



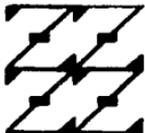
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE UN SISTEMA
DE RECICLAJE DE DESECHOS PLÁSTICOS
MUNICIPALES

TESIS PROFESIONAL

QUE PRESENTAN:
HERNANDEZ VARGAS MARIA TERESA
SANCHEZ TLAXQUEÑO HERMELINDA CONCEPCION
PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO QUÍMICO



LO HERMANO
ES
DE NUESTRA REFLEXION

MEXICO, D. F.

NOVIEMBRE DE 1995

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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES *ZARAGOZA*

JEFATURA DE LA CARRERA
DE INGENIERIA QUIMICA

OF/IQ/JU/082/043/95

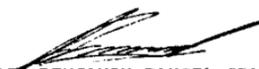
MARIA TERESA HERNANDEZ VARGAS y
SANCHEZ TLAXQUEÑO HERMELINDA CONCEPCION,
P R E S E N T E.

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado para el Examen Profesional, les comunico que la Jefatura a mi cargo ha propuesto la siguiente designación:

PRESIDENTE: M. en I. ROMAN CAMPILLO GOMEZ
VOCAL: ING. RAUL RAMON MORA HERNANDEZ
SECRETARIO: ING. MIGUEL ROJAS MENDOZA
SUPLENTE: ING. CARLOS GABRIEL COLIN FLORES
SUPLENTE: ING. GONZALO RAFAEL COELLO GARCIA

A T E N T A M E N T E
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

México, D.F., 28 de agosto de 1995


ING. JOSÉ BENJAMÍN RANGEL GRANADOS
JEFE DE LA CARRERA

Irm

AGRADECIMIENTOS:

Agradecemos sinceramente:

A nuestro asesor:

ING. CARLOS GABRIEL COLIN FLORES

Por el apoyo y sus valiosos consejos para la realización de este trabajo.

A nuestra Querida Escuela:

La Facultad de Estudios Superiores Zaragoza

Por habernos brindado la oportunidad de realizar nuestros estudios profesionales.

A todos aquellos que de alguna u otra forma nos apoyaron a lo largo de nuestra formación profesional así como en el desarrollo del presente trabajo.

GRACIAS

CONCEPCION Y TERESA.

DEDICATORIA.

A mis padres:

**Filogenia Vargas Martínez
Florientina G. Hernández Herrera**

Cmo testimonio de agradecimiento al apoyo moral y comprensión
que me brindaron para hacer de mi una mujer útil.

A mis hermanos:

Alejandro, Patricia, Felipe, Margarita y Francisco.

Por el apoyo que me han otorgado durante todo este período de estudios.

GRACIAS.

TERE

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico especialmente a mi abuela la Sra. Juana Castillo Herrera, a mi hermano Raúl Sánchez Tlaxqueño y a mi tío Ignacio Tlaxqueño Castillo, por su valioso apoyo y comprensión que me brindaron en todo momento.

Así también con mucho amor a mis padres:

**Antonia Tlaxqueño Castillo
Gilberto Sánchez Lucero**

Agradezco también la ayuda incondicional y cariño que me mostraron mis hermanos: Fede, Esaú, Juana, Ma. Magdalena y Lucía Lucero así como aquellos familiares y amigos que fueron partícipes de mi formación profesional.

A la memoria de mi hermano JOSE RICARDO y mi abuelito SANTIAGO.

GRACIAS

**HERMELINDA CONCEPCION
SANCHEZ TLAXQUEÑO.**

CONTENIDO

	PAGINA
INTRODUCCION	
1. GENERALIDADES	
1.1 HISTORIA DE LOS PLASTICOS	1
1.2 POLIMEROS	
1.2.1 Monómero	4
1.2.2 Polímero	4
1.2.3 Homopolímero	5
1.2.3.1 Presencia de Monómeros	5
1.2.4 Copolímero	5
1.3 POLIMERIZACION	6
1.3.1 Método Directo	6
1.3.2 Método en Solución	6
1.3.3 Método en Suspensión	7
1.3.4 Método en Emulsión	7
1.4 CLASIFICACION DE LOS PLASTICOS	7
1.4.1 Comportamiento al Calor	8
1.4.1.1 Termoplásticos	8
1.4.1.2 Termofijos	11
1.4.2 Cristalinidad	12
1.4.2.1 Amorfos	12
1.4.2.2 Cristalinos	13
1.4.3 Tacticidad	13
1.5 ACRONIMOS	15
2. PROPIEDADES DE LAS RESINAS	
Introducción	16
2.1 CLORURO DE POLIVINILO	16
2.1.1 Clasificación	16
2.1.2 Propiedades del PVC como Resina	17
2.1.3 Aplicaciones	19
2.1.4 Propiedades de los Aditivos	20

	PAGINA
2.2 POLIPROPILENO	22
2.2.1 Propiedades	23
2.2.1.1 Propiedades Físicas	23
2.2.1.2 Propiedades Mecánicas	24
2.2.1.3 Propiedades Térmicas	24
2.2.1.4 Propiedades Eléctricas	25
2.2.1.5 Propiedades Ópticas	25
2.2.1.6 Propiedades Químicas	25
2.3 POLIESTER TEMOPLASTICO	29
2.3.1 Clasificación	30
2.3.2 Aplicaciones	35
2.4 POLIETILENO	38
2.4.1 Propiedades	38
2.4.1.1 Propiedades Físicas	39
2.4.1.2 Propiedades Mecánicas	40
2.4.1.3 Propiedades Térmicas	40
2.4.1.4 Propiedades Eléctricas	40
2.4.1.5 Propiedades Químicas	41
2.4.2 Aplicaciones	42
2.4.2.1 Polietileno Baja Densidad	42
2.4.2.2 Polietileno Alta Densidad	42
2.4.2.3 Polietileno Lineal de Baja Densidad	43
2.4.2.4 Polietileno Ultra Alto Peso Molecular	43
3. MARCO NORMATIVO INTERNACIONAL Y NACIONAL	
3.1 MARCO NORMATIVO INTERNACIONAL	44
3.1.1 Comunidad Europea	44
3.1.2 República Federal Alemana	47
3.1.3 Japón	49
3.1.4 Estados Unidos	50
3.1.5 Canadá	51

	PAGINA	
3.2	NORMATIVIDAD NACIONAL	53
3.2.1	Distrito Federal	53
3.2.1.1	Disposiciones Generales	53
3.2.1.2	Prestación del Servicio Público de Limpie	54
3.2.1.3	Sanciones	55
3.3	CLASIFICACION DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS	56
4.	RECICLADO DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES	
4.1	INTRODUCCION	58
4.2	PROCESOS DE RECICLAJE DE DESECHOS	64
4.3	SISTEMAS ACTUALES DE DISPOSICION FINAL DE DESECHOS PLASTICOS DOMESTICOS	67
4.4	RECOLECCION	72
4.4.1	Sistemas de Recolección de Desechos Sólidos Domésticos	72
4.5	SISTEMAS DE SEPARACION	78
4.5.1	Pepena	81
4.5.2	Procesos Comerciales y Experimentales de Separación de Desechos Sólidos Municipales	81
4.5.3	Procesos de Separación de Materiales	83
4.5.4	Procesos de Separación Específicos para Plásticos	87
4.5.4.1	Separación de Plásticos de Tejidos Recubiertos	88
4.5.4.2	Separación de Mezclas de Plásticos	89
4.5.4.3	Separación de Mezclas Plástico/Papel	93
4.5.5	Tecnologías para el Reciclado de Plásticos	94
4.5.6.1	Mezclas de Plásticos	97
4.6	SISTEMAS DE CODIFICACION PARA ENVASES PLASTICOS	98
4.7	PROCESOS DE RECICLADO USADOS A NIVEL MUNDIAL	100
4.7.1	Reciclado de Plásticos en Estados Unidos	100
4.7.2	Reciclado de Plásticos en Europa	100

5. PROPUESTA DE UN SISTEMA DE RECICLADO DE DESECHOS PLASTICOS MUNICIPALES

5.1	Sistema de Recolección	103
5.2	Privatización del Servicio de Limpia	106
5.3	Tratamiento y Proceso de Reciclado de Desechos Plásticos Municipales	108

6. ESTUDIO FINANCIERO DE UN SISTEMA DE RECICLAJE DE DESECHOS PLASTICOS PROVENIENTES DE DESECHOS DOMESTICOS

6.1	INTRODUCCION	114
6.2	INVERSION	120
6.3	MAQUINARIA Y EQUIPO	120
6.4	DEPRECIACION Y AMORTIZACION	121
6.5	SUELDOS Y SALARIOS	124
6.6	MATERIA PRIMA	124
6.7	SERVICIOS AUXILIARES	129
6.8	GASTOS DE ADMINISTRACION Y VENTAS	129
6.9	CAPITAL DE TRABAJO	129
6.10	VALOR PRESENTE NETO Y TASA INTERNA DE RENDIMIENTO	131
6.11	TIEMPO DE RECUPERACION DEL CAPITAL (PAY BACK)	135

7. CONCLUSIONES 136

8. BIBLIOGRAFIA 139

9. ANEXOS

9A.	ANEXO A	
9A.1	ADITIVOS DE PROCESO	142
9A.2	ADITIVOS FUNCIONALES	145
9B.	ANEXO B	
9B.1	EXTRUSION	157
9B.2	TERMOFORMACION	159
9B.3	MOLDEO POR SOPLADO	161
9B.4	MOLDEO POR EXTRUSION - SOPLADO	161
9B.5	MOLDEO POR INYECCION - SOPLADO	162
9B.6	MOLDEO POR INYECCION	163

	PAGINA
9C. ANEXO C	
9C.1 APLICACIONES DE USO FINAL PARA LA RESINA RECUPERADA MEDIANTE RECICLAJE	166
9D. ANEXO D	
9D.1 MEMORIA DE CALCULO	
9D.1.1 EQUIPO Y MOBILIARIO DE OFICINA	172
9D.1.2 SERVICIOS AUXILIARES	175
9D.2 ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA	176

INTRODUCCION

En el área metropolitana de la ciudad de México se generan al día 19,000 toneladas de desechos sólidos, lo que representa en promedio un kilogramo de basura por habitante, así el problema de la basura tiene un ciclo que debe ser atacado de manera integral.

A pesar de que sólo entre el 15 y el 35% de la basura es reciclable esto constituye una fuente generadora de riqueza, empleos y de verdadero negocio para algunas empresas y diversos sectores de la población.

Es por ello que este trabajo intenta dar una primera aproximación sobre la factibilidad de realización de un proyecto de reciclado de plásticos generados en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, dado de que este estudio constituye una estimación de alrededor del 23%, ya que no se efectuó una Ingeniería básica y de detalle del proceso de recuperación, es considerado un análisis de sensibilidad del que podrá destacarse su beneficio ecológico y económico pues representa una fuente generadora de empleos.

El proyecto aquí desarrollado está constituido por seis capítulos. En el primero se incluye la base teórica de los polímeros, características generales de los mismos, así como los métodos de polimerización más comúnmente empleados.

En el capítulo número 2 se especifican las propiedades físicas y químicas de las resinas de mayor volumen de consumo (comodities).

Así mismo en el capítulo 3 se presenta una descripción de la normatividad nacional e internacional referente a la recolección, separación y disposición de los residuos sólidos urbanos (RSU), así como de aquellas que estimulan el reciclado de los mismos.

El capítulo 4 incluye aspectos técnicos del reciclaje de plásticos, las técnicas para cada una de las etapas de reciclaje que son recolección, separación, lavado y procesamiento de los mismos. En el capítulo 5 se hace una propuesta para la recuperación de PEAD, en la que se propone el reciclaje de los envases de polietileno provenientes de los residuos sólidos urbanos; considerando las normas vigentes y señalando las deficiencias y proponiendo solución a éstas.

A partir de estas propuestas en el capítulo 6 se hace un análisis de sensibilidad, bajo ciertas consideraciones señaladas en el mismo, en el que se determina la inversión requerida para éste proyecto, así como el estado de resultados en un horizonte de planeación de diez años, determinando el tiempo de recuperación de la inversión (Pay Back), la tasa interna de retorno (TIR), y el valor presente neto (VPN).

CAPITULO 1
GENERALIDADES

1.1 HISTORIA DE LOS PLÁSTICOS (1.2)

A través del tiempo el hombre ha llamado plásticos a los materiales de tipo orgánico pero que incluye sustancias inorgánicas (polímeros), que bajo la influencia de presión, temperatura o ambos factores, son capaces de ser moldeados y una vez transformados conservan la forma obtenida.

La mayor parte de los plásticos son productos de la química orgánica es decir, su componente principal es el carbono (junto con nitrógeno, hidrógeno, oxígeno y azufre).

