



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

REUTILIZACION DE MATERIALES RECICLABLES
PROVENIENTES DE LA BASURA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
AREA: INGENIERIA INDUSTRIAL
P R E S E N T A :
MARIA DE LOURDES MARQUEZ GUTIERREZ



México, D. F.

1993

FESIS 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.

REUTILIZACION DE MATERIALES RECICLABLES PROVENIENTES DE LA BASURA

INDICE

	OBJETIVO E INTRODUCCION	1
CAPITULO 1	ANTECEDENTES.	
1.1	Definición de desechos sólidos y su clasificación	5
1.1.2	Composición de desechos Sólidos Urbanos	6
1.2	Tratamiento de los desechos Sólidos en México	9
1.3	Desechos Sólidos	10
1.4	Composición del Desecho Sólido Urbano en Diferentes Ciudades	11
CAPITULO 2	EL RECICLAJE DE PLASTICOS.	14
2.1	Introducción al Reciclaje de Plásticos	14
2.2	Antecedentes	15
2.3	Tipos de Plásticos que se Reciclan	15
2.3.1	Polietileno (PE)	16
2.3.2	Cloruro de Polivinilo (PVC)	16
2.3.3	Polipropileno (PP)	17
2.3.4	Poliestireno (PS)	17
2.3.5	Tereftalato de Poliestileno (PET)	17
2.3.6	Otros Plásticos	18
2.4	Mercado	18
2.4.1	Fuentes de Desecho	19
2.4.1.1	Los Hogares	20

2.4.1.2	El Comercio e Instituciones	20
2.4.1.3	Las Industrias	20
2.4.1.4	Otras Consideraciones	20
2.5	Oferta	22
2.6	Sistema de Codificación para envases Plásticos	23
2.7	Aspectos Sociopolíticos y Ambientales	23
2.8	Tecnologías Disponibles	25
2.8.1	Plásticos de la Misma Especie	25
2.8.2	Mezclas de Plásticos	26
2.8.3	Tecnologías Especiales	27
2.8.3.1	Recuperación de Poliestireno	27
2.8.3.2	Reciclaje de Botella de PET	28
2.8.3.3	Tecnología Para El Reciclado de Plásticos Mixtos.	29
2.8.3.4	Tecnologías Adicionales de Proceso	32
2.8.3.5	Reciclado Térmico	35
2.9	Niveles de Inversión	36
2.10	Manufactura y Sus Empleos A Partir de Plásticos Mixtos Reciclados	37
2.11.1	Productos con Mayor Valor Agragado	38
2.11.2	Compatibilizadores	38
2.11.3	Desarrollo de Nuevos Productos	39
2.12	Tendencia y Pronóstico	40
2.12.1	Evaluación y Tendencias de los Precios de las Resinas	40
2.12.2	Pronóstico Internacional del Plástico	41
2.12.3	Tendencias de las Manufacturas Plásticas en México	42
2.12.4	Tendencias de los Materiales de Empaque	43

CAPITULO 3	EL RECICLAJE DE METALES	45
3.1	Los Metales en el DSU en en los E.U.	45
3.2	El Reciclado de Aluminio en México	46
3.2.1	Consumo	46
3.2.2	Balanza Comercial	47
3.2.3	Costo de Energía Eléctrica	47
3.2.4	Conclusiones	49
CAPITULO 4	EL RECICLADO EN LA INDUSTRIA DEL MUEBLE DE MADERA	50
4.1	Estructura de la Industria	50
4.2	Materiales Reciclables	50
4.3	Tendencias	51
CAPITULO 5	RECICLADO DE LLANTAS	53
5.1	Antecedentes Ambientales	53
5.2	Tecnología del Proceso	54
5.3	Potencia del Mercado	55
5.4	El Plan de Negocio	56
5.4.1	Precio de Venta	57
5.4.2	Presupuestos de Costos y Margenes	58
5.4.3	Estrategía Comercial	59
5.4.4	Competencia	60
CAPITULO 6	EL RECICLADO DEL VIDRIO	61
6.1	El Vidrio en el Desecho Sólido Urbano	61
6.2	Reciclado y Mercado del Desecho de vidrio	61
6.3	Ventajas y Desventajas del Reciclado del Vidrio	62

6.4	El Vidrio como Material de Empaque	62
6.4.1	Ventajas y Desventajas del Vidrio Como Material de Empaque	63
6.4.2	Competencia del Empaque de Vidrio	64
6.4.3	Desarrollos Tecnológicos	64
CAPITULO 7	EL RECICLADO DEL PAPEL	65
7.1	Las Preocupaciones Ambientales y las Fuerzas Económicas Impulsan el Desarrollo de Tecnología para el Reciclado	65
7.2	Cifras Internacionales	66
7.3	Costos Competitivos	67
7.4	Características Nacionales	67
7.5	Proceso de Reciclado de Papel	67
7.5.1	Abasto de Papel	68
7.5.2	Defibrado	68
7.5.3	Remoción de Contaminantes	69
7.5.4	Remoción de Tintas	69
7.5.5	Blanqueado	69
7.6	Tendencia del Papel y Cartón Como Material de Empaque	
CAPITULO 8	GENERACION DE ENERGIA	71
8.1	Aspectos Generales	71
8.2	Tratamiento Biotérmico de la Basura	71
8.2.1	Preparación del Combustible a partir de la Basura	72
8.2.2	Combustible de RDF	73
8.2.3	Tratamiento Biotermico de la Basura con Tecnología Finlandesa	73
8.2.4	Beneficios del Tratamiento Biotérmico	74

8.2.5	Localización de la Planta	74
8.2.6	Energía Generada	74
8.2.7	Montos de Inversión	75
8.3	Producción de Gas en los Tiraderos de Basura	75
8.3.1	Tecnologías de Producción de Gas Combustible en los Tiraderos	76
8.3.2	Aplicación del Gas Combustible Producido en los Tiraderos	76
8.4	Incineración de Llantas	77
8.4.1	Proceso	77
8.4.2	Producción	77
8.4.3	Control de Emisiones	78
CAPITULO 9	MARCO LEGAL	79
	CONCLUSIONES	81
	BIBLIOGRAFIA	84

OBJETIVO:

Investigar posibles soluciones sobre la problemática de los desechos sólidos, arrojados en los centros de acopio basureros.

Una de nuestras grandes problemáticas, es sin duda, la contaminación del aire, del agua y del suelo.

Sabemos que la contaminación es la respuesta de la naturaleza que alerta al hombre, cuando se equivoca o abusa de su actos.

Es esencial la buena tecnología en el proceso de reciclaje de desechos para resolver en gran parte el problema de la contaminación y obtener beneficios ecológicos y económicos en el cual se transforme estos desechos en algo útil.

Sin duda alguna, ello mejora la calidad de vida del hombre a través de nuestra forma de vida cotidiana.

INTRODUCCION:

Con la llegada a México de la Revolución Industrial se empiezan a presentar junto con todos los beneficios que aporta también los inconvenientes y estragos provocados por la industrialización los cuales con el paso del tiempo se han multiplicado a tal grado que su repercusión es de vital importancia en el deterioro del ambiente.

