA DE OPORTUNIDAD	MATERIAL	FUENTES	TECNOLOGIAS DISPONIBLES	PRODUCTOS
RECICLADO	PLASTICOS DE LA MISMA ESPECIE	CENTROS DE-ACOPPIO INSTITUCIONES INDUSTRIA	MOLIENDA, LAVADO / SEPARACION, COMPACTACION, GRANULADO Y MODIFICACION CON ADITIVOS	PRODUCE RESINAS PARA LOS PROCESOS DE PRODUCCION CONVENCIONALES
	PLASTICOS MEZCLADOS	CENTROS DE-ACOPPIO INSTITUCIONES INDUSTRIA	FRAGMENTACION, COMPACTACION, PRELAVADO, HOMOGENEIZADO Y ADICIONADO DE ADITIVOS, SEPARACION MAGNETICA, EXTRUSION Y MOLDEO	BARRAS, PLACAS Y DIVERSOS PRODUCTOS MOLDEADOS
	POLIESTIRENO	CENTROS DE-ACOPPIO INSTITUCIONES INDUSTRIA	GRANULADO CON BOQUILLAS DE ALTA PRESION, SECADO Y LIMPIEZA CON CENTRIFUGADO, GRANULADO EN PARTICULAS MAS FINAS	GRANULOS DE POLIESTIRENO PARA LA FABRICACION DE TACONES PARA CALZADO
	TEREFTALATO DE POLIETILENO (BOTELLAS)	CENTROS DE-ACOPPIO TIRADEROS INSTITUCIONES	SEPARACION POR COLOK. TRITURACION, DESCONTAMINACION DE ADHESIVOS Y SEPARACION DEL ALUMINIO Y DEL "BASE CUP" DE PEAD	MATERIA PRIMA PARA ENVASES, ALFOMBRAS Y PINTURAS INDUSTRIALES
	POLIETILENO	CENTROS DE-ACOPPIO TIRADEROS INSTITUCIONES	TECNOLOGIA SPROUT BAYER CON GRANULADOR DE CUCHILLAS	BOTELLAS PARA DETERGENTES, MANGUERAS, TUBERIAS, ETC.
	CLORURO DE POLIVINIL	CENTROS DE-ACOPPIO TIRADEROS INSTITUCIONES	MOLIENDA CRIOGENICA	TUBERIAS PARA DRENAJE, CERCAS Y BARANDALES (MADERA PLASTICA)
	POLIPROPILENO	CENTROS DE-ACOPPIO TIRADEROS INSTITUCIONES	MOLIENDA CRIOGENICA TECNOLOGIA SPROUT BAYER CON GRANULADOR DE CUCHILLAS	BATERIAS Y OTRAS APLICACIONES AUTOMOTRICES
INCINERACION	CARTON Y PAPEL VIDRIO METALES PLASTICOS LLANTAS MADERA MAT. ORGANICOS	CENTROS DE-ACOPPIO INSTITUCIONES INDUSTRIA TIRADEROS SIST. TRANSPORTE DIST. DE LLANTAS	PROD. DE BRIQUETAS COMBUSTIBLES PARA EN INCINERADORES PARA PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA EN INCINERADORES MUNICIPALES	PRODUCCION DE TABIQUE CEMENTO, CAL, VAPOR Y COGENERACION EN TERMoeLECTRICAS PARA REDUCIR VOLUMEN DE RELLENO SANITARIO

156



Bibliografía

Peavy, Rowe & Tchobanoglous
Environmental Engineering
Mc Graw Hill

Asociación Alemana del Plástico
El aspecto ambiental y los plásticos
Plasti-Noticias, mayo 1991

Blanco V., Rafael
Reciclado de Plásticos...el negocio de los 90's
Plasti-noticias, enero 1992

Cairncross, Frances
How the Europe's companies reposition to recycle
Harvard Bussines Review, marzo-abril 1992

Cairncross, Frances
Cleaning up (a survey of industry and the environment)
The Economist, septiembre 8, 1990

Conde Ortiz, Mónica
Reciclado de plásticos
Plasti-noticias, enero 1992

Cox, Jackie.
A look at the complex problems involved in the recycling issue
American Paper Maker, agosto 1990

Gozewski, Mary Anne

New Illinois program "burning rubber" to cut waste, reach clean air goals

The Energy Report, diciembre 10, 1990

Hanson, Joe

How to end an environmental outrage

Magazine for magazine Management, diciembre 1, 1990

Imazz, Fred D.; Straus, Richard

Municipal solid waste and the paper industry;The next five years

Pulp & Paper, Marzo 1990

Jormanainen, Marti

Biothermal treatment of municipal solid waste combines fermentation of organic waste and combustion of refuse derived fuel in a fluidized bed boiler

Modern Power Systems, Noviembre1990

Kuster, Ted

Metals in solid waste rising (scrap)

American Metal Market, agosto 17, 1990

Leaversuch, Robert

HDPE recycling: It's a big volume opportunity waiting to happen

Modern Plastics, agosto 1988

Mohr, Patricia

Newsprint recycling: a challenge for the 1990's

Pulp and Paper Journal, marzo 1990

Nankevill, Bill

Recycling the pintie

Dairy Industries International, marzo 1990

Nir, Moira Marx

Recycling implications of post-consumer plastic waste

Plastics Engineering, octubre 1990

Padilla Massieu, Carlos
"La Basura" su problemática solución
Plasti-Noticias, agosto 1988

Perrone, Corrado
No es una utopía la recolección diferenciada para el reciclaje
Poliplasti e Plastici Rinforzati

Perrone, Corrado
Reciclaje: El "modelo" japonés
Poliplasti e Plastici Rinforzati

Powell, Jerry
Bottles to walls
Beverage World, agosto 1990

Schut, Jan H.
El reciclaje y el manejo de los desechos
Plastics Technology, ed. 41

Smith, Emily T.; Woodruff, David; Templeton, Fleur
Growth vs. Environment
Business Week, mayo 11, 1992

Sorenson, Don
Enviromental concerns, Economics drive paper recycling technology
Pulp & Paper, marzo 1990

Staniulis A. , George
Plásticos de alto rendimiento: Nuevos retos, nuevas oportunidades
Conferencia NPE 91, McCormick Place, Chicago, Ill.

Stone, Robert F.; Ashford, Nicholas A.
Recycling the plastic package
Technology Review, julio 1992

Stoyer, Lloyd
Solutions to scrap tire pollution
Modern Tire Dealer, noviembre, 1990

White, Michele Marie.
Collection the problem; Demand the solution
Pulp & Paper, Marzo 1990.

AISTAC-IMIQ
IV Congreso de Ecología
Julio 1992

American Paper Institute
Can papermakers reach goal of 40% recycled fiber set for 1995?
American Papermaker, junio 1990

Entrevista al Ing. Humberto Reyes, CANACINTRA
Reanudar el proyecto sobre la separación de vidrio, papel, metal y plástico.
Plastinoticias, Marzo 1992

Tire Disposal Equipment Directory
Tire Review, febrero 1990

Whole tires to fuel new energy plant
Modern Tire Dealer, junio 1990