Los plásticos, han estado con nosotros durante mucho tiempo. La naturaleza sintetiza polímeros como la celulosa desde tiempos muy anteriores a la invención de los productos sintéticos por el hombre. La celulosa es el principal constituyente de las fibras de madera y del algodón, algunos otros polímeros naturales son las proteínas, el caucho, el alquitrán y las resinas.

El hombre primitivo usó los polímeros naturales para obtener herramientas y armas, pero no fue sino hasta el siglo XIX que el hombre empezó a modificar los polímeros para crear plásticos que se hacían en un principio modificando los materiales poliméricos naturales. El primer plástico comercial fue la nitrocelulosa. En su estado natural, la celulosa no se funde y es insoluble. La nitración la hace tanto soluble como susceptible al formado con calor. En 1870, se introdujo al mercado un plástico llamado celuloide. Este material transparente, duro y moldeable se prepara con nitrocelulosa plastificada con alcanfor. El celuloide se usaba para artículos tales como cepillos, peines, película fotográfica, pegamentos, fibras, lacas y cristales de seguridad para automóviles.

Los plásticos sintéticos se introdujeron en 1908. El Dr. Leo Baekeland desarrolló un material fenólico que se vendió con el nombre comercial de baquelita. Este material se convirtió en el plástico usual para receptores telefónicos, aislantes eléctricos y asas para utensilios de cocina. Los plásticos pasaron a ser materiales de gran importancia aún cuando no se comprendía muy bien la química de la polimerización. En la actualidad tienen una gran demanda en el mercado ya que éstos se pueden hacer a la medida de las necesidades y proporcionan una solución óptima técnica y económica.

Esta aceptación ha sido tal que en casi todos los sectores encontramos aplicaciones de plásticos tales como en: construcción, decoración, electrónica, el hogar, en medicina, en la industria automotriz, en la agricultura, artículos de papelería, etc.

Descubrir un plástico no es suficiente, el siguiente paso es fabricar una máquina o equipo capaz de procesarlo en forma más adecuada, por eso conforme se descubren nuevos plásticos o se hacen modificaciones a los ya existentes surge la necesidad de avanzar paralelamente en innovaciones tecnológicas. Algunos de estos avances se mencionan a continuación:

TABLA 1-1 INNOVACIONES TECNOLOGICAS (2)

AÑO	INNOVACIONES
1935	Se introduce el primer extrusor para hule en Alemania.
1938	Se introducen los cilindros de inyección múltiples.
1942	Es sopiada la primera botella de polietileno alta densidad. Se funda la DME. Estandarización de Moldes para Plásticos.
1948	Se introduce el proceso de embobinado de filamento continuo.
1950	Se hacen laminaciones de papel con capas de plásticos por primera vez.
1952	Se inventa el tornillo recíprocante plastificador e inyector.
1950	Se desarrolla la primera tolva mezcladora con vacío.
1956	Se introduce el "Transfemix Extruder" que combina las funciones de mezcladoras intensivas y extrusoras.
1959	Empieza a usarse el resaca RIM (Reacción Inyección Moldeado) para partes automotrices.
1970	Se inicia la investigación en maquinaria por coextrusión.
1976	Se desarrolla el primer sistema de control automático integrado a las máquinas de inyección.
1983	Con el uso del horno de microondas nace una serie de innovaciones de contenedores plásticos.
1986	Se rediseña el proceso Taggle Injection Molding y reduce el costo de producción en un 40%.
1989	Salen al mercado las aleaciones.

Los datos anteriores son a nivel mundial. El desarrollo de la industria del plástico en México se muestran en la tabla 1-2.

TABLA 1-2 DESARROLLO EN MEXICO (2)

AÑOS	DESARROLLO
1935	Se inicia la industria del plástico con bajos recursos para transformación y todas las materias primas son adquiridas del exterior.
1945	El mercado nacional se diversifica con la producción de nuevos materiales.
1955	Empieza la fabricación de algunas resinas de cloruro de polivinilo (PVC) y poliestireno (PS).
1965	Es hasta este año que se fabrican equipos y moldes. PEMEX impacta con la producción de resina de polietileno de baja densidad.
1975	La industria del plástico crece a un ritmo del 13% anual y se inicia la exportación.
1980	Se amplía la capacidad de la industria Petrolera teniendo como consecuencia que aumenta la exportación.
1982 a 1988	Hasta este año el éxito para la empresa mediana y pequeña consiste en la conquista del mercado doméstico. Se ofertan productos que satisfagan necesidades por edad y nivel económico.

1.2 POLIMEROS (2)

En la actualidad los plásticos son producidos predominantemente de Petróleo y Gas Natural.

Otras alternativas son materiales naturales como el carbón y la madera; y a nivel de laboratorio son los desechos orgánicos, caña de azúcar y productos vegetales.

En términos generales se consideran al etileno, propileno y butadieno como materias primas básicas para la fabricación de una extensa variedad de monómeros. Cabe aclarar que el polietileno y butadieno se pueden obtener a partir del etileno y considerarlos como subproductos de éste.

Después de haber obtenido el etileno, propileno o butadieno considerados dentro del grupo de los petroquímicos básicos, se adicionan diferentes compuestos a cada uno de ellos dando lugar a los monómeros de partida de diferentes plásticos.

1.2.1 MONOMERO

Es un compuesto químico no saturado, cuyas moléculas contienen carbono y en donde los átomos de carbono están unidos por un doble enlace. Esta molécula es una estructura sencilla y de bajo peso molecular y que no está mezclado con ningún otro componente.



1.2.2 POLIMERO

Es un compuesto orgánico natural o sintético que tiene una estructura muy grande y por lo tanto tiene un peso molecular muy alto. Está constituido por la unidad repetitiva llamada monómero; las propiedades del polímero dependen de su tamaño. La figura siguiente ilustra la forma de un polímero:

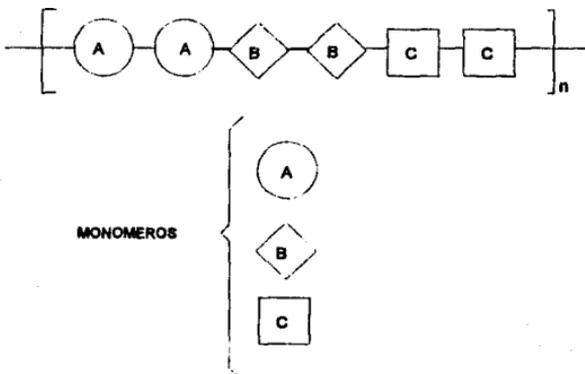


FIG. 1.1 ESTRUCTURA DE UN POLIMERO.

1.2.3 HOMOPOLIMERO

Es un polímero obtenido de un monómero único con la ayuda de agentes llamados indicadores (peróxidos orgánicos).

1.2.3.1 PRESENCIA DE MONOMEROS (1,2)

Cuando se introdujeron los polímeros sintéticos en la industria del plástico, todos ellos se polimerizaban con un sólo tipo de monómero, pero conforme se fué avanzando en la producción de plásticos sintéticos se encontró que la mezcla de uno o más monómeros diferentes modifican las características de los polímeros. Haciendolas distintas o superiores a las ofrecidas en los polímeros duros.

Actualmente los plásticos se polimerizan con monómeros de la misma especie o tipos diferentes. Cuando se tiene la presencia de una sólo clase de monómeros, reciben el nombre de homopolímeros; ejemplo de estos son: el polietileno, el polipropileno y el poliestireno.

Cuando dos o más monómeros diferentes se polimerizan conjuntamente, el polímero resultante es llamado copolímero o heteropolímero. En ese caso los monómeros pueden acomodarse en distintas formas.

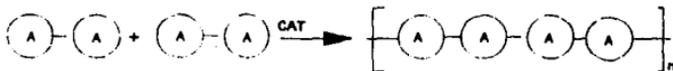


FIG 1.2 HOMOPOLIMERO

1.2.4 COPOLIMERO

Es cuando hay una polimerización entre dos o más monómeros de diferente tipo, mejorándose así las propiedades del polimerizado puro.



FIG 1.3 COPOLIMERO

1.3 POLIMERIZACION

Para la fabricación de los polímeros, existen 4 métodos principalmente para su fabricación:

- Método Directo
- Método en Solución
- Método en Suspensión
- Método en Emulsión

1.3.1 METODO DIRECTO

En este método se hace reaccionar el monómero puro con aditivos y son mezclados en un reactor agitador. →El calor de reacción hace generalmente que el polímero se mantenga en estado líquido fundido. El calor generado es alto, incluso mayor de lo que sería deseable, por lo que se hace necesario refrigerar, este método exige una gran vigilancia en el control de temperaturas y es por ello que sólo tiene aplicación económica cuando se requieren polímeros especiales de alta calidad. En este método el polímero se obtiene en bloque no como polvo ni grano.

1.3.2 METODO EN SOLUCION

En este caso el monómero se diluye en un solvente con el catalizador. Al no poderse recuperar muchas veces el disolvente, el procedimiento resulta caro y únicamente se utiliza cuando no se desean materias sólidas, sino sólo disoluciones. En este proceso se efectúa una reacción exotérmica, por lo que la

temperatura puede elevarse mucho. Cuando se ha llevado a cabo la reacción el producto de polimerización, precipita formándose un polvo fino pudiéndose aislar cuando se seca.

1.3.3 METODO EN SUSPENSION

Esta polimerización en suspensión o en perlas suministra un producto de alta calidad y es muy utilizada, siendo además de realización muy sencilla. Aquí se mezcla el monómero y el catalizador dispersándose el agua, mediante un sistema de agitación que mantiene esta suspensión a lo largo de la reacción, controlándose también de este modo la temperatura. El producto obtenido tiene la apariencia de pequeñas perlas.

1.3.4 METODO EN EMULSION

Aquí el monómero finamente dividido se emulsiona en agua (o en otro líquido dispersante). Cuando se opera una gran cantidad de ésta, a la que se ha adicionado el monómero junto con un aditivo emulsionante, puede controlarse bastante bien la temperatura. El desarrollo de la reacción es mucho más rápido que en las demás y se pueden obtener polímeros de mayor peso molecular.

1.4 CLASIFICACION DE LOS PLASTICOS ^(1,2)

Hay una gran diversificación de plásticos en el mundo actualmente y es por esto que su comportamiento y características son determinantes para su uso.

Los plásticos se pueden clasificar por su estructura química, ya que ésta es la que determina las propiedades inherentes a cada plástico. Para un fin determinado esta clasificación de estructura química está dada por:

- a) Comportamiento al Calor
- b) Cristalinidad
- c) Presencia de Monómeros
- d) Tacticidad

1.4.1 COMPORTAMIENTO AL CALOR.

Generalmente los plásticos se agrupan en dos grandes clases, para así poder diferenciar sus características y son:

- a) Termoplásticos
- b) Termofijos

1.4.1.1 TERMOPLASTICOS⁽²⁾

Estos materiales son los que se ablandecen y fluyen por la aplicación de calor y presión. Así la mayoría de los termoplásticos pueden remodelarse varias veces, es decir, si una pieza es rechazada o se rompe se puede moler y volver a moldearse por aplicación de calor.

Los materiales termoplásticos tienen una estructura lineal, por esto sólo tienen atracciones secundarias (enlaces de Van Der Waals) entre las cadenas moleculares. Estas atracciones se contrarrestan con facilidad al calentar la resina y ello da como resultado la fusión del polímero.



FIG. 1.4 ESTRUCTURA DE UN TERMOPLASTICO.

Debido a esta estructura los termoplásticos tienen uniones muy débiles y cuando se les aplica calor fluyen fácilmente.

A continuación se presenta la tabla 1-3 con los plásticos que se clasifican en dentro de este grupo.

TABLA 1-3 TERMOPLÁSTICOS (2)

PLÁSTICOS	USOS	VENTAJAS	LIMITACIONES
Polipropileno (PP)	Fibras, películas, artículos del hogar, recubrimientos de cables, transportación, aparatos domésticos, e instrumental médico.	Bajo peso resistencia moderada, rigidez tenacidad a temperaturas elevadas, buena resistencia química y propiedades dieléctricas.	Se vuelve frágil por debajo de 0°F, mala resistencia a la intemperie.
Poliestireno (PS)	Empaquete, artículos del hogar, juguetes, aparatos domésticos, guerniciones para iluminación, espuma.	Transparente, duro, fácil de moldear o estruir, bajo costo.	Frágil, baja resistencia a los disolventes y a los rayos UV.
Poliuretano	Aparatos doméstico, cafeteras, aparatos para t.v., instrumental automotriz y médico.	Buena estabilidad dimensional, resistencia al calor, buenas propiedades dieléctricas, resistencia química, buen retardo inherente a la flama.	Alto costo y no resiste los disolventes poteros.
Poliuretano Termoplástico.	Partes de estirómetro moldeado para aplicaciones con resistencia a la abrasión.	Tenaz, resistente a la fatiga por abrasión, resistente a los disolventes y al ozono, alta resistencia al rasgado.	Los del tipo poliésterico son degradados por la humedad.
Vinilos Flexibles.	Tapicería, piezas automotrices, aislamiento de cables, película para empaque	Excelente flexibilidad y propiedades dieléctricas, buena resistencia química, características inherentes de retardo a la flama.	Se pone rígido a temperaturas bajas, algunos plastificantes emigran e la superficie o se evaporan, puede volverse frágil con el tiempo.
Vinilos Rígidos.	Tuberías, paredes, lonetas para piso, botellas.	Tenaz, resistente a la abrasión, características inherentes de retardo a la flama.	Difícil de procesar.