Las primeras formas de contaminación en el Valle de México son: La atmosférica, la del agua, el ruido y la del suelo: ésta última provocada por la acción de los desperdicios sólidos acumulados tanto en la superficie del área metropolitana, como en los depósitos destinados para este fin.

La mayoría de los desechos sólidos que generan contaminación provienen de desechos que podrían ser reciclados o reutilizados por lo tanto surge la siguiente pregunta:
¿Qué pasa con la basura y qué soluciones se le están dando?

Nos damos cuenta que la basura representa un problema de una magnitud impresionante y que las soluciones que se están aplicando no son del todo correctas, ya que se limitan a pasar el problema de lado a lado y ésta es cada vez más grave y a mayor escala.

Hemos llegado a tal grado que ya existen barcos especializados para arrojar la basura en el mar. ¿Quién tiene el control de esto?. En este punto llegamos a la conclusión de que la basura no tiene solución y que el último remedio es la prevención, es decir la solución es darle una segunda vida a una gran parte de ésta.

Una familia urbana que se compone en promedio de cinco personas produce un metro cúbico de basura mensualmente. Sabemos que una familia que consume desordenadamente produce más basura que una familia que compra lo correcto para vivir, produce menos.

Es tan grande la producción de basura en el Valle de México, que estamos generando tres millones de metros cúbicos al mes.

Para hacer la idea más gráfica y concreta de lo que representa este volumen de producción al mes, diremos que el Estadio Azteca de la Ciudad de México, desplaza un millón de metros cúbicos. Esto quiere decir que tendríamos que excavar tres cráteres de la capacidad del Estadio Azteca para enterrar este volumen de basura. No existen ni habrán recursos económicos ni humanos para poder llevar a cabo esto, por otra parte y como podremos ver más adelante los entierros no dan resultado, no sirven. Y si los hubiera, sería un gran desperdicio de orden económico y humano.

Por esto es que entendemos y comprobamos que existen tantos tiraderos a cielo abierto en barrancas, lagos, alcantarillados, terrenos baldíos y parques.

El hombre que habita este planeta no tiene derecho ni debe acabar con los recursos naturales de una manera también inconsciente, con esta acción solamente está provocando una gran contaminación.

Sin nos esforzamos en pensar un poco más allá de la contaminación que está produciendo la basura, nos daremos cuenta que la mano de obra de recoger tiene un costo, que la basura fue anteriormente un producto utilizable y posteriormente un desperdicio, pero cuya elaboración con lleva un proceso de fabricación para su transformación de materia prima a producto. También hay que tener en cuenta que hasta la fecha no hay industria que no contamine.

Así nos percatamos de que además del gravísimo problema de estar acabando con nuestros recursos renovables y no renovables, hay muchos otros aspectos de la problemática que debemos atender. También es un hecho que estamos viviendo inadecuadamente, soportando la contaminación originada por la basura y por la industria y con esto vamos acelerando un proceso de autodestrucción.

Para tener datos mas manejables, podíamos separar la existencia de la humanidad en diferentes etapas encontrando que en su primera etapa hasta 1960 el hombre producía menos cantidad de basura que la que se desprende de esa década a la época actual en que ha crecido según estadísticas un millar por ciento de desechos que conllevan a un gigantada acumulación de basura.

Si la basura ya existiera en si como cosa dada, como cosa natural no le quedaría al hombre más remedio que padecer por la contaminación. Pero lo verdadero y triste es que el mismo humano es quien continuamente la produce, debido a la incultura, malos hábitos, flojera e irresponsabilidad.

El propio hombre sin recapacitar en la causa de la producción de basura, se ha concretado a investigar porqué es que contamina y porqué enferma y ha ideado sistemas para desaparecerla, siendo los más difundidos en el mundo la pepena, incineración, entierro, destilación, o pirólisis, trituración y compactación.

Ahora tenemos que empezar por definir que es la basura. Y basura es: dos o más desperdicios que revueltos entre si provocan contaminación y enfermedad, esto quiere decir que si son dos o más desperdicios que no están revueltos entre si y no ocasionan contaminación, no constituyen basura.

Primeramente tenemos que aceptar que todos somos consumidores de todo. Empecemos a preguntarnos de donde vienen las cosas y que beneficio nos proporcionan si es posible sustituirla o hacerla; ¿Que sucede cuando el desperdicio?, ¿Que produce cuando ya no sirve, ¿Cuanto esfuerzo le dedico al comprarlo, al consumirlo y desperdiciarlo?.

El hombre no se ha detenido a meditarlo, ha cuantificado lo que hacen otros hombres, por lo que él no hace y cree que esta resolviendo su problema de trabajo físico.

Demos un ejemplo: La gran mayoría de la gente cree que el recoger la basura ya resolvió el problema de no hacer un esfuerzo, no ha cuantificado el costo que hace su gobierno junto con otros hombres para resolver este problema.

Al consumir el producto de otros hombres, tenemos que ser responsables de lo que estos están haciendo, sino están resolviendo el problema de la contaminación, nosotros debemos hacerlo.

Ser más autosuficiente para tener el control de nuestros actos poniendo un poco más de esfuerzo físico por lograr nuestro bienestar.

CAPITULO I

ANTECEDENTES.

1.1. DEFINIICION DE DESECHO SOLIDOS Y SU CLASIFICACION:

Desechos sólidos son los residuos de materiales orgánicos e inorgánicos inservibles para el ser humano, apartados y arrojados por el mismo hombre, como desperdicios, que puede ser reutilizables.

Estos desechos son depositados en centros de acopio (basureros con que cuentan los servicios de limpia de las diferentes entidades que conforman el país; ocupandonos principalmente el caso del Distrito Federal, por ser la zona de mayor generación de basura y desechos, tanto orgánicos como inorgánicos.

Los desechos sólidos algunas veces son clasificados y separados de acuerdo a sus características; aunque no siempre se separan todo ellos, ya que las personas que se dedican a esto, lo hacen únicamente por el interés económico que dicha actividad puede tener sin tomar en consideración los aspectos ecológicos y de beneficio en la lucha contra la contaminación, que esto puede representar. Tenemos así: que llegan las unidades del departamento de limpia al lugar de acopio con desperdicios sólidos de muy diversas clases, siendo los principales grupos:

- a) Desechos orgánicos biodegradables como son: Frutas, legumbres, cáscaras, todo lo que son alimentos, etc.
- b) Desechos inorgánicos biodegradables como son: Cartón, papel, madera, celulosa, textiles, etc.
- c) Desechos inorgánicos no Biodegradables como son: Plásticos, hules, vidrios, etc.
- d) Residuos y cenizas. Los que se producen por la combustión de madera, coque y otros combustibles orgánicos.
- e) Desechos especiales. Los que se barren de las calles y carreteras.
- f) Desechos de plantas de tratamiento. sólidos y semisólidos.