TABLA 1-3 TERMOPLASTICOS (2)

PLASTICOS	USOS	VENTAJAS	LIMITACIONES
Acrílico Butadieno Estireno (ABS)	Tuberías, Aparatos Domésticos, Teléfonos, Equipaje.	Bajo costo, buenas propiedades mecánicas y estabilidad dimensional, fáciles de procesar.	Es atacado por muchos disolventes, la luz del sol lo hace frágil.
Acetato	Partes pequeñas moldeadas, partes de automóviles, herrajes de plomería.	Fuerte, duro, resistente al calor, bajo coeficiente de fricción, fácil de procesar.	Difícil para impartirle retardo de la flama y tiene mala adherencia, costo moderado.
Acrílico	Señales luminadas, estinado de ventanas, ferros traseeros para automóviles.	Transparente, larga resistencia a la luz y a la intemperie.	Resistencia limitada a los disolventes, costo moderado.
Acetatos de Celulosa	Película fotográfica, laminados transparentes, aislantes eléctricos, cinta adhesiva.	Tenaz, transparente, bajo costo.	Baja resistencia al calor, los éteres y ácidos fuertes inflamables.
Nylon 6	Cuerdas para neumáticos, teles, partes moldeadas.	Resistente a la deformación plástica, la fatiga y la abrasión resistente a muchos disolventes, tenaz.	Alta absorción de humedad, baja resistencia al impacto en ambientes secos.
Potencias Inidas	Válvulas para altas temperaturas engranes, partes autosubricadas.	Alta resistencia al calor, resistente a los disolventes.	Difícil de procesar y alto costo.
Polibuteno	Tuberías, aislamiento eléctrico, recubrimientos.	Ligero, alta resistencia al impacto, buena resistencia química.	Inflamable, poca resistencia a la intemperie.
Polcarbonato (PC)	Aparatos domésticos, estinado de seguridad, empaque, cascos, parabrisas de motocicletas.	Transparente, excepcionalmente tenaz, dimensionalmente estable resistente al calor, buenas propiedades dieléctricas.	Baja resistencia a los disolventes, forma cuarteadura bajo esfuerzos, costos moderados.
Poliéster PBT	Componentes eléctricos, partes de carrocería de automóviles, bases de distribuidor, juntas, sustituto de muchas partes metálicas.	Buena resistencia a la deformación plástica, a la fatiga, a los agentes químicos, resistencia al calor, buenas características de lubricación y moldeo.	Baja estabilidad hidroeléctrica, costo moderado.
Poliétileno de alta densidad (HDPE)	Botellas moldeadas por soplado, elemento de carros, juguetes moldeados, artículos del hogar, tuberías y películas para empaque.	Buena resistencia química, tenaz, más rígido que el de baja densidad, bajo costo, buenas propiedades dieléctricas, fácil de moldear y soldar.	Difícil para retardarlo en el flama, resistente a la adhesión y a la impresión, resistente a la intemperie.
Poliétileno de alto peso molecular	Autolubrificantes, componentes de máquina resistentes al desgaste.	Tenaz, bajo coeficiente de fricción, resistente a los agentes químicos, buenas propiedades dieléctricas.	Alto costo en comparación con los otros tipos de polietileno, difícil de procesar.
Poliétileno baja densidad (LDPE)	Película para empaque artículos del hogar, juguetes, recubrimientos de cables.	Bajo costo, resistente a los agentes químicos, buenas propiedades dieléctricas.	Baja resistencia a la tracción y a la intemperie, malas características de adherencia e impresión.

1.4.1.2 TERMOFLUJOS⁽⁴⁾

Son aquellos materiales que no se reblandecen con la aplicación de calor cuando ya han sido transformados. Muchas de las resinas que se usan actualmente se curan por la acción de catalizadores. A diferencia de los termoplásticos, estos materiales ya no pueden remodelarse, pues al aplicar calor se destruyen.



FIG 1-6 ESTRUCTURA DE UN TERMOFLUJO

Los materiales termoflujos tienen sus uniones muy fuertes entre molécula y molécula y esta es la razón por la cual no fluyen al aplicar calor.

En la tabla 1-4 se muestra la clasificación de estos indicando sus usos, ventajas y limitaciones.

TABLA 1-4 PLÁSTICOS TERMOFLUJOS. ⁽²⁾

PLÁSTICOS	USOS TÍPICOS	VENTAJAS	LIMITACIONES
Epoxi	Adhesivos, encapsulados, moldeo, laminación, devanado de filamento, aislamiento eléctrico, recubrimientos.	Alta resistencia y tenacidad, buena estabilidad dimensional y resistencia dieléctrica, bajo encogimiento y fácil de procesar, resistencia al calor.	Costo moderado
Poliésteres	Compuestos laminados y moldeados, botas, componentes automotrices, adhesivos.	Rigidez, facilidad de fabricación, buenas propiedades dieléctricas, bajo costo, algunos grados especiales tienen retardo a la flama y resistencia.	Baja resistencia a los disolventes y al envejecimiento UV (ambas características dependen de la formulación).

CONTINUA

TABLA 1-4 PLÁSTICOS TERMOPLÁSTICOS. (2)

PLÁSTICOS	USOS TÍPICOS	VENTAJAS	LIMITACIONES
Políamidas.	Laminados y adhesivos.	Alta resistencia a temperaturas elevadas.	Alto costo.
Siliconas Rígidas.	Laminados.	Retención de propiedades dieléctricas y mecánicas en condiciones de alta temperatura y humedad.	Alto costo
Ureanos	Adhesivos y recubrimientos, espumas para aislamiento y flotación.	Retiene sus propiedades en un alto intervalo de temperaturas, resistente a la abrasión, y buenas propiedades dieléctricas.	Resistencia térmica moderada.

1.4.2 CRISTALINIDAD

Otra característica importante que influye en los plásticos, está determinada por el acomodo de sus moléculas en las cadenas del polímero y con base en esto se clasifican en:

- a) Amorfos
- b) Cristalinos.

1.4.2.1 AMORFOS

Los polímeros amorfos tienen moléculas en completo desorden, por lo que dejan pasar la luz entre los huecos que se forman y por lo tanto son plásticos transparentes. Los materiales que tienen esta estructura son los policarbonatos, polimetilmetacrílico, poliestireno y PVC.



FIG 1.7 ESTRUCTURA AMORFA

(Transparente)

1.4.2.2 CRISTALINOS

Los polímeros cristalinos tienen sus moléculas parcialmente ordenadas por lo que el paso de la luz se dificulta, dando como resultado materiales translúcidos u opacos.

Algunos de los materiales que poseen esta estructura son las poliamidas, acetatos, polietileno ultra alto peso molecular.

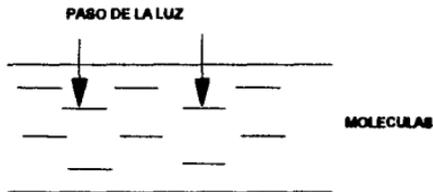


FIG 1.7 ESTRUCTURA CRISTALINA

(Opaca)

1.4.4 TACTICIDAD

La tacticidad está influenciada directamente por el acomodo de las moléculas, que dan al polímero las características de cristalinidad y comportamiento final de la estructura. En este caso se han establecido tres configuraciones:

- 1) Isotácticas.- Es aquella en la que la configuración en el carbono ramificado es tal que, los grupos se encuentran del mismo lado. Estos son polímeros altamente cristalinos.
- 2) Sindiotácticos.- En el que los grupos ramificados alternan de manera regular en la cadena.
- 3) Atáctica.- En donde los grupos ramificados se disponen al azar a lo largo del polímero.

Existen otros materiales llamados elastómeros y aunque también son plásticos, se han manejado en forma independiente debido a que su mercado está canalizado a sustituciones de hule natural. Los elastómeros

son aquellos que al someterse a un esfuerzo modifican su forma recuperándola cuando se retira este esfuerzo.

Estos poseen un menor grado de entrecruzamiento que los termofijos, por lo que se reblandecen por la acción del calor pero sin llegar a fundirse. Generalmente se aplican en donde se requiere gran resistencia química y a la abrasión.

1.4 ACRONIMOS

Las abreviaturas más comunes de los plásticos, llamados acrónimos, se enlistan a continuación:

TABLA 1-5 ACRONIMOS (2)

ACRONIMOS	NOMBRE QUIMICO
ABS	Acrlonitrilo-Butadieno-Estireno
CA	Acetato de Celulosa
EP	Epóxicas
EPS	Poliestireno Expandible
EVA	Etil Vinyl Acetato
HDPE	Polielieno de Alta Densidad
LDPE	Polielieno de Baja Densidad
LLDPE	Polielieno Lineal de Baja Densidad
MF	Melamina Formaldehido
PA	Poliamina (NYLON)
PB	Poli-butadieno
PBT	Poli-butilen Tereftalato
PC	Policarbonato
PEI	Poliester Imida
PES	Poliester Sulfato
PET	Polielien Tereftalato
PF	Fenol-Formaldehido
PMMA	Polimetil Metacrilato (Acrílico)
POM	Polióxido de Fenileno (Acetal)
PP	Poli-propileno
PPO	Oxido de Polifenileno
PPS	Poli-fenilen sulfona
PS	Poliestireno
PTFE	Poli-tetrafluoroetileno (Teflon)
PUR	Poliuretano
PVC	Cloruro de Polivinilo
SAN	Acrlonitrilo Estireno
SB	Estireno Butadieno (Resina K)
TPE	Elastómero Termoplástico
TPU	Poliuretano Termoplástico
UHMWPE	Polielieno de Ultra Peso Molecular
UF	Urea - Formaldehido
UP	Poliester Insaturado

CAPITULO 2

PROPIEDADES DE LAS RESINAS

INTRODUCCION

Una vez establecidos los conceptos generales que caracterizan a los plásticos, en el capítulo 1, es importante señalar las propiedades más relevantes de las resinas que son susceptibles de ser recicladas dado que se generan en mayor volumen dentro de los desechos municipales.

En éste capítulo se describen las propiedades que caracterizan a cada una de las resinas commodities, las cuales les confieren ventajas específicas para su aplicación final.

Las resinas que conforman este grupo son: cloruro de polivinilo (PVC), polietileno alta y baja densidad (PEAD, PEBD), polipropileno (PP) así como polietilentereftalato grado botella (PET).

2.1 CLORURO DE POLIVINILO^(1, 6)

El PVC es un polímero termoplástico, capaz de cambiar su forma y estructura al cambiar su temperatura; es muy versátil ya que puede ser transformado por varios procesos en una infinidad de productos útiles.

2.1.1 CLASIFICACION⁽⁷⁾

Las resinas de PVC se clasifican como homopolímeros y copolímeros.

Homopolímeros. Se obtienen por la asociación de monómeros iguales de cloruro de vinilo. Como estos no pueden ser procesados en estado fundido a temperaturas en que ocurren altas tasas de descomposición, para modificar sus propiedades es que se hace uso del proceso de copolimerización.

Copolímeros. Combinando el monómero cloruro de vinilo con una cierta cantidad de otro monómero diferente llamado comonómero se obtienen los copolímeros, que pueden procesarse a altas temperaturas, son menos afectadas por las operaciones del proceso, mejoran la calidad de la resina en cuanto a su flexibilidad y su limitada solubilidad en solventes.

Entre los principales copolímeros se tiene al acetato de vinilo y al acetato de vinilideno.

Los copolímeros actúan como plastificantes internos mejorando las propiedades de la resina, debido a que estos incrementan la flexibilidad, pero no son adecuados para los requerimientos de solubilidad.

Composición. Si se usa un co-monomero que tenga una velocidad de reacción mayor al cloruro de vinilo, se obtiene un polímero rico en co-monomero durante la primera etapa de la reacción, pero en la última parte de la reacción sólo se tiene una pequeña parte del co-monomero y prácticamente PVC puro. Los co-monomeros que reaccionan así, con el cloruro de vinilo son: Cloruro de vinilideno, ésteres acrílicos y ésteres maléicos.