Estas partículas se desprenden al medio ambiente y son acarreadas por los vientos, vienen ahora a formar parte de la contaminación causada por partículas en suspensión, la cual no es otra cosa que pequeñas partículas sólidas suspendidas en el aire, las cuales pueden, tanto precipitarse sobre la superficie de la ciudad como ser inhaladas por los organismos vivos, lo cual causa irritaciones en las vías respiratorias y padecimientos oftálmicos por irritación de las mucosas al entrar estas en contacto con dichas partículas.

Debido a esto y al gran volumen de desechos generados diariamente en las ciudades, y a la incapacidad o poco interés de los clasificadores de desechos, hemos decidido que: por una parte, como una medida para evitar la gran acumulación de desechos plásticos, y por el gran volumen de materia prima disponible, implementar acciones tales como el diseño de productos y reutilización de materiales.

En base a esto, y considerando los beneficios que pueden surgir de la elaboración de productos de esta naturaleza, consideramos que es factible el pensar en una pequeña industria que se dedique al procesamiento de estos materiales, generando por una parte, fuentes de trabajo las cuales activan la economía del país y el bienestar social, así como un mecanismo que por su naturaleza permita lo a reutilización de materiales que no son biodegradables, con lo cual se ayuda aunque de una manera muy modesta a disminuir los volúmenes de materiales sólidos no biodegradables en los tiraderos de basura del área metropolitana.

Por otra parte visto desde el punto de vista de Ingeniería Industrial, es interesante estudiar la factibilidad y costabilidad de iniciar una empresa que por sus características es totalmente nueva en el país, pudiendo ser ésta una oportunidad para marcar la pauta en cuanto a la reutilización de materiales que hasta la fecha se han considerado como de desecho.

1.1.2. COMPOSICION DE LOS DESECHOS SOLIDOS URBANOS.

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

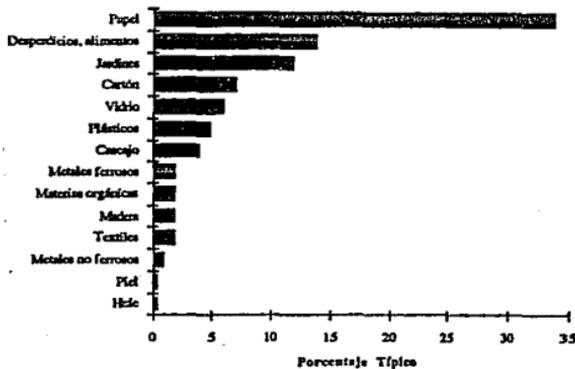
TABLA 1 COMPOSICION TIPICA DE LOS DESECHOS SOLIDOS URBANOS POR MASA

COMPONENTES	RANGO%	TIPICOS%
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.

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.



GRAFICA COMPOSICION TIPICA 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 adicional 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 2. ANALISIS DEL VALOR CALORIFICO DE LOS DSU

ANALISIS APROXIMADO	RANGO % masa	TIPICO % masa
Humedad	15-40	20
Material volátil	40-60	53
Carbono fijo	5-12	7
No combustible	15-30	20
ANALISIS FUNDAMENTAL (Comp. 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 CALORIFICO POR MASA.		KJ/KG
Frac. Orgánica	12,000-15,000	14,000
Total	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 3 DATOS TIPICOS DEL ANALISIS FUNDAMENTAL PARA LOS COMPONENTES DEL COMBUSTIBLE CONTENIDOS EN LOS DSU (datos en % masa)

COMPONENTES	C	H2	O2	N2	S	Cenizas
Desperdicios Alim.	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
Téxtiles	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	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 4 DATOS TIPICOS DE RESIDUOS INERTES ENERGETICO EN LOS DSU.

COMPONENTES	RESIDUOS INERTES % masa		ENERGIA kJ/kg	
	RANGO	TIPICO	RANGO	TIPICO
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

1.2. EL TRATAMIENTO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS EN MÉXICO

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.

1.3. DESECHOS SÓLIDOS.

Aproximadamente el 30% de los DSU que se generan en el país se encuentran localizado 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 por día y 25,000 toneladas por día de desechos sólidos industriales en el valle de México.

Tabla 5 Producción de desechos sólidos en México, 1989 (millones de toneladas).

Desechos sólidos industriales (DSI)	9.2
Desechos sólidos urbanos (DSU)	7.3
T O T A L	16.5

En relación 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 será 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 como se muestra en la tabla 2.

TABLA 6 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
T O T A L	9,093

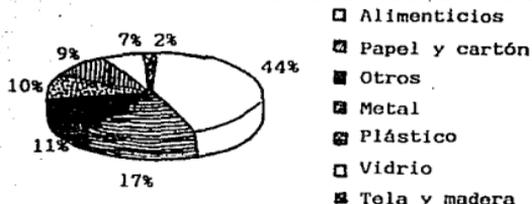
1.4.COMPOSICION DE LOS DESECHOS SOLIDOS URBANOS EN DIFERENTES CIUDADES

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 3.

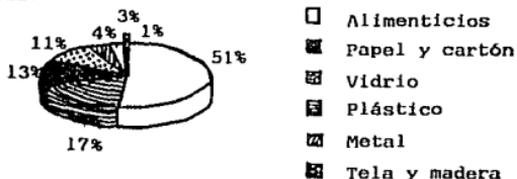
Tabla 7 Composición de los DSU (% de peso) en la Ciudad de México y algunas ciudades de la República.

Ciudad	papel cartón	metal	vidrio	tela madera	plastico	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

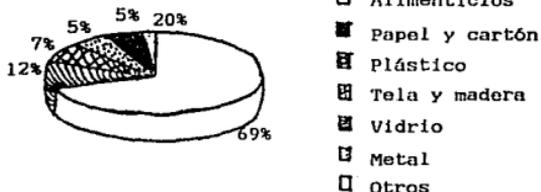
A través de las siguientes gráficas se pueden apreciar las composiciones de los Desechos sólidos urbanos por Ciudad.



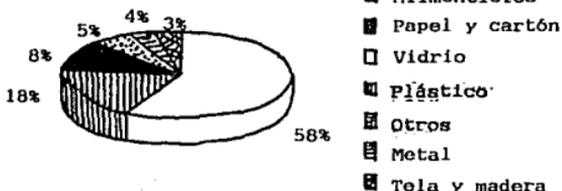
Gráfica 1. Composición de los desechos sólidos medidos en peso en la Ciudad de México.



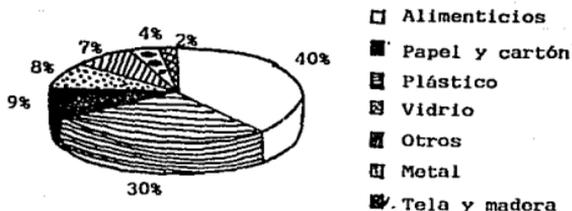
Gráfica 2 Composición de los desechos sólidos medidos en peso en la Ciudad de Córdoba.