Para obtener un copolímero de PVC de composición uniforme deberá irse dosificando el co-monomero dentro de la polimerización a la misma velocidad a la que se está consumiendo por la reacción. Entre los co-monomeros que reaccionan así tenemos: el acetato de vinilo.

2.1.2 PROPIEDADES DEL PVC COMO RESINA.(1,7)

Es un polvo blanco, inodoro e insípido, fisiológicamente inofensivo, es un material amorfo, con un contenido teórico del 57% de cloro, es difícilmente inflamable y no arde por sí mismo. La estructura de la partícula a veces es similar a una bola de algodón. El diámetro varía dependiendo del proceso de polimerización.

La configuración de las partículas de PVC varía desde esferas no porosas y lisas hasta partículas irregulares y porosas.

El PVC que presenta características flexibles debe poseer porosidad suficiente y uniforme para absorber plastificante rápidamente. Para PVC con características rígidas la porosidad es menos importante, debido a que a menor porosidad se obtiene mayor densidad aparente.

Peso Molecular. En las resinas de PVC el rango de peso molecular varía desde 50,000 hasta 150,000. Este valor influye en las propiedades mecánicas y físicas del polímero. A medida que el peso molecular del PVC aumenta; se mejoran las propiedades físico-mecánicas: tensión, elongación, compresión, impacto; aumenta la resistencia química a solventes, álcalis y ácidos, la estabilidad térmica, el punto de fusión, la resistencia al envejecimiento, la viscosidad de fundido y las temperaturas del proceso, pero disminuye su procesabilidad y la solubilidad.

Conforme disminuye el peso molecular, las temperaturas de procesamiento de las resinas serán más bajas y más fácilmente procesables; las propiedades físicas en el producto terminado, tales como tenacidad y resistencia al rasgado son más pobres; el brillo y la capacidad de aceptación de carga será mejor y la fragilidad a baja temperatura será mayor.

El peso molecular de la resina de PVC se mide indirectamente, es decir determinando valores de viscosidad de una solución que contiene resina disuelta en un solvente. Los solventes más usados son la ciclohexanona y el nitrobenzono.

Se determina la viscosidad específica cuando la solución de resina contiene 0.4% de nitrobenzono como solvente, y se determina viscosidad inherente en soluciones al 0.5% de ciclohexanona.

Las características de comportamiento general de los compuestos de PVC incluyen resistencia mecánica, resistencia al interperismo y resistencia al agua y muchos reactivos algunas de estas propiedades se señalan en la tabla 2.1.

TABLA 2-1 PROPIEDADES DEL PVC COMO COMPUESTO (7)

PROPIEDADES	COMPUESTO		UNIDADES
	RIGIDO	FLEXIBLE	
Densidad	1.35 - 1.45	1.15 - 1.35	gr/cc
Absorción de Agua	0.08 - 0.40	0.20 - 0.80	%
Espesor de Pared 3.2mm.			
Resistencia Tensión	400 - 650	100 - 250	%
Resistencia al Impacto Izod	5 - 12	—	kg cm/cm ²
Elongación a la Ruptura	10 - 100	200 - 450	%
Dureza	70 - 80	50 - 100	SHORE
Calor Específico	0.25 - 0.35	0.30 - 0.50	Cal/°C/g
Temperatura de Distorsión por Calor	55 - 75	—	°C
Coefficiente de Expansión Térmica	500 - 100	700 - 2500	10 ⁻⁵ °C
Resistencia al Arco	60 - 80	—	Seg
Resistividad Volumétrica			
Humedad Relativa 50% a 23C	10 ⁻¹² - 10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹ - 10 ⁻¹⁴	Ω cm
Resistencia Dieléctrica			
Espesor de Pared 3.2 mm.	137 - 195	117 - 156	Kv/mm
Constante Dieléctrica	3.2 - 4.0	5.0 - 9.0	a 60 Hz.
Transmitancia	78 - 82	—	%
Opacidad o Haze	8.0 - 18	—	%
Índice de Refracción	1.52	1.55	—

2.1.3 APLICACIONES^(1,2)

Después de que el PVC ha sido procesado, tiene una diversidad de usos y aplicaciones debido a sus múltiples propiedades. En la actualidad se clasifican en el mercado de acuerdo a segmentos de aplicación, tomando en consideración el proceso de fabricación, tipo de resina y los productos finales obtenidos. A continuación se presenta la estructura siguiente de acuerdo a los segmentos de aplicación que son:

TABLA 2-2 APLICACION POR SEGMENTOS⁽³⁾

RIGIDO	FLEXIBLE	EMULSION
Tuberías.- Fabricadas para conducción de agua potable, desagües y transportación de líquidos.	Calzado.- Producción de zapato: tenis, de fantasía y de plástico, suelas para zapatos.	Tela de Plástico.- Fabricación de pieles sintéticas, pataqueras, lonas de camión y mantales individuales.
Balanes.- Para la producción de envases para salsas comestibles, champú y girrafones para agua purificada.	Películas.- Fabricación de forros de carpetas, cortinas para baños, pañales desechables, cintas adhesivas, envolturas y empaque de alimentos.	Plástico.- Elaboración de pelotas, muflas, filtros de aire, carpetas sintéticas y conos de tránsito.
Película y Lámina.- Para la industria del empaque y como sustituto del cartón, sus aplicaciones son: Termoformado para "Blister Pack", para medicinas, galletas y tarjetas de crédito.	Cable y Alambre.- Como recubrimientos de alambres y cables eléctricos, de telefonía y clavijas para diversos aparatos.	Plastilina.- Elaboración de recubrimientos en línea para las coronas de los envases de refresco y tapas de frasco, son sustitutos del corcho y del cartón.
Discos.- Para la fabricación de discos fonográficos.	Recubrimiento de Tela.- se fabrican películas de PVC sobre telas para tapicería utilizadas en la industria automotriz, del vestido, zapatería, tapiz para paredes, petacas, portafolios y agendas.	Varios.- Fabricación de artículos de tamaño pequeño: Gomas de borrar. Aplicaciones en pinturas e impermeabilizantes.
Perfiles.- se producen principalmente: Marcos para ventanas, muebles para jardín, albarcas, persianas, puertas integrales o plegadizas, muebles tipo ratón, cancelería.	Perfiles.- Fabricados para la industria automotriz y de la construcción. También se producen mangueras para jardín, de riego ventilación, conducción de aire comprimido y líquidos a presión.	Inmersión.- Guantes domésticos e industriales y recubrimientos de metales.
	Loetas.- Producción de loetas para pisos.	
	Varios.- Se producen piezas para torne de entubamiento, fijadores para cabello, asientos para bicicleta, manubrio, piezas eléctricas, monofletores para escobas, cordón vinílico y tapas de licuadoras.	

A continuación se anotan las diversas aplicaciones del PVC de acuerdo al proceso de transformación a que se sujeto:

TABLA 2-3 APLICACION POR PROCESO (5)

SUSPENSION Y MASA	EMULSION
Extrusión.- Recubrimiento de alambres y cables, Tuberías, Perfiles y Películas.	Rotomoldeo.- Muñecas (Cuerpos huecos), Juguete y Pejotas.
Inyección.- Tenis, Conexiones, Tapas, Manubrios, Piezas para aislamiento eléctrico y Juguetes.	Vaciado.- Conos para Señales de Tránsito, Zapatos y Maniqués.
Soplado.- Botellas, Frascos y Garrafones.	Inmersión.- Guantes Domésticos y Recubrimientos Metálicos.
Compresión.- Discos Fonográficos y Tapetes	Recubrimiento por Cuchillas.- Pielés Sintéticas denominadas de vinil y Recubrimientos de plastisol.
Calandreado.- Lámina Rígida y Flexible, Películas Rígida y Flexibles y Losetas para pisos.	Espumado.- Espumados (pielés sintéticas) y Perfiles
Termoformado.- Blister Pack y Skim Pack	Aspersión.- Aplicaciones a Metales para su protección
Sinterización.- Escurridores de Trastes, Recubrimientos de Herramientas y Placas de Metal	

2.1.4 PROPIEDADES DE LOS ADITIVOS^(6,7)

Debido a que el PVC es una resina termoplástica con propiedades de alta sensibilidad al calor, a la adhesión, a la oxidación y a la rigidez; resulta necesario agregar aditivos que mejoren su propiedades de descomposición a un cambio de temperatura, o retardantes que mejoren el mecanismo de oxidación, evitando así el desprendimiento cloro al medio ambiente.

La integración de aditivos adecuados a las resinas ayudan a éstas a mejorar su procesamiento, su presentación y aumentar su resistencia a medios externos.

Los aditivos se incorporan a la resina antes y durante su transformación y son de dos tipos: de **proceso** y **funcionales**.

ADITIVOS DE PROCESO

Facilitan el procesamiento de los plásticos evitando la adhesión de éste a las partes metálicas de las máquinas, como ejemplo de éstos tenemos:

- a) Resinas PVC
- b) Estabilizadores térmicos
- c) lubricantes
- d) antioxidantes
- e) modificadores de flujo
- f) modificadores de viscosidad
- g) agentes desalizantes

Para mayor información sobre los aditivos de proceso consultar el anexo A.

ADITIVOS FUNCIONALES

Sirven para modificar o aumentar las propiedades ya existentes en los plásticos y para proteger a los mismos de los factores externos como la luz solar, fuego, microorganismos, etc. En general con la aplicación de este tipo de aditivos se obtiene un PVC más resistente y de mejor presentación. Dentro de los aditivos funcionales están:

- a) Plastificantes
- b) Absorbentes de la luz U.V.
- c) Modificadores de impacto
- d) Cargas
- e) Agentes de Acoplamiento
- f) Agentes de Entrecruzamiento
- g) Agentes Antielásticos
- h) Agentes Antibloqueo
- i) Deactivadores de Metales
- j) Pigmentos
- k) Retardantes a la Flama
- l) Supresores de Humo
- m) Agentes Espumantes
- n) Fungicidas
- o) Blanqueadores Opticos
- p) Aromatizantes

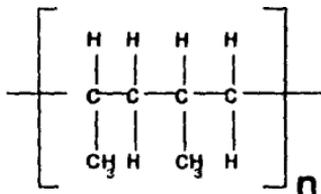
Para mayor información sobre los aditivos de proceso consultar el anexo A.

2.2 POLIPROPILENO^(1,4)

El polipropileno es un termoplástico que pertenece a la familia de las poliolefinas y se obtiene a través de la polimerización del gas propileno.

Este polímero fue descubierto en 1950 y comercializado en 1957 en Europa y Norte América. El polipropileno por espacio de 40 años se desarrolló de tal manera que ha logrado una posición de liderazgo en el mundo como comodities y actualmente en campos de la Ingeniería, ya que después del polietileno y el PVC, es el tercer material plástico más consumido a nivel mundial.

Comercialmente hay dos tipos de polipropileno, el homopolímero y el copolímero. Cada uno de ellos presenta resistencia a la temperatura, se puede esterilizar, es por ello que se utiliza en la fabricación de jeringas desechables y contenedores de medicamentos. En tanto el copolímero presenta mayor resistencia al impacto, por lo que una de sus aplicaciones es la fabricación de botellas. Por otro lado el gran campo de la aplicación de los dos tipos es la elaboración de películas para empaque, debido a sus excelentes propiedades mecánicas como: resistencia a la tensión, elongación, resistencia a la punzadura, elevado brillo y barrera a la humedad. La estructura molecular del polipropileno es la siguiente:



En base a la nobleza de este material y por sus elevadas características mecánicas, térmicas y eléctricas se espera que en unos dos años más su desarrollo sea mayor en campos como el automotriz, eléctrico, electrónico y en la computación.

2.2.1 PROPIEDADES⁽¹⁴⁾

El polipropileno es el más largo de los termoplásticos, con gravedad específica de 0.91. Al mismo tiempo existe una gran variedad de grados debido al hule EPDM y las cargas utilizadas, por lo que hay proveedores que ofrecen una extensa gama de productos

El polipropileno homopolímero presenta, alta resistencia a la temperatura por lo que puede estabilizarse por medio de rayos gamma y óxido de etileno, tiene muy buena resistencia a los ácidos y bases a temperaturas abajo de los 80 °C, no hay ningún solvente orgánico que lo pueda disolver a temperatura ambiente. Tiene buenas propiedades dieléctricas, la resistencia a la tensión es muy buena en comparación con su elongación, su resistencia al impacto es buena a temperatura ambiente, pero a temperaturas abajo de 4 °C se vuelve frágil y quebradizo.

El tipo de copolímero presenta muy buenas resistencias a bajas temperaturas es más flexible que el tipo homopolímero, su resistencia al impacto es mayor y más aún si se le modifica con hule como el EPDM se incrementa su resistencia a la tensión al igual que su elongación, aunque su resistencia química es mayor a la del tipo homopolímero. Por otro lado, su resistencia química a elevadas temperaturas disminuye.