Gráfica 4 Composición de los desechos sólidos medidos en peso en la Ciudad de Tampico.



Gráfica 5 Composición de los desechos sólidos medidos en peso en la Ciudad de Veracruz.



Gráfica 6 Composición de los desechos sólidos medidos en peso en la Ciudad de Villahermosa.

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

Al igual que en otros países del mundo donde los problemas ambientales y han sido solucionados, en México se requiere de mecanismos que permiten pasar del conocimiento tecnológico, científico y social a la acción específica. Para ello en algunos municipios del país así mismo 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.

Capítulo 2

EL RECICLAJE DE PLÁSTICOS.

2.1. INTRODUCCION AL RECICLAJE DE PLÁSTICOS

Por las excelentes propiedades de los plásticos, estos han substituidos muchos de los metariales 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 plásticos. De acuerdo con los patrones actuales de consumos 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 plásticos, 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 pdecemos.

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

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 5% del contenido de la basura municipal (variando de acuerdo con 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 plástico contribuye a la reducción de volúmen de la basura y se convierte en una oportunidad para la creación de negocios de alta rentabilidad.

2.2 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 reclamiento.

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 plástico 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 plásticos que representan una gran riqueza, así como pensar en su adecuada administración otorgándole 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.

2.3 TIPOS DE PLASTICOS 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.

2.3.1 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 reciclados. 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, base para botellas de refresco, tubería para riego e instalaciones eléctricas, tambores, tarimas, cajas de refrescos y muchos otros productos.

2.3.2 CLORURO DE POLIVINILO (PVC)

Las características del PVC como envase son la transparencia y la resistencia química. Debido a su versatilidad y compatibilidad y 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 plásticos, 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.

2.3.3. 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 U.S.A., Inc. 70,000 toneladas de P.P. se reciclan por año en los E.U.A. que recuperado se utiliza para la fabricación de baterías nuevas, el resto se utiliza en otras aplicaciones automotrices y productos de consumo.

2.3.4 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 yogurt, 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.

2.3.5 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, 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 reacuperados son: Envases para productos no alimenticios, alfombras, láminas para empaques con cubierta rígidas y transparentes, pinturas industriales, moldes de piezas de ingeniería, etc.

2.3.6. OTROS PLASTICOS

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.

2.4. 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.

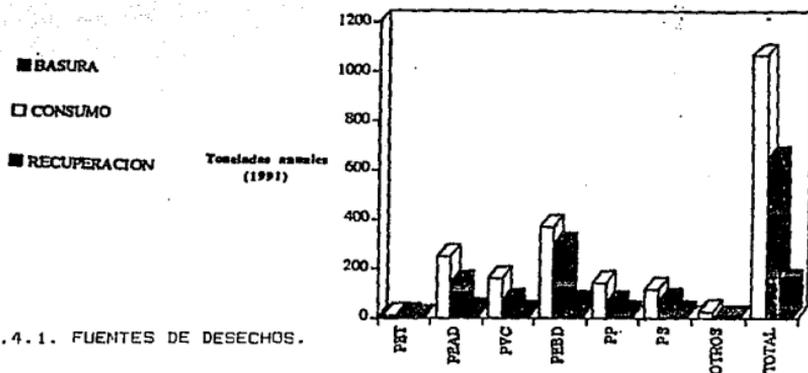
En México, el gran volumen de consumo de plásticos está en el sector de los envases, ocupando el 47% el cual tiene un periodo de vida útil muy corto, por eso es el que representa el mayor problema. La principal fuente de desechos plásticos son los hogares que aportan un 70%, seguido por las industrias 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, yPET: siendo sus consumos en México, para el año de 1991 los siguientes:

Tabla B Consumo Basura Recuperación , en México (1991).

TIPO	CONSUMO	BASURA	RECUPERACION
PEBD	570,000	300,000	50,000
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	1,270,000	650,200	150,050

GRAFICA 7 RELACION CONSUMO-BASURA-RECUPERACION POR TIPO DE PLASTICO.



2.4.1. FUENTES DE DESECHOS.

Son generados de edesechos plásticos, las industrias fabricantes y transformadores así como el consumidor final.

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

2.4.1.1. 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.

2.4.1.2. 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 electrodomésticos, muebles y artículos electrónicos, proveen cantidad importantes en volúmen 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 PEA. Se estima que el comercio contribuye con el 10%.

2.4.1.3. 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 industriale). Se estima una contribución de desechos de la industria de aproximadamente 20%.

2.4.1.4. 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 anulándose las posibles ganancias. Debemos obtener respuestas que, además de solucionar el problema, produzca 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 va 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, ¿Que 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 adecuado 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.

2.5 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 Evases Plásticos" que dirige sus esfuerzos principalmente a la recuperación de PET, esperando así poder reciclar cerca de 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 mas barato que el material virgen.

PET se está volviendo un problema en México ya que de las 10,000 toneladas producidas en 1991 en 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, detergente, 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 elástica, recipientes o contenedores para basura, loderas autométricas, 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.

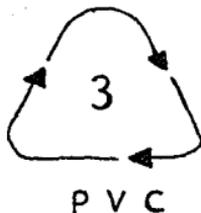
Actualmente, la principal barrera para el reciclaje de PEAD es lo inadecuado de los sistemas de recolección. La mejor solución sería poder separar poliolefinas (polietilenos y polipropilenos) antes de que éstas entren a la corriente de desechos municipales.

2.6. SISTEMA DE CODIFICACION PARA ENVASES PLASTICOS.

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:

- 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.

2.7. ASPECTOS SOCIOPOLITICOS Y AMBIENTALES.

Aunque estos aspectos se han tratado en otros capítulos y de manera general para los DSU, aquí presentamos sólo 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 la 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 40% 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 degradable lo cual ha propiciado la generación de tecnologías en base a la adición de sustancias al plástico que provoque 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: Bloque plásticos llamados "madera plástica" son usados en el sector agrícola, marino y construcción de carreteras. Las estructuras de madera plásticas 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.

2.8. TECNOLOGIAS 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.

2.8.1. PLASTICOS 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 regranulado 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 clasificados por tipo de plásticos 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 separa la suciedad poco adherida (tierra, piedra), después de la molienda por un proceso de lavado de tinajas 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 cuchilla 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.

2.8.2. MEZCLAS DE PLASTICOS.

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.

1. Fragmentación de los desperdicios.

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

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

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

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

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

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

8. 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.

9. 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 de 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% 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 "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 origina, habiendo sido desarrollado por la empresa Mitsubishi. Posteriormente, Advanced Recycling Technology desarrolló mejoras. Existen 20 empresas que explotan este proceso en Europa y Rusia, y una en Michigan. La unidad completa tiene un costo de \$ 25,000. US y su producción es de 50 t/mes promedio.

2.8.3. TECNOLOGIAS ESPECIFICAS.

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

2.8.3.1. RECUPERACION 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.

DESCRIPCION DEL PROCESO

- 1- Se colocan en un transportador de bolsas de desechos que contienen poliestireno, las cuales se rompen manual o automaticamente.
- 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 bacteria.
- 4- El material molido grueso cae por gravedad en una secadora centrifuga 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 mallas y se empaqa.

2.8.3.2. RECICLAJE DE BOTELLAS DE PET.

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

Las compañías St. Jude separa las botellas por color ya que el PET natural es más deseable que el verde o los colores mezclados. Su proceso tambien 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 sistemas automatizado para separar las tapas de aluminio, "base cups" y botellas de diferente color antes de granularse.

La Aiding Automation Corp. ofrece una maquina comercial que procesa botellas de plástico, las cuales deben venir completas, y automaticamente les quita el pegamento, la base y cualquier otro fracción que no sea PET.

En el caso de Envioco 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.

DESCRIPCION 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 solvente a 71°C donde se disuelve al 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 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 pobre 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.

2.8.3.3. TECNOLOGIA PARA EL RECICLADO DE PLASTICOS MIXTOS.

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

La sociedad Suiza Tislian 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 represente 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 Tissland 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 entre 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 al material y posteriormente es transportado a los tanques de flotación donde es lavado y relimpiado. A continuación pasa a una centrífuga para su secado soplando 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 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, se 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 inyectándole 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 está 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 7 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 proporcionarían 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 a 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 comprimidos o por moldeador.

2.8.3.4. TECNOLOGIAS ADICIONALES DE PROCESO

Hidrociclones.- Son separadores más eficientes que los de paletas y flotación y utilizan menos agua. Se usan comúnmente 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 entrea 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 4.5 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 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 45.4kg 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 boquillas con faz caliente y baño de agua y una granceadora. Su costo es de 110,000 dólares.

Extrusora sin desfoque 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 desfoega 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 polvo con un tamaño de partículas 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 77°C. el de mayor uso es el nitrógeno líquido.

A continuación se presenta un esquema de este proceso:

Alimentación de desperdicios

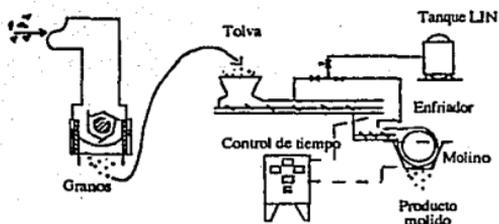


FIGURA 1. Proceso de Molienda Criogénica.

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 9 Consumos en el Proceso.

Material	Consumo kg/kg N2(l)	Consumo kg/gh CO2	Temperatura 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

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 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.

2.8.3.5. RECICLADO TERMICO.

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

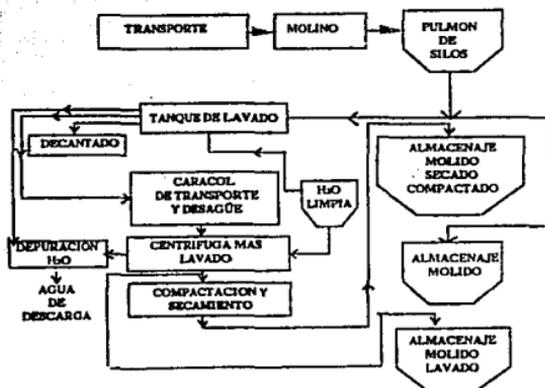
Análisis comparativo de la molienda a bajas temperaturas en relación con la molienda normal:

. 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



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 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, suministran el 30% de la energía necesaria en una central de incineración.

La energía no se desaprovecha y aque casi todas la 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 300,00 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.

2.9 NIVELES DE INVERSION.

A continuación se presenta la tabla 6 con información para estimar costos de inversión en líneas de plásticos reciclados de películas de PE y PP.

Tabla 10. Niveles de inversión para líneas de reciclado de películas de PE y PP.

TIPO DE MAQUINARIA	SIKOPLAST	ARENA	SDRENA	WEISS	FOM
Tecnología	Alemana	Austriaca	Alemana	Alemana	Italiana
Modelo	140/90/1	rgh 50	fr100/160	wr1600	mee 70
Capacidad(kg/h)	140	125-150	500-1000	150-300	120-150
Producción mensual(t)	70	75-25	250-500	75-150	75
Costo operación total(pesos/kg)	400	350	250	300	300
Costo Instalación (millones de pesos)	500	720	4000	800	450

2.10 MANUFACTURAS Y SUS EMPLEOS A PARTIR DE PLASTICOS 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 11. 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, cimientos en construcciones.	Nilon, 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: Acrilnitrilo butadileno estireno.

2.11.1 PRODUCTOS CON MAYOR VALOR AGREGADO.

El verdadero potencial de ganancia para recicladores de botellas de PET esta en los productos con mayor valor agregado que pueden obtenerse con resina recuperada: con la adición de aditivos para hacerlos más procesables o agregandoles materiales de refuerzo que incrementen sus propiedades físicas o incluso produciendo extruidos como productos finales. En E.U.A., compañías como MA industries y MRC Polymers están introduciendo materiales a partir de estos compuestos que incluyen pliéster grado extrusión para aplicaciones en hojas, fibra, película, 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 aliaaciones 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 de poliuretano. Añadir operaciones como granulado, creación de compuestos, extrusión y moldeo no representaría problemas para el reciclado.

La empresa Trio Products de Clivelan esta estruyendo láminas a partir de botellas del PET y termoformandolas en cartones transparentes para huevo. El PET proviene en este caso de los programas de recolección urbana en Pensilvania y California del Norte. Además del activo del cartón transparente, el PET le brinda una mayor protección al producto.

2.11.2. 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 la elaboración de mezclas. El velo que rodea esta área de la tecnología esta empesado a levantarse, abriendo al mismo tiempo una oportunidad al reciclado para poder utilizar 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 ocaciones 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. Eto 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 no hablan de un compatibilizador basado en un copolímero del propileno especialmente útil para reciclar desechos de empaques coestruidos. El instituto de procesamiento de polímeros en el instituto Stevens de tecnología a informado de un polipropileno modificado que a probado efectividad para unir poliolefinas con PET. El centro para la investigación de polímeros de la universidad de Texas a 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 con la empresa DOW CHEMICAL para unir estirenos y poliolefinas en un proyecto de mejora de las propiedades mecánicas de algunos plásticos como polistirenos.

2.11.3. 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, Nueva Jersey, con su nueva aleación de PET/policarbonato (PC) con hasta el 80% de resina reciclada que esta introduciendo al mercado bajo la marca "Impact". El aspecto más relevante en la aleación es el empleo de resinas recicladas como materia prima. La aleación incluye botellas de PET provenientes de la recolección municipal de basuras, PVC virgen y reciclado y agentes exclusivos para compatibilizar los polímeros. La Allied/Signal a establecido una red de aprovisionamiento de la resina PET reciclada con municipalidades escogidas en los E.U. la empresa provee compactadores y compra las botellas a intervalos regulares en el futuro, nuevamente la Allied/Signal planea utilizar el 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 copetencia, 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 sera otra ventaja adicional. Las aplicaciones incluyen piezas automotrices estructura, componentes electricos-electronicos, piezas para herramientas mecánicas y aparatos.