2.2.11.- PROPIEDADES FISICAS.

Densidad.- Esta propiedad es útil para determinar la cantidad de materia prima que se va a utilizar en la fabricación de un determinado artículo. El polipropileno es uno de los termoplásticos de menor densidad lo cual hace que el rendimiento en producción sea mayor. Su rango de densidad es de 0.89 a 0.91 g/cm³.

Contracción de Moldeo.- El rango de contracción de moldeo es considerablemente alto (2%) por lo que debe tomarse en cuenta durante el diseño de moldes, principalmente en el proceso de inyección.

Índice de Fluidéz.- Esta propiedad, es determinante para la elección del grado de material de acuerdo al proceso de transformación que se vaya a utilizar y a la vez es una medida directa del peso molecular del material. A medida que es más pequeño la rigidez es más alta y cuando el índice de fluidéz es más alto la rigidez disminuye, el brillo aumenta y se facilita la inyección en piezas de diseños intrincados.

Para cada proceso y aplicaciones, se tienen diferentes Índices de fluidéz tal como se observa en la tabla de propiedades.

2.2.1.2) PROPIEDADES MECANICAS.

Resistencia a la Tensión.- La resistencia a la tensión del polipropileno está en término medio, en comparación con los demás termoplásticos, la ventaja es que su resistencia se incrementa considerablemente durante el proceso de fabricación de películas, rafia y cuerdas.

Elongación.- La elongación de este material fluctúa entre 400 y 430%, razón por la cual, en la fabricación de películas es posible efectuar el estiramiento.

Resistencia al Impacto.- La resistencia al impacto del polipropileno es de 6.8 a 8.16 cm-Kg/cm la cual es mayor a la de los plásticos comodites y al ABS, por lo que es utilizado en carcasas de electrodomésticos, gabinetes, cascos de seguridad, portafolios, aspas de lavadoras y botellas.

Resistencia a la Flexión.- El polipropileno es un material semifrío, su resistencia es de 800Kg/cm², debido a ello se emplea en la fabricación de cuerdas, cajas y contenedores de alimentos.

Modulo de Flexión.- Es una medida de la rigidez del material. El polipropileno presenta una rigidez alta, la cual es mayor a la del polietileno de alta densidad, por lo que se utiliza en la manufactura de popotes, cerdas para escobas y tapas con bisagras.

Resistencia a la Compresión.- Esta propiedad nos indica la carga que soporta un plástico antes de * deformarse, el polipropileno presenta un valor de 500kg/cm², debido a ellos se utiliza en la inyección de sillal y soportes para muebles.

2.2.1.3) PROPIEDADES TERMICAS.

Temperatura de Ablandamiento VICAT.- El polipropileno, presenta resistencia al temperatura sin deformarse por arriba de los 85°C, por lo que puede ser esterilizado con rayos gama y oxido de etileno. Por otro lado, en el proceso de metalizado se manejan elevadas temperaturas, que este material soporta sin deformarse.

Temperatura de Deflexión.- a 4.5 kg/cm² soporta 110 °C, por lo que se utilizado en la fabricación de piezas mecánicas como engranes, cafeteras eléctricas y freidoras de papas. Con una carga de 18.5 Kg/cm² soporta 55 °C pero si se refuerza con cargas como la fibra de vidrio, talco y carbonato de calcio la

temperatura aumenta considerablemente hasta 150 °C, por lo que se emplea, en la fabricación de tableros automotrices, parrillas para auto y piezas mecánicas.

Conductividad Térmica.- El propileno, presenta un valor muy pequeño de conductividad, por lo que el calor que absorbe, lo trasmite muy lentamente, y que se refleja en ciclos más largos de enfriamiento durante su transformación.

Resistencia al Calor Continuo.- Es la capacidad que presentan los plásticos de soportar elevadas temperaturas, libres de esfuerzos mecánicos. De los plásticos commodities y ABS, el propileno es el que más resistencia presenta por lo que se utiliza en la inyección de acumuladores para automóviles.

Calor Específico.- es la cantidad de calor que se necesita para elevar en un grado centígrado, su temperatura por unidad de peso, y el propileno, es uno de los materiales que más energía requiere para su transformación.

2.2.1.4) PROPIEDADES ELECTRICAS.

La constante dieléctrica, es la capacidad de los materiales plásticos, para almacenar la energía dentro de ellos. el polipropileno, es uno de los que menos la acumulan o más por lo cual puede ser utilizado en circuitos eléctricos y electrónicos. En cuanto a la resistividad volumétrica, se requieren valores altos para lograr mayor aislamiento eléctrico y es la razón de que este material se emplee en el recubrimiento de alambre y cable, su desventaja es ser más rígido que el polietileno de alta densidad y el PVC.

2.2.1.5) PROPIEDADES OPTICAS

El polipropileno por naturaleza es translúcido, o sea que su transmitancia es del orden de un 70 a 75%. Actualmente, con la adición de agentes clarificantes, se logran transparencias aproximadamente de un 85 al 90%, por lo que su campo de aplicación se ha extendido a cubrir otros mercados, como fabricación de botellas, contenedores de alimentos, y en las películas se ha logrado mayor brillantes y transparencia.

2.2.1.6) PROPIEDADES QUIMICAS.

Este material presenta muy buena resistencia a los ácidos, y bases fuertes y débiles; solo lo ataca el ácido nítrico concentrado por arriba de los 80 °C. No hay solvente orgánico que lo pueda disolver a temperatura

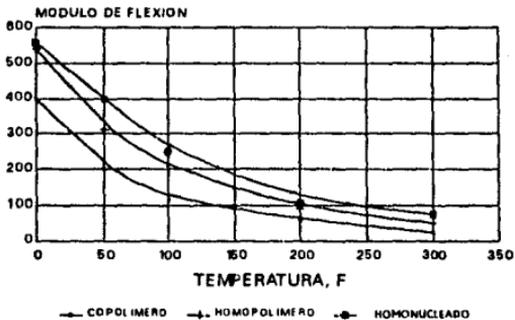
ambiente y a bajas temperaturas se vuelve frágil y quebradizo. A continuación se presenta algunos efectos de solventes sobre el polipropileno.

TABLA 2-4 SOLVENTES (8)

PRODUCTOS QUIMICOS	CAMBIOS
Acetona	NO
Acido Acético (5%)	Ligeramente se Decolora
Acido Fosfórico (conc.)	NO
Acido Sulfúrico (30%)	NO
Cloruro Férrico (10%)	NO
Etanol	NO
Formaldehido	Ligeramente Amarillento
Gasolina	Se hincha
Hidróxido de Sodio (10%)	NO
Tolueno	Ligeramente Decolorado

Como se observa entre el copolímero y el homopolímero existen diferencias en las propiedades de impacto, y si bien el copolímero es mejor en resistencia al impacto, en lo que se refiere a rigidez esta disminuye como se muestra en la gráfica 2-1.

EFFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA RIGIDEZ DEL POLIPROPILENO



GRAFICA 2.1

por lo que respecta las propiedades de barrera el polipropileno presenta los coeficientes de permeabilidad indicados en la tabla 2-5.

TABLA 2-5 PERMEABILIDAD (5)

Vapor de Agua	O ₂	N ₂	CO ₂	Aire
1.5	100	25	350	40

Por lo que esta propiedad de baja permeabilidad al agua y alta al CO₂ es la que le permite envasar y proteger en mayor medida alimentos y productos perecederos y bebidas carbonatadas que pudieran ser envasados en polietileno.

Por otro lado, el polipropileno a pesar de ser una poliolefina, no presenta problemas de fisuras por efectos ambientales, por lo que se dice que presenta un ESCR muy elevado. En cuestión de resistencia a sustancias químicas, ninguna lo ataca, a excepción del ácido sulfúrico y crómico concentrado, así como el agua regia, es por ello que con el polipropileno se pueden envasar alimentos grasosos y condimentados.

El único problema que presenta el PP es el ser susceptible a la oxidación, por lo que la materia prima empleada debe estar formulada con agentes antioxidantes como el BHT o tri(2,4 biterbutil fenil) fosfito en porcentajes del 0.05% al 0.25%.

A pesar de este comportamiento que representa una desventaja del material para el empaque de ciertos productos se puede eliminar ese problema metalizando la película para evitar el paso de la radiación ultravioleta al alimento y con ello la oxidación del mismo.

Debido a su transparencia y brillo el polipropileno ha venido a sustituir al celofán, mejorando sus propiedades mecánicas y de rendimiento, ya que un kilogramo de celofán nos proporciona 28 m² de película y un kg de PP nos produce 44 m² de película. Además el polipropileno presenta la cualidad de poseer memoria, esto quiere decir que si se le arruga o dobla con el paso del tiempo tiende a regresar a su forma original, en cambio el celofán permanece con el doblez.

Como todo polímero, aunque muchas de sus propiedades son ideales para el empaque, le falta cubrir otras como mayor barrera de CO₂, presentaron menos absorción de oxígeno y una mayor facilidad de sellado al calor.

Por lo anterior, se combina el PP con otros materiales para diseñar y elaborar empaques ideales y con ello proteger mejor al producto. Algunas de esas combinaciones son:

Al/OPP/Sellante.- Se utiliza para papas fritas cualquier tipo de botanas, galletas dulces y pasteles. presenta una excelente barrera a la humedad, oxígeno y luz.

Ionómero/OPP Café/OPP Blanco.- Esta laminación se desarrolló para reemplazar el papel Glassine. Presenta: Excelente barrera a la luz, Alta opacidad, Un amplio rango de sellado, Resistencia a aceites y grasas, Total barrera a la humedad.

OPP/Al/LDPE.- Altas propiedades de barrera a gas y humedad además de protección UV.

OPP/PVDC/LDPE.- Moderada barrera a gas. Cuando se desean aumentar las propiedades de barrera sin necesidad de cambiar la película de polipropileno con otros materiales se metaliza.

Al Equivale a aluminio, OPP equivale a óxido de polipropileno, PVDC

De esta forma se utiliza para envoltura de botanas, chocolates, dulces de crema y galletas. Si su temperatura de sellado fluctúa entre 120 y 125 °C. En este tipo de envolturas pueden durar hasta más de 60 días los alimentos guardados sin que el producto se arrancie.

Aún en su forma natural sus propiedades son muy peculiares como:

- Estabilidad dimensional aun en condiciones de humedad.
- Resistencia a bajas temperaturas
- Baja permeabilidad al vapor de agua
- Alta resistencia al impacto o a la punzura
- Con aprobación EFDA (organismo que emite requerimientos y especificaciones para materiales que están en contactos con alimentos) Número 121,250

Estas propiedades se resumen en la tabla 2-6.

TABLA 2-6 PROPIEDADES DEL PP COMO COMPUESTO^{1) 3)}

PROPIEDADES	COMPUESTO		UNIDADES
	HOMOPOLIMERO	COPOLIMERO	
Densidad	0.905	0.897	gr/cc
Índice de Fluidez	5	4	gr/10min
Absorción de Agua	0.05	0.05	%
Concentración de Moldeo	2	2.5	%
Resistencia a la Tensión	369	297	Kg/cm ²
Elongación	600	700	%
Resistencia al Impacto con Mueca	6.8	8.16	Cal-kg/cm
Resistencia a la Flexión	462	467	Kg/cm ²
Módulo de Flexión	17575	15115	Kg/cm ²
Resistencia a la Compresión	500	460	Kg/cm ²
Dureza Rockwell	R-95	R-70	—
Temperatura de Fusión	168	164	°C
Temperatura de Deformación			
a 4.5	114	95	Kg/cm ²
a 18.5	55	53	
Constante Dieléctrica	2.4	2.2	10 ⁶ Hz
Resistividad Volumétrica	1X10 ¹⁶	1X10 ¹⁷	° cm
Factor de Disipación	1.2X10 ⁻³	1X10 ⁻³	10 ⁶ Hz
Resistencia Dieléctrica	22600	22600	V/mm

2.3 POLIESTER TERMOPLASTICO.(2.2)

Dentro de la industria del plástico existe una familia de termoplásticos conocidos como poliésteres saturados o resinas de poliéster tereftalato, constituido por el polietilentereftalato (PET) y el Polibutilen Tereftalato (PBT).

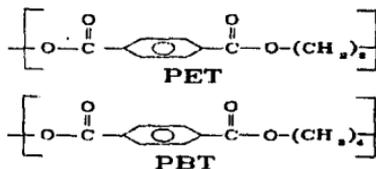
En 1941 se elaboró por primera vez el polietilentereftalato, conocido como PET para ser utilizado como polímero para fibra y el 1955 hace su aparición en el mercado mundial.