2.12. TENDENCIAS Y PRONOSTICOS

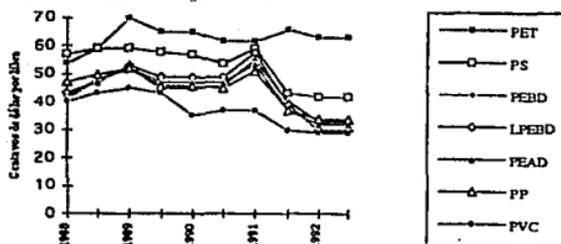
2.12.1. EVOLUCION Y TENDENCIAS DE LOS PRECIOS DE LAS RESINAS.

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

TABLA 12. PRECIOS DE LAS RESINAS PLASTICAS EN EL MERCADO INTERNACIONAL
(En centavos de dólar por libra)

	PET	PS	PERD	LPEBD	PEAD	PP	PVC
Ene-88	54	57	42	43	41	47	40
Jul-88	59	59	48	47	48	50	43
Ene-89	70	59	52	53	52	52	45
Jul-89	65	58	45	49	47	46	43
Ene-90	65	57	45	49	47	46	35
Jul-90	62	54	46	49	47	45	37
Ene-91	62	59	55	58	54	51	37
Jul-91	66	43	40	39	37	37	30
Ene-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.



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, estas 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 superan 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 ajuste 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 E.U.A. y que se provee de botellas de leche de una galón usadas. Al quedar los precios de este material reciclado a solo 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 E.U. 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 movimiento brusco presenta a la baja, así como la que presenta mayor precio. Estos aspectos debería colocarla en 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 PTE 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 reciclados, además de ser un material con excelentes propiedades.

2.12.2. PRONOSTICOS INTERNACIONALES DEL PLASTICO.

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.

	CONSUMO DE PLASTICOS	CONSUMO RECICLADO	%
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 13 TENDENCIA DEL CONSUMO DE LOS MATERIALES PLASTICOS RECICLADOS

Materiales	1990	2000	%
Poliolefinas	450	1 760	14.6
PVC	55	430	23.5
PET	75	330	16.0
Poliestirenos	60	315	18.0
Polimidas	30	55	10.0
Técnicos	7	90	9.0
Total	667	2 980	16.0

Polimeros= Polipropileno y polietilenos.
 Poliamidas=Nylon.

2.12.3.TENDENCIA DE LAS MANUFACTURAS PLASTICAS EN MEXICO (MPC)

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

TABLA 14 TENDENCIA DE LAS MANUFACTURAS PLASTICAS EN MEXICO.

MPC	Resina	volumen 1991 Toneladas	tendencia 1996	tenacidad 2000	%parti- cipación
Películas trans- parentes	PEAD	321,622	3.0%	3.5%	33.7
Artículos para el hogar	PEAD	80,647	3.5%	2.8%	8.1
Rafía	PP	34,383	5.9%	4.9%	7.1
Envases dese- chables	PS	43,613	6.7%	5.5%	5.6
Envases de gran capacidad	PEAD	41,657	4.4%	4.0%	4.5
Película Indus- trial	PEBD	37,091	8.8%	6.6%	5.4
Artículos para le 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 envases	PEBD	21,326	8.5%	8.9%	3.4
Diversión	PEAD	20,148	8.0%	0.5%	2.1
Película flexible	PVC	17,938	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

2.12.4. TENDENCIA DE LOS MATERIALES DE EMPAQUE.

Ya se ha mencionado que el 47% del consumo de plástico es destinada 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, son las siguientes:

- 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 en contra de los empaque 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 estos 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 los 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, 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, el patrón actual de empaque no cambiará radicalmente. Los nuevos desarrollos tecnológicos provocarán que otros se tornen absolutos. Seguirán desarrollándose nuevas formas de empaque y con una mejor educación e información de los consumidores se lograrán niveles de reciclaje más altos. Estos 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.

CAPITULO 3

EL RECICLAJE DE METALES.

3.1. 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 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 disminuir.

En este período se espera un crecimiento importante en la cantidad retirada de la basura para ser reciclada, estimándose que para 1995 los metales llegarán 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 E.U.A. de 179.4 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 del 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 un 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 que 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 se cantidad se incrementó en un 50 % en el período, con un incremento en la recuperación de este recurso que pasó del 1% en 1960, al 14.6% en 1988.

Tabla 15 Cifras relativas a la participación de los metales en el DSU, en millones de toneladas.

AÑO	1960	1988	1995
Peso total de DSU	87.8	179.6	200
Pesos 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%

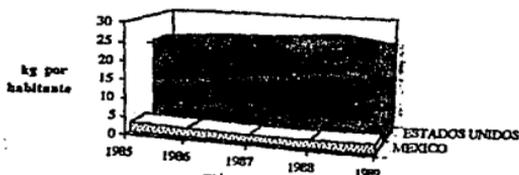
Las expectativas de la EPA para 1995 sitúan la recuperación de los metales ferrosos entre un 12.8% y un 20.5%, con cifras que llegan hasta el 55% en el caso de residuos de latería, mientras que los residuos de aluminio podría alcanzar niveles de recuperación de entre el 50% y el 64% con casos excepcionales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

3.2. EL RECICLAR DE ALUMINO EN MEXICO.

3.2.1. consumo.

México no es un gran consumidor de aluminio en relación con países como los E.U.A., cuyo consumo por habitantes es aproximadamente 16 veces mayor al de México. La industria mexicana del aluminio virgen, dispone también de una plataforma de elaboración muchos menor, ya que se cuenta con una sola planta productor, mientras que en los Estados Unidos se tienen 31 plantas productora de mayor capacidad.

CONSUMO POR HABITANTE DE ALUMINIO

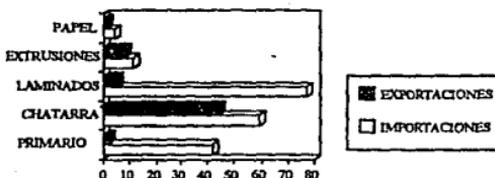


GRAFICA 9

3.2.2. 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

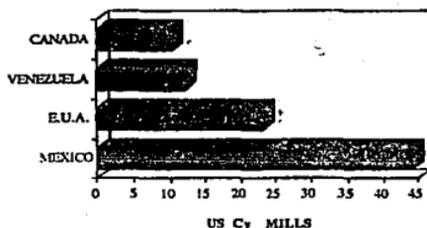


Miles de toneladas
Gráfica 10

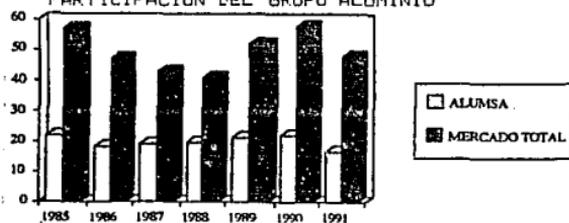
3.2.3. COSTO DE LA ENERGIA ELECTRICA.

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 por kilogramo de material es de 16.70 kWh/kg de aluminio, que obtiene a un precio 88.04% mayor que el de los E.U.A., 26% mayor que Venezuela y 43% mayor que Canadá.

GRAFICA 11
COSTO DE LA ENERGIA ELECTRICA.
Comparativo a 1991



PARTICIPACION DEL GRUPO ALUMINIO



MERCADO DE PRODUCTOS SEMIELABORADOS

GRAFICA 12

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.

3.2.4. CONCLUSIONES.

La industria de 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 recolecta, aunque se reciclen en el extranjero. En 1989 se exportaron más de 40,000 toneladas de chatarra y paradójicamente en el mismo periodo se importaron 60,000 toneladas del mismo material

CAPITULO 4

EL RECICLADO EN LA INDUSTRIA DEL MUEBLE DE MADERA

4.1. 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 revela 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 económicos 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

4.2. 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 aglomerado y triplays mientras que la micro y pequeña consumen mayores volúmenes de madera maciza de varias especies.

4.3 TENDENCIAS.

La tendencia en las plantas grandes es a modernizarse, lo que les permite aprovechar íntegramente 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 fabrica, 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 aglomerado, 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 de producto al lograr 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 y a 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 incinera irresponsablemente en destinos sin la tecnología adecuada, como lo es la fabricación rústica de ladrillos y otros 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 en 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.

CAPITULO 5

RECICLAR DE LLANTAS

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

5.1. ANTECEDENTES AMBIENTALES.

En los últimos años la identificación de problemas ambientales, y la búsqueda de soluciones económicas 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 guía 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 "verde", 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 proyectiva 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 positiva de la comunidad empresarial.

Las industrias como el plástico han comenzado a establecer estándares para el uso de materiales reciclados. En los Estados Unidos algunos cuerpos del gobierno está 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 tiempo 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 Setecientas mil al año son recicladas en materias primas para aplicaciones limitadas.

La magnitud del problema es aún más agudo en los Estados Unidos. Los tiraderos urbanos se están saturando, ocasionando que muchos de ellos prohiban 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 la 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 tamaño; 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 guarda el material desechado de otra manera.

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

5.2. TECNOLOGIA 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 a 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 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 Norteamericana 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 antiderrante. 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.

5.3. 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 9), 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 16. CONSUMOS DE ALGUNOS PLASTICOS EN CANADA, UNIDOS Y MEXICO.

TIPO DE PLASTICO	CANADA	USA	MEXICO	TOTAL
Polietileno de alta densidad	866	8505	235	9606
Polietileno 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

5.4. 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 materia primas; el procedimiento se describe a continuación:

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.

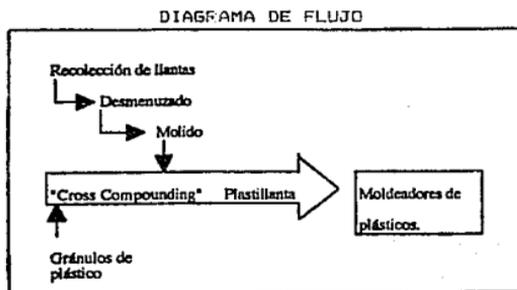


TABLA 17. RESUMEN FINANCIERO.

	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

5.4.1. 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 plástico, todos pueden ser mercados meta para Plastillanta.

TABLA 11. PRECISO DE CUATRO PRINCIPALES TIPOS DE PLASTICOS.

TIPO DE PLASTICO	PRECIO ACTUAL (USD)
Polietileno de alta densidad	.....\$ .38 /lb.
Polietileno de baja densidad	.....\$ .38 /lb.
Polipropileno	.....\$ .42 /lb.
Polietileno lineal de baja densidad	.....\$ .39 /lb.

Los grandes compradores pueden comprar a precios 5 o 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.

5.4.2. PRESUPUESTOS DE COSTOS Y MARGENES.

Los vendedores de llantas y los tiraderos municipales pagan de 100 a 200 dólares por toneladas 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", 2kg 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 de un margen de 39% sobre ventas.

TABLA 18. 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	\$	.045
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 par atraer clientes de volumen o, en el mejor escenario, el incremento marginal disponible para la empresa, conforme los plásticos se muevan afuera de los precios actuales.

5.4.3. 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 provienen un canal comercial "verde" y sólido para el material. En adiciones, Plastillanta permite a las compañías; manufacturar sus productos con un 25% post consumidor, un estándar que muchos fabricantes esta tratando de lograr; los productos manufacturados con Plastillanta son en sí reciclables.

Plastillanta tendrá un precio menor al costo de los materiales virgenes, 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 trailer.

En soporte a esta estrategia de "valor agregado" se podría establecer una división de servicios técnicos para guiar la continúa 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 producto, 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 convertirse en el "estándar de oro".

5.4.4. COMPETENCIA.

No hay producto en el mercado similar a Plastillanta, siendo los primeros se tiene la oportunidad de 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 Plastillantas 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".

CAPITULO 6

EL RECICLADO DEL VIDRIO.

6.1. EL VIDRIO EN EL DESECHO SOLIDO URBANO

Del total del Desecho sólido Urbano producido en México, se estima que el 7% lo integra el vidrio como se puede apreciar en la tabla 2 del Capítulo 1; Estos desechos de vidrio están compuestos principalmente por envases.

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

6.2. RECICLADO 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 volumen de vidrio que se recicla se tiene que en México la producción anual en 1991 ascendió 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 captación 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, 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.

6.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL RECICLADO 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 produce.
- Disminuye la cantidad de desechos que terminan en rellenos sanitario.
- Disminuye la cantidad de energía necesaria en el proceso, al substituir a las materias primas vírgenes.

Uno de los 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 E.U.A., procesadores 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.

6.4. 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.

6.4.1. 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 esto 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: Apesar de sus magnificas 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.

6.4.2. 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 horradando 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.

6.4.3. DESARROLLOS TECNOLOGICOS.

En la mayoría de los país 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 postsoplado para cualquier color, cuando se requiera, puede resolver todo estos problemas. El recubrimiento, de origen orgánico, se quema durante el proceso de reciclaje. Si las economía de escala que emergen de la operación de hornos de vidrio blanco, y las maynres 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 reenvase 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.

CAPITULO 7

EL RECICLAJE DE PAPEL.

7.1. LAS PREOCUPACIONES AMBIENTALES Y LAS FUERZAS ECONOMICAS IMPULSAN EL DESARROLLO DE TECNOLOGIA 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 aspecto, 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%.

7.2. 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 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 convierte en exportadores, por otro lado los países con índices de recuperación por abajo de su índice de utilización se convierte 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 del 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.

7.3. 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 toneladas métrica.

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

7.4. CARACTERISTICAS 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 impide 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.

7.5. 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. Esta etapas pueden ser descritas en el orden siguiente:

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

7.5.1. 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 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.