Desde la fabricación de telas en los años 60's el poliéster continúa su desarrollo: Se utiliza en la elaboración de películas flexibles para empaques de diversos productos, cintas, casetes y películas biorientadas para aplicaciones de fotografía y rayos X. A mediados de los años 70's surge como un material útil para la elaboración de botellas y envase biorientados que contengan: Bebidas carbonatadas, perfumes, cosméticos, licores, cervezas y en general alimentos que requieran larga vida de anaquel.

A principios de la década de los 80's, la línea de productos políesteres saturados, atraviesa por una expansión vertiginosa, en especial en el sector eléctrico/electrónico y en el automotriz debido a la creciente demanda de productos más tenaces y carentes de deformación y, al mismo tiempo con una temperatura de uso permanentemente más alta, lo cual ha conducido a una gran variedad de productos nuevos.

Aunque el PET puede utilizarse como plástico de ingeniería, su mayor consumo lo tiene en la industria de envases, razón por la cual ha tenido una mayor desarrollo que el PBT.

La estructura química del PET y el PBT son las siguientes:



Los diferentes grados de resinas de polietilentereftalato, se diferencian por su peso molecular. Las que presentan menor peso molecular se denominan de grado fibra, las de peso molecular medio grado película y las peso molecular alto grado ingeniería.

2.3.1 CLASIFICACION ^(3,4)

Dentro del grupo de los políesteres se han desarrollado diversos productos de acuerdo a las materias primas de donde se obtienen y, al grado de polimerización de la reacción, así como también se pueden modificar con aditivos y otros plásticos para formar mezclas y aleaciones.

Se trata de materiales termoplásticos conocidos como Políesteres saturados, ya que también existe el políester insaturado que corresponde al grupo de resinas termofijas. Los grados de políester son: Fibra, Película y lámina, Envase e Ingeniería.

A) FIBRAS (PET).

La fibra poliéster sólo es posible obtenerla a partir de polietilenoftalato (PET). Existen diversos grados de acuerdo al uso final que se le da, es decir, textil o industrial. Esta fibra se caracteriza principalmente por su elevada resistencia a la tensión y su resistencia a la abrasión, además de presentar buenas propiedades de resistencia química a hidrocarburos aromáticos, alcoholes, detergentes, soluciones acuosas con ácidos débiles y fuertes, a la luz solar, microorganismos y tratamiento de blanqueadores.

B) PELICULA (PET, PEGT, PCTG).

Se puede fabricar película a partir del PET o bien de los diferentes tipos de co-poliéster, manteniéndose básicamente las mismas propiedades.

a) Polietilenoftalato (PET).- La película se obtiene a partir de un proceso de biorientación, con el cual se logran características muy singulares, tales como la elevada resistencia a la alta tensión, elevada transparencia y brillo superficial, destacando en propiedades de barrera a gases, principalmente a oxígeno y dióxido de carbono, así como al paso de olores. Posee una baja retención de humedad, no es tóxica y es inerte a la formación de hongos y bacterias lo que lo hace ideal en aplicaciones del sector envase y empaque para laminaciones de aluminio, papel y otros plásticos útiles para lograr la vida de anaquel de artículos perecederos.

También es importante su resistencia a temperaturas, hasta de 130 °C, en uso continuo. Esto aunado a sus propiedades de barrera la hacen útil para fabricar laminaciones con aluminio y propleno las cuales sirven para envasar alimentos preparados.

Por sus excelentes propiedades de resistencia química a solventes orgánicos, alcoholes y aceites se utiliza en la fabricación de películas sensibilizadas para fotografía y para rayos X, es apropiada para la metalización y tratamiento de impresión.

Los espesores de película varían según el fabricante y van desde 10 hasta 60 micras. También existen láminas de 1mm hasta 3mm generalmente utilizadas, éstas últimas, para fabricar empaques termoformados, como charolas, que inclusive pueden usarse en hornos de microondas.

2) Copolíéster (PETG, PCTG).- Además de las propiedades antes mencionadas para el PET grado película, las películas fabricadas a base de copolíésteres presentan una mayor dureza y resistencia al impacto especialmente a bajas temperaturas.

C) ENVASES (PET, PETG, PECTG).

El políéster grado envase es un producto que no requiere en su elaboración de aditivos, por lo que se considera completamente puro e inerte. Cumple con los requerimientos y especificaciones que establecen organismos mundiales, como la FDA de Estados Unidos de Norte América o la BGA de Alemania para materiales que están en contacto con alimentos. Presenta excelentes propiedades de barrera a gases, especialmente al oxígeno, para evitar la oxidación de alimentos y contra el bióxido de carbono para el almacenamiento de bebidas gaseosas. Posee propiedades ópticas y químicas similares al PET grado película, es decir alto brillo, transparencia comparable al cristal, así como muy buena resistencia al impacto y a la tensión.

Las características de los envases de PET se logran mediante el proceso de formulación de las mismas. El desarrollo de este grado de políéster se generó a su vez del proceso de transformación inyección-sople biorientado, útil en la fabricación de botellas, el cual consiste en dar una orientación axial y transversal a las moléculas de políéster, obteniendo mejores propiedades de barrera a gases, resistencia al impacto y a la ruptura, mayor transparencia y brillo superficial, todas ellas requeridas por este tipo de envase. Una botella de 2 litros de PET cuando ésta sujeta a presión de un gas, por ejemplo CO₂ de una bebida carbonatada, es lo suficientemente resistente para contenerlo, con amplios márgenes de seguridad ya que puede soportar presiones de trabajo hasta de 4.8 atm, inclusive puede soportar caídas libres sobre concreto hasta de 3 metros de altura sin presentar consecuencias explosivas como las que tendrían los envases de vidrio de la misma capacidad. Aparte de que pueden pigmentarse en una gran variedad de colores, son de fácil transporte, llenado y uso, generando gastos de energía menores que en el mismo tratamiento de una botella de vidrio. Otra ventaja de las botellas PET, particularmente apreciada por aquellos involucrados en el manejo y distribución es su ligereza en una caja llena de 12 botellas de un litro de PET que pesa solamente 13.5 Kg mientras que el mismo volumen en envases de vidrio pesa 18.5 Kg.

Estas consideraciones de salud, seguridad y confort hacen del PET la elección adecuada para el fabricante y el consumidor.

D) INGENIERIA (PET, PBT).

Presentan propiedades similares como brillo y estructura cristalina. Para identificarlos podemos tomar en cuenta que en su forma natural, son materiales fáciles de incendiar, funden y gotean, la flama permanece aún después de alejarse del contacto del fuego, es de color amarillo y desprende humos negros de olor irritante, son materiales semirígidos de gran resistencia a la deformación, tenacidad, alta estabilidad dimensional, bajos coeficientes elásticos y de fricción, y buena resistencia al impacto.

Generalmente, se comercializan formulados con cargas y aditivos que les imparten propiedades de retardancia a la flama, con cargas minerales y fibras de vidrio (15-55%) mayor resistencia al impacto, soportar elevadas temperaturas hasta de 150 °C con retención de sus propiedades físicas entre otras, también presentan excelente fluidez por lo que se moldean piezas de diseños intrincados.

Los poliésteres presentan la ventaja de ser modificados con diversos aditivos los cuales se mencionan a continuación, describiéndose las propiedades que generan.

1) Retardantes a la flama.- Debido a que los poliésteres termoplásticos arden a la flama se recomienda utilizar retardantes a la flama, entre los que destacan los óxidos de antimonio, sales de potasio y refuerzos fibrosos para reducir el goteo del material durante su combustión.

2) Cargas y refuerzos.- Tanto el PET grado Ingeniería como el PBT se refuerzan en forma similar para mejorar sus propiedades mecánicas naturales. El refuerzo con fibra de vidrio en el PET puede llegar a ser hasta del 55% y el del PBT puede utilizarse sin cargas ni refuerzos.

De manera general podemos decir que los tipos de cargas más usados son carbonato de Calcio, talco y fibra de vidrio.

3) Modificadores de Impacto.- Los poliésteres de Ingeniería por su naturaleza cristalina tienden a ser quebradizos y para ciertas aplicaciones es necesario que presenten resistencia al impacto por lo que se recomienda alearlo con Policarbonatos, Polietileno y elastómeros.

4) Agentes Antiestáticos.- El PET grado lámina al estar en contacto con otros materiales adquiere carga eléctrica y como no es conductor no es fácil retirar dicha carga por lo que se utilizan agentes antiestáticos, los cuales son de mayor importancia cuando se usan en películas fotográficas.

6) **Antioxidantes.**- Los poliésteres Termoplásticos son relativamente estables a la autooxidación, sin embargo, contienen algunos segmentos fácilmente oxidables (por lo que se utilizan para artículos de larga vida útil) la concentración de este tipo de aditivos debe ser del 1%, ayudando además con esto a mantener el color brillante. Son dos antioxidantes del grupo amino los que se usan para esta formulación y se pueden agregar durante la policondensación ó la pelletización.

6) **Agentes Nucleantes.**- Por los que se refiere al PET, sus tiempos de cristalización resultaban bastante grandes para que su procesamiento a través de moldeo por inyección fuera económico a nivel comercial; de tal manera que desarrolló una tecnología para lograr una cristalización más rápida. Se utilizan únicamente para el PET grado ingeniería ya que dicha característica es benéfica para el caso de fabricación de botellas parcialmente cristalinas y altamente transparentes.

En general como agente nucleante se utilizan óxidos de metales y a una concentración de 0.5%.

En las tablas 2-7 y 2-8 se indican algunas de las propiedades del PET y PBT en función de su clasificación.

TABLA 2-7 PROPIEDADES DEL PET COMO COMPUESTO (8)

PROPIEDADES	GRADO ING.		GRADO BOTELLA	GRADO PELÍCULA
	% FIBRA DE VIDRIO			
	30	43		
Densidad (g/cc)	1.56	1.80	1.37	1.37
Resistencia a la Tensión (Kg/cm ²)	1.61	1.98	0.54	0.31
Resistencia al Impacto (Kg cm/cm)	101	—	43	53
Resistencia a la Flexión (Kg/cm ²)	2.38	2.86	1.16	1.6
Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	1.75	1.82	1.3	—
Dureza Rockwell	M-100	M-100	M-106	M-106
Conductividad Térmica (10 ⁻⁶ Cal/g-cm ² C-cm)	0.29	0.31	—	0.15
Expansión	2.9	2.3	7.2	1.7
Factor de Disipación a 60 Hz	12	12	20	20

**TABLA 2-6 PROPIEDADES DEL PET
COMO COMPUESTO (5)**

PROPIEDADES	GRADO ING.	
	% FIBRA DE VIDRIO	
	0	43
Densidad (g/cc)	1.31	1.53
Resistencia a la Tensión (Kilom ²)	0.53	1.10
Resistencia al Impacto (Kg cm/cm)	93	98
Resistencia a la Flexión (Kg/cm ²)	0.64	1.06
Resistencia a la Compresión (Kilom ²)	0.92	1.26
Coeficiente de Expansión Térmica (10 ⁻⁴ Celcius ⁻¹)	R-177	R-118
Coeficiente de Expansión Térmica (10 ⁻⁴ Celcius ⁻¹)	0.18	0.21
Expansión	12.6	2.6
Factor de Dilatación a 60 Hz	20	20

2.3.2 APLICACIONES (3,4)

La producción de envases de PET soplado, de todo tipo, están concebidos por su especial economía y resistencia sobre todo de botellas, de las cuales existe en el mercado una demanda de grandes cantidades, por ello esta resina esta orientada a la producción a gran escala. A continuación se dan las aplicaciones más importantes del PET en los diferentes sectores de la industria.

1.- PET

a) Envases y empaques

a.1) Botella.- Utilizada en aceites comestibles, jugos de fruta, mostazas, aderezos para ensalada, vinagre y otros.

a.2) Tarros.- Se utiliza en alimentos para bebé, salsas, mermeladas, jalea, café, crema, nueces, crema de cacahuete, encurtidos, mostazas y mayonesa.

a.3) Bebidas.- Se utiliza en cervezas, bebidas carbonatadas, agua mineral, champaña.

a.4) Artículos de tocador.- Champúes, lociones, cosméticos y dentífricos.

a.5) Artículos médicos.- Se utiliza en antisépticos, laxantes y otros medicamentos.

b) Electrodomésticos.- Se utiliza en las bases de carcasas de aparatos de mediano y pequeño tamaño como son: tostadores, hornos de convección, freidores, tenazas eléctricas, sartenes eléctricos, planchas, secadores de pelo, aseo etc.

c) Eléctrico/electrónico.- Se utiliza en cintas magnéticas, cintas para computadoras, cintas de audio y vídeo, motores eléctricos, engranes, bases de relevadores, transformadores, copiladoras, capacitores, circuitos impresos, aislamiento de cable y alambre, bobinas, cintas para microfilm, computadoras, etc.

2.- PET GRADO PELÍCULA.

Cuando la película se destina al empaque de alimentos se usa una base para laminados termosellables o metalizados.

Nuevos desarrollos han logrado una película de PET metalizada con aluminio por un lado y recubierta por ambos lados con SARAN® (PVDC) sellable térmicamente. Esta película se usa en el empaque de productos muy sensibles a la humedad y que requieren una larga vida de anaquel, como son los dulces, galletas, fármacos, reactivos químicos secos y polvos para preparar bebidas.

Otro desarrollo interesante es el de la película que está químicamente preparada para asegurar la adhesión de tintas y recubrimientos que normalmente no se adhieren bien a este material pudiéndose imprimir, recubrir, laminar, metalizar y colorear. Esto se lleva a cabo mediante la colocación de una película de pegamento que puede ser marcada por procesos de serigrafía

3.- COPOLIESTERES (PETG).

Se utiliza para producir, por extrusión una amplia gama de formas como tubos, películas o placas para una gran variedad de aplicaciones en la industria del empaque.

Otros usos en su forma de película incluyen artículos de papelería, películas protectoras y contenedores termofomados.

Se aplica también en el diseño, por moldeo, de partes traseras de sillas y cubiertas para instrumentos.

4.- (PCGT).

Este material se emplea en la industria del empaque para la producción de artículos pesados.

Se tienen grados de éste material que cumplen con las normas F.D.A. para uso como material de empaque para carne y productos lácteos.

5.- PET GRADO FIBRA.

Este se puede dividir debido a su alta resistencia, a su baja concentración y a su baja elongación y alta tenacidad.

Por su alta resistencia se usa en lantitas, telas tejidas y cordeles. Por su baja concentración se emplea en partes para cinturones de seguridad, hilos de costura, refuerzos de lantitas; por su baja elongación y alta tenacidad se utiliza en mangueras, soporte de cinturones.

6.- PST GRADO INGENIERIA.

Este tipo de políéster termoplástico es utilizado en carcasas de bobinas, transformadores eléctricos, armaduras de bombas, componentes del albercas, broches, partes de herramienta, cerraduras de puertas, válvulas de irrigación, rociadores mecánicos, cámaras de medidores de agua. En la industria automotriz se utiliza en: tapas de distribuidor, parabrisas, cajas de fusibles y terminales para autos, rotores, deflectores de ventilador, bobinas de ignición, extensiones deflectoras, transmisión eléctrica, válvulas de vacío, conectores moldeados para cable, cerrajería de puertas y ventanas, puentes de rectificador, tapas del tren de engranes, interruptores de limpiaparabrisas, partes del sistema de frenos, salpicaderas y paneles.

7.- OTROS.

El políéster Termoplástico también es utilizado para los cuerpos de plumas, partes de bicicletas, calculadoras de bolalilo, películas de rayos X, clips, cierres y botones, engranes, cepillos de dientes, broches, transformadores de cartas de circuitos impresos.

2.4 POLIETILENO^(1,4)

El primer polietileno fue obtenido en 1898 por Von Pechman, quien lo llamo polimetileno, aunque en forma de polímero fué hasta 1933 en Inglaterra, cuando se obtuvo, por accidente, a nivel de laboratorio en forma de polvo blanco. Esto se llevó a cabo en un recipiente a presión de 1000 atmósferas y temperatura de 100 a 300 °C. La fórmula general del Polietileno es



A simple vista es muy sencilla la estructura del material y de hecho es por ello que se puede transformar de manera rápida y fácil. Pero muy por el contrario de presentar desventajas ó pobres propiedades, proporciona la facilidad de presentar diferentes densidades, distribuciones moleculares, además de ser modificado con aditivos que ofrecen una gran variedad de grados y características. El polietileno se fabricó en un principio como dieléctrico debido a las buenas propiedades que presentaron como aislante, pero a medida que su disponibilidad en el mercado aumentó se buscaron nuevas aplicaciones para él como en tuberías, película para bolsas, utensilios para el hogar.

Sus principales características son: bajo costo, facilidad de procesamiento, excelente resistencia química, ausencia de toxicidad y olor.

Como cualquier otro polímero este material ha presentado modificaciones y ampliaciones en su uso debido a los nuevos grados comerciales que han surgido como son: baja densidad, lineal de baja densidad, alta densidad, alto peso molecular, ultra alto peso molecular.

Esta variedad de grados ha ocasionado que se mantenga en primer lugar en consumo a nivel mundial, siendo de los materiales que se consideran "comodities" debido a su venta en grandes volúmenes, piezas que no requieren de mucha tecnología y que sin embargo cubren un amplio rango de sectores de mercado.

2.4.1 PROPIEDADES^(1,3)

El polietileno es un termoplástico de aspecto ceroso que se reblandece a 80-130 °C, es tenaz si bien tiene solo moderada resistencia a la tracción; es un excelente aislante eléctrico y presenta muy buena resistencia

a los agentes químicos, es translúcido y opaco, existiendo películas delgadas que llegan a ser prácticamente transparentes. Las propiedades del polietileno se agrupan como:

2.4.1.1) FÍSICAS

Polietileno de Baja Densidad (LDPE). Contiene muchas ramificaciones cortas y largas, aproximadamente de 10-20 por cada mil átomos de carbono y dado que las ramificaciones interfieren con el crecimiento del cristal, este material presenta solo del 50-60% de cristalinidad por lo que es sumamente transparente. Así mismo como la densidad es una función del empaquetamiento de las moléculas, y el tener este polietileno una gran cantidad de ramificaciones no es posible que se acomoden muy compactas y por tal razón su densidad es baja.

Polietileno Lineal de Baja Densidad (LLDPE). Sus propiedades físicas son significativamente alteradas por la longitud del comonomero. Por lo tanto como el polímero presenta moléculas que son esencialmente lineales, las formas cristalinas son más perfectas lo que ocasiona que se tenga una película menos transparente que con un LDPE. Las propiedades reológicas y físicas del LLDPE son diferentes del LDPE por densidad e índice de fluidez similar. El punto de fusión de las resinas lineales es aproximadamente 20 °C más alto que el del LDPE.

Polietileno de Alta Densidad (HDPE).

Polietileno de Alto Peso Molecular (HMWPE). Presentan las mismas características, a excepción del índice de fluidez que en el primero es más alto, lo que le proporciona menores propiedades mecánicas. De hecho el nivel mundial el polietileno que se utiliza como de alta densidad es el de alto peso molecular.

El HDPE tiene muy pocas o ninguna ramificación con un 70-95% de cristalinidad por tanto es un material un tanto opaco y de aspecto ceroso. Además por su alto grado de cristalinidad sus moléculas están más empaçadas y su densidad es mayor

1.5 Polietileno de Ultra Alto Peso Molecular (UHMWPE). Totalmente cristalino (opaco) por lo tanto tiene una densidad superior a los otros polietilenos. Presenta una nula absorción de agua y posee una excelente resistencia a la abrasión.

Debido a la importancia de la resistencia a la abrasión de un material para poder sustituir a otros, se observa que el UHMWPE es mejor que el nylon o el poliuretano puesto que el primero que presenta un

índice de abrasión de uno, mientras que el índice de los dos siguientes es cercano a 5. Recordando que cuando más grande es el valor, mayor es el desgaste.

2.4.1.2) MECANICAS

2.1) LDPE.- tiene buen impacto a bajas temperaturas gran dureza y flexibilidad.

2.2) LLDPE.- Debido a su linealidad se mejora la tenacidad resistencia a la punción, la resistencia al rasgado y en películas posee excelente elongación, por lo que se pueden obtener calibres tan bajos como de 0.25 mm.

2.3) HDPE.- Es de fácil procesamiento gran dureza y una buena resistencia a la abrasión.

2.4) UHMWPE.- Presenta la mayor resistencia a la abrasión que cualquier otro polímero, una excepcional resistencia al impacto aún a temperaturas bajo cero y muy bajo coeficiente de fricción (por ser un material autolubrificable), además de amortiguar ruidos y vibraciones.

2.4.1.3) TERMICAS

Las temperaturas de procesamiento varían de acuerdo al tipo de polímero usado y el proceso empleado, oscilando entre límites que van de 140 °C a 300 °C. En atmósfera inerte el polietileno es estable hasta temperaturas de 300 °C.

La temperatura de ignición del polietileno es de 340 °C y de autoignición es de 349 °C.

2.4.1.4) ELECTRICAS

Las propiedades aislantes del polietileno son excelentes y comparativamente superiores a las de otros materiales dieléctricos, dado que se trata de un material no polar, por lo que propiedades tales como factor de potencia y constante dieléctrica son casi independientes de la temperatura y de la frecuencia.

La constante dieléctrica depende linealmente de la densidad, una reducción de la densidad, originada por calentamiento conduce a una pequeña reducción de la constante dieléctrica.

2.4.1.6) QUIMICAS

Los ácidos sulfúrico y nítrico concentrados, así como otros agentes de oxidación, atacan lentamente al plástico. Se considera en general que es resistente a los solventes comunes abajo de los 60 °C. A temperaturas superiores de 70 °C el polietileno es atacado con mayor intensidad por los hidrocarburos alifáticos, aromáticos y clorados. Si la temperatura se incrementa más aún, el polietileno tiende a disolverse.

Las propiedades de esta resina se resumen en la tabla 2-9.

TABLA 2-9 PROPIEDADES DEL PE COMO COMPUESTO (8)

PROPIEDADES	LDPE	LLDPE	HDPE	UHMWPE	UNID
Densidad	0.91-0.94	0.92-0.94	0.94-0.97	0.94-0.98	gr/cc
Índice de Fluidez	0.2-6.0	0.8-2.5	0.1-14	—	gr/10min
Absorción de Agua	0.01	—	—	0.01	%
Transmitancia	20-25	11-15	0-40	—	%
Índice de Refracción	1.50-1.52	—	1.52-1.56	—	—
Resistencia a la Tensión	40-160	211-334	210-3900	280-395	Kg/cm ²
Elongación a la Ruptura	100-800	700-800	50-1000	200-450	%
Resistencia a la Flexión	560-4000	390-5060	7000-18300	9100-9800	Kg/cm ²
Resistencia a la Compresión	—	—	200-300	—	Kg/cm ²
Contracción de Moldeo	1.5-5.0	—	1.5-3.0	2.5-4.0	%
Dureza Rockwell	40-50	44-48	60-70	60-70	Shore D
Temperatura Vicat	40	32	117-126	74	°C
Temperatura de Deflexión a 4.5 (Kg/cm ²) a 18.5 (Kg/cm ²)	40-70 32-49	— —	80-91 43-54	74-82 43-49	°C
Constante Dieléctrica	2.1-2.3	—	2.30-2.56	2.30	60 Hz
Resistividad Volumétrica	1x10 ¹⁶	—	1x10 ¹⁶	1x10 ¹⁶	°cm ²
Resistencia al Arco	135-160	—	—	—	seg
Resistencia Dieléctrica	164-273	—	172-234	—	KV/cm

2.4.2. APLICACIONES

2.4.2.1) POLIETILENO BAJA DENSIDAD

A continuación se dan las aplicaciones más importantes del LDPE en los diferentes sectores de la industria.

- 1) Envase y Empaque.-** utilizado para bolsa-botella para leche, botellas para champú, envase industrial, película transparente, laminaciones, película encojible, recubrimientos, sacos y costales, tapas para botellas.
- 2) Construcción.-** Tuberías (conduit)
- 3) Agricultura.-** Película para invernaderos, tubería para riego.
- 4) Eléctrico/Electrónico.-** Aislante para cables y conductores, cables de alta frecuencia y material dieléctrico.
- 5) Juguetes.-** juguetes pequeños que se comercializan por novedad y en grandes producciones

2.4.2.2) POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD

- 1) Envase y Empaque.-** bolsas para mercancía, bolsas para basura, botellas para leche y yogurt, Cajas para el transporte de botellas, envases para productos químicos, envases para jardinería, detergentes y limpiadores, frascos para productos cosméticos y capilares, recubrimientos de sobres para correo, sacos para comestibles.
- 2) Eléctrico/Electrónico.-** Aislantes cables para conexiones, cuerpos de bobinas, consumo popular, artículos de cordelería, vasos, cubetas, platos, redes para pesca, regaderas para aceites minerales y agua, tejidos técnicos, tapicería, tinas de baño para bebe,
- 3) Automotriz.-** bidones para aceite y gasolina, conexiones y tanques para agua.
- 4) Juguetes.-** Caballitos, carritos y muñecas.

2.4.2.3) POLIETILENO LINEAL DE BAJA DENSIDAD.

La aplicación principal del LLDPE es en películas porque es muy resistente y permite disminuir calibres, sin disminuir las propiedades de la película.