7.5.2. 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: estos están 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 solo al punto de defibración.

7.5.3. REMOCION DE CONTAMIANTES.

Los elementos a remover consisten principalmente, en partículas 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.

7.5.4. REMOCION 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 μ) 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.

7.5.5. 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 un enjuague con hidrosulfito de sodio. Con mayores necesidades de brillo se emplea adicionalmente otro enjuague con peróxido de alta consistencia.

7.6. TENDENCIAS DEL PAPEL Y CARTON 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 enmendados convencionalmente y reciclado, 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.

CAPITULO 8

GENERACION DE ENERGIA

8.1 ASPECTOS GENERALES

Tomando como base el análisis de los componentes en el capítulo 1, donde se detectó el alto contenido calorífico de los componentes de 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 ampliación 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.

8.2 TRATAMIENTO BIOTERMICO DE LA BASURA

Se ha encontrado, en los países industrializados, que los residuos sólidos también pueden emplearse como agente combustible para la producción de energía, dando el alto poder calorífico promedio que contiene (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 cámara 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 como viable combinar este proceso con 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 tratamientos de aguas negras.

8.2.1. PREPARACION 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 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 el 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 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 130 180 (m³/t) de desechos sólidos urbanos con 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 aproximadamente (21 MJ/m³).

9.2.2. COMBUSTION DE 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 combustibles 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 pudiera 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 y cuando 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 BIOTERMICO DE LA BASURA CON TECNOLOGIA 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 de un quemador de lecho fluidizado, el cual se encuentra equipado con una sección separada de post-combustión. En la primera fase 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.

8.2.4. BENEFICIOS DEL TRATAMIENTO BIOTERMICO.

Con este proceso no existe la formación de gases peligrosos ambientalmente; los olores desagradables son removido 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.

8.2.5. LOCALIZACION DE LA PLANTA.

Un sistema de dimensiones básica 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.

8.2.6 ENERGIA GENERADA.

El Desechos sólido urbano como ya se ha analizado, es una valiosa fuente de energía, por ejemplo, el total del Descho Sólido Urbano 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 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.

8.2.7. MONTOS DE INVERSION.

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.

8.3. PRODUCCION DE GAS EN LOS TIRADEROS DE BASURA.

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. DSE ha encontrado también 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 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 existe cerca de ciento cincuenta tiraderos en vías de producción de gas o en etapa de construcción.

8.3.1. TECNOLOGIA DE PRODUCCION 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.

8.3.2. APLICACIONES DEL GAS COMBUSTIBLE PRODUCIDO EN LOS TIRADEROS.

Los principales destinos de este tipo de gas 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 uso doméstico.

Otra de 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 principalmente de combustible para una planta de generación de electricidad de 23 Megavatios hora (MWH).

B.4. INCINERACION DE LLANTAS.

Como se vio en los Capítulos anteriores, 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.

B.4.1. PROCESO.

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

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.

B.4.2. PRODUCCION

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.

ESTA TESIS NO PUEDE
CALIFICARSE DE LA DEBIDA.

8.4.3. CONTROL DE EMISIONES.

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

1. El primero es una "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.

CAPITULO 9.

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 establece 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., consiste 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.
- Apliar 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 para la determinación del tratamiento adecuado que requiere los materiales o productos.

Así mismo en el Plan se propone el fomento de estacionamientos adecuados de recolección, tratamientos, reciclajes 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 establecer cuotas fijas para reciclado de materiales en industrias que los generen. 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 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.

CONCLUSIONES

En la búsqueda de soluciones para los materiales reciclables, es importante considerar algunos criterios ya establecidos como son el de la EPA para minimizar el impacto de éstos. De tal manera la EPA ha establecido las prioridades en cuanto a las acciones concretas que habrán de realizarse como base principal en orden de importancia tenemos:

- PREVENCIÓN
- RECICLADO
- INCINERACIÓN
- RELLENO SANITARIO.

Estos criterios podrían servir para identificar oportunidades de inversión.

La búsqueda de materiales reciclables inmediatamente enfoca 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 encuentran dentro de un ciclo de reutilización de los mismos. Por otro lado, los desechos sólidos urbanos 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 desechar productos y mezclarlos con otros residuos se disminuye su valor y se genera basura. Los métodos actuales de recolección de basura promueven la generación de basura y la destrucción de su valor, ya que no dirigen con eficiencia los materiales reciclables a sus mercados potenciales.

En este proceso se malgastan los recursos humanos y económicos en estos trabajos, que de otra manera serían innecesarios. También se tiene que considerar que las condiciones en las que se realiza la pepeña de la basura, son denigrantes y perjudiciales para la salud del ser humano. La recolección diferenciada es un eslabón faltante en la cadena del ciclo de vida racional de los recursos.

Para aprovechar 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 solo es cultural sino política.

Por lo antes expuesto 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 hay que aclarar que esto no tendría ningún beneficio significativo si el gobierno paralelamente no realiza cambios, que estimulen y permitan el desarrollo de un ciclo de generación de desecho-recuperación-reutilización.

Debido que los criterios para reciclar son de índole económica y de calidad, es importante que los recursos naturales estén valorados adecuadamente, lo cual no sucede en la actualidad; es por este motivo es responsabilidad de la sociedad y del gobierno buscar alternativas para que esto se logre.

En la época actual se considera a las materias primas en forma similar, como se valoró la mano de obra a finales del siglo pasado, cuando no se incluía los costos de seguridad y ni los de beneficio social que hoy se tienen; 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 planear, producir y consumir más responsablemente, y finalmente será sinónimo el reciclar con aprovechar los recursos.

Tomando como ejemplo, a los plásticos que son algunas veces atacados 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 plástico deber ser visto en función de su impacto en su impacto sobre los desechos sólidos y no como alternativa 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.

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

Estas tecnologías se enfocan a los distintos aspectos involucrados en el ciclo de los materiales desechados: Recoleccion, 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.

BIBLIOGRAFIA.

Peavy, Rowe & Tchobonoglous
Environmental Engineering
Mc Graw Hill

Asociación Alemana del Plásticos
Plasti-Noticias, mayo 1991

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

Cairncross, Frances
How the Europe's companies reposition to recycle
harvard Bussiner Review, marzo-abril 1992.

Cairncross, Frances
Cleaning up 9a 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 "burnig rubber" to cut wate, 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 nesxt five years
Pulp & Paper, Marzo 1990

Jormanaine, Marti
Biothermal tratment of municipal solid combines fermentation of
organic waste and combusiton of refuse derived fuel in a fluidize bed
boiler Modern Power Systems, Noviembre 1990

Fuster, 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
- Sorenso, Don
Environmental concerns. Economics drive paper recycling technology
Pulp & Paper, marzo 1990
- Stanulis A., George
Plásticos de alto rendimiento: Nuevos retos, nuevas oportunidades
Conferencia NPE 91, McCormick Place, Chicago, III.
- 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-IMIO
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 tire to fuel new energy plant
Modern Tire Dealer, junio 1990