Película para envolver pan, empaque para congelar comida, bolsas de uso casero, película para envolver carne, bolsas para basura, Películas estirables, bolsas para el hielo y pañales desechables

2.4.2.4) POLIETILENO ULTRA ALTO PESO MOLECULAR.

La aplicación del UHMWPE es diferente a la de los otros polietileno por que va encaminada principalmente a partes y refacciones de maquinaria. Por tanto se hace la siguiente clasificación .

- 1) Manejo de Materiales.- Soleras de fricción, cintas guía, canales, cintas de desgaste, placas -deslizantes, tolvas y rodamientos.
- 2) Minera.- rodillos o camisas de desgaste de los mismos, recubrimientos para bandas transportadoras, ruedas, bujes, tones, herramientas varias.
- 3) Productos Químicos.- filtros para válvulas, juntas, bujes, y empaques.
- 4) Fundiciones.- Placas para manejar la arena húmeda en sus tolvas y silos, pemos para la transmisión d la potencia de los motores.
- 5) Refrigeración.- Pistones, válvulas, rodamientos.
- 6) Eléctrica.- Partes de motores eléctricos, interruptores acopladores.
- 7) Aserraderos.- resbaladillas, canales, y soleras para desgaste de cadenas.

CAPITULO 3

MARCO NORMATIVO

3.1 MARCO NORMATIVO INTERNACIONAL

Tanto en los países industrializados como en los países en desarrollo, hay una creciente actividad de alerta en materia de reducción de origen, reuso y reciclaje de los materiales de envase y embalaje presentes en los flujos de residuos sólidos municipales (RSM).

Algunos países tienen prácticas más avanzadas que otros en materia de control, disposición e infraestructura. Entre los países que más acciones legales han implantado para encontrar soluciones a esta problemática destacan los países escandinavos, Alemania, Holanda, Suiza además de los Estados Unidos. Los países restantes están efectuando esfuerzos considerables para encontrar soluciones a la disposición de desechos sólidos, principalmente para los RSM.

3.1.1 COMUNIDAD EUROPEA (12,29)

La comunidad europea anualmente produce 2000 millones de toneladas de residuos sólidos, de los cuales 100 son desechos municipales. De ahí que su política ha evolucionado de sugerir acciones sobre el control de la disposición de los desechos, a la de promover acciones sobre la minimización de los residuos. Por tal motivo la comunidad adoptó una estrategia global basada en los siguientes cuatro principios:

- La reducción directa de los flujos de desechos.
- La optimización del manejo y disposición ambientalmente aceptables de los residuos.
- La reducción de los movimientos.
- La responsabilidad del productor.

En julio de 1992, la comisión de aspectos ambientales de la Comunidad Europea emitió un reglamento sobre envases y residuos de envases. La medida establece metas específicas y períodos para reducir al mínimo y/o recuperar desechos de envases y embalajes. Respecto a la recuperación, el reglamento señala que dentro de 10 años deberá estarse reciclando una cantidad igual al 90% de los desechos de envases actuales. El reglamento también señala los siguientes lineamientos para los países de la Comunidad Europea:

- Deberán proveerse mecanismos para devolver al fabricante lo que deseché el consumidor final.

- Debe asegurarse que los envases usados sean efectivamente reusados.
- Debe asegurarse que los sistemas de gestión y devolución de los envases sean equivalentes a través de toda la comunidad.

El reglamento prevé que los países miembros cumplan con varios requisitos que son; mantener el volumen y peso de los envases en el mínimo posible, asegurar que las características de los envases permitan su reutilización o recuperación con un mínimo impacto ambiental y que las sustancias peligrosas que constituyen los envases se mantengan a un nivel mínimo.

Otra consecuencia importante es que, para asegurar los altos niveles de reciclaje, los países podrán hacer obligatorio el retorno de envases desechados por conducto de comerciantes, distribuidores y empacadores, hasta llegar a los fabricantes de los envases, quienes deberán garantizar la reutilización o el reciclaje.

Otro aspecto a considerar es la emisión de las normas ISO - 14000, que van dirigidas al cuidado de la ecología, las cuales se están implementando en el Continente Europeo, aún cuando no han sido certificadas, se tiene programado para el 29 de Junio de 1995 en la reunión de Ginebra, Suiza se acuerde dicha certificación. Al parecer la única compañía mexicana que tiene antecedentes de estas normas es Celanese Mexicana. (11)

Estas normas consisten en un sistema de administración ambiental, el cual funciona en base a la creación de pequeñas organizaciones internas y externas a la empresa, las cuales en función de las características propias de cada empresa identifican las variables que impactan en mayor medida el entorno, y lo controlan mediante la formulación de políticas y objetivos así como el establecimiento de un proceso de mejora continua con el propósito de alcanzar progresos en la actuación ambiental, en general, y no necesariamente en todas las áreas de actividad, identificándose mediante auditorías internas.

El proceso para identificar los aspectos ambientales más significativos asociados con las actividades en las unidades de operación incluye a los siguientes:

- Emisiones de Aire
- Descarga de Aguas
- Gestión de desechos
- Contaminación de la Tierra
- Uso de Materias Primas y Recursos no Renovables
- Otras emisiones ambientales locales.

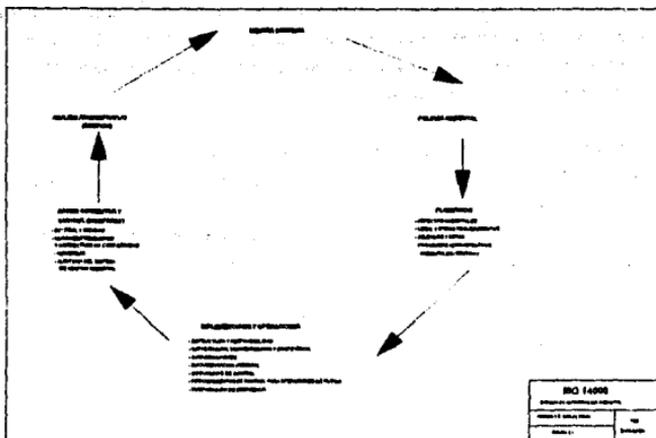
El proceso considera condiciones de operación normal, de inicio y paro o situaciones de emergencia.

A diferencia de las ISO-9000 que tienen registrados varios códigos de calidad, las ISO-14001 serán único código para registro, los códigos 14001 a 14044 están destinados solamente como lineamientos de registro.

A continuación se da una breve descripción de éstos códigos.

LINEAMIENTO ISO-14000	Una introducción a la administración ambiental sobre como fijar o mejorar los sistemas de administración ambiental (EMS).
ESPECIFICACION ISO-14001	Identificar y especificar los elementos fundamentales del EMS. Es una norma para propósitos de registro.
AUDITORIA ISO-14010-12	Series para auditores externos e internos. Define los principios y procedimientos de auditoria y auditores.
REVISION INICIAL ISO-14014	Lineamiento para el establecimiento de una posición operativa fundamental. Establece como funciona una compañía y determina las prioridades para mejorar el funcionamiento ambiental. Este código aún no ha sido desarrollado.
EVALUACION DE SITIOS ISO-14015	Determina las condiciones existentes de los diferentes sitios, incluyendo los niveles de contaminación para propósitos de mejoramiento. El código aún no ha sido desarrollado.
ROTULAMIENTO O ETIQUETADO AMBIENTAL ISO-14020-24	Describe los principios de señalamiento, tales como autodeclaraciones de beneficios ambientales de productos.
FUNCIONAMIENTO Y CUMPLIMIENTO AMBIENTAL ISO-14031	Contemplado para medir el funcionamiento con el tiempo, muestre las tendencias en el funcionamiento ambiental de la compañía.
CICLO DE VIDA ISO-14041-44	Desarrolle la metodología para establecer el ciclo de vida de un producto, incluyendo la contribución de los impactos ambientales y el análisis de mejoras.

En la figura 3.1 se muestra el esquema general de las normas ISO-14000.



3.1.2 REPUBLICA FEDERAL ALEMANA⁽¹²⁾

Una de las experiencias más interesantes, desde el punto de vista de la administración de los RSM, es la de Alemania, que ha servido para orientar el nuevo reglamento de la Comunidad Europea sobre envases y desechos de envases; y por tanto una de las posibilidades a imitar en México.

Alemania (sólo en la parte correspondiente a la antigua República Federal Alemana) tiene el problema de capacidad de los rellenos sanitarios, ya que en algunos estados sólo serán suficientes para los próximos dos a cinco años, después de lo cual se originarán problemas críticos, pues tampoco habrá suficiente capacidad de incineración de la basura.

El material de empaque participa de forma considerable en el total de los RSM, además de la alta visibilidad que tienen. En consecuencia, el ministro Federal del Ambiente propuso y logró que fuera aceptada una de las legislaciones más radicales que existen en el mundo para la gestión de los desechos provenientes del empaque, llamada **Ley Töpfer**, como se le conoce al reglamento para evitar desechos originados por los

envases. El reglamento entró en vigor el 1º de diciembre 1990, excepto en las secciones referentes a obligación de recoger y reaprovechar los envases usados y la obligación de dejar depósito para envases de bebidas, detergentes, productos de limpieza y de aerosoles para dispersión de pinturas. Algunos de los aspectos más importantes de esta legislación, son:

- Aplica a todos los tipos de empaques, incluyendo los de embalaje de transporte .
- Prohíbe la venta de todo empaque que no pueda ser reusado, reciclado o incinerado con recuperación de energía.
- Obliga al distribuidor o comerciante detallista a quitar el embalaje de transporte antes de ofrecer el producto a la venta, o proporcionar un depósito de basura para que el cliente se deshaga de este material.
- Impone un depósito obligatorio de \$50 pfennig (1/2 DM) a todos los envases no retornables y a recipientes plásticos para detergentes y productos de limpieza para el hogar.
- Impone un depósito obligatorio de \$2 DM a los envases para pintura, aceites, solventes, pesticidas y otros productos caseros de carácter tóxico.
- El emparador, distribuidor y detallista, son ahora responsables de la recolección y el reciclaje de los envases y demás materiales desechados que estén asociados con un producto. No se acepta que estos desechos sean incinerados.
- Existen requerimientos estrictos en materia de etiquetado, siendo obligatorio señalar sobre el envase el tipo de material del que está hecho y el sistema de retomo que debe emplearse, una vez que ha sido usado.
- No será necesario aplicar todas las condiciones anteriores, en caso de que los empaadores, distribuidores y detallistas establezcan un sistema independiente y ambientalmente aceptable, que se responsabilice de la recolección y el reciclaje de los residuos de envases y embalajes.
- El reglamento exenta a los residuos de envases de productos médicos, hospitalarios y de bancos de sangre de esta disposición, ya que todo producto y envase de esta aplicación debe usar un sistema especial de gestión de los desechos.

De conformidad con el reglamento anterior, la industria del envase creó una corporación "paraguas" llamada Duals System Deutschland (DSD), que ofrece el servicio de recolección y reciclaje de los residuos de envases a todos aquellos empresarios que fabrican y/o comercializan productos empaados que deben cumplir con la ley Töpfer. La DSD se ocupa de recolectar los residuos de empaques desde los hogares de los consumidores, las instituciones y comercios, hasta la selección y preacondicionamiento de los

subproductos, y la entrega de los materiales a las empresas usuarias finales que los incorporan en sus procesos de manufactura de nuevos envases y productos. El sistema tiene el nombre de PUNTO VERDE y sus principales elementos son:

- a) Para poder recolectar los envases estos deben tener una etiqueta denominada punto verde, que tiene dos flechas encontradas, de color verde claro y verde obscuro en su interior.
- b) La cuota a los fabricantes/empacadores inscritos en el servicio es de \$1 pfennig para cada envase de 50 a 200 ml de capacidad, \$2 pfennig para mayores de 200 ml a 3 lt, \$5 pfennig para mayores de 3 a 30 lt y \$20 pfennig para mayores de 30 lt. Los envases de menos de 50 ml se procesan sin cargo.
- c) Para productos importados, generalmente será el importador y/o el distribuidor quien realice el licenciamiento del uso de punto verde.
- d) Todos los hogares en Alemania obtienen sin costo alguno, dos botes o contenedores uno para desechos reciclables y otro para la basura regular.
- e) Los contenedores de punto verde son vaciados periódicamente por la DSD, sin costo para los usuarios. Los servicios municipales de limpia continúan ocupándose de los contenedores de basura normal, la cual es incinerada con recuperación de energía.

3.1.3 JAPON (12,28)

El manejo y disposición de los RSM en Japón se rige por la Ley Sobre Disposición de la Basura y Limpieza Pública. Las directrices generales de la ley, que separa claramente los residuos en desechos industriales y desechos generales o municipales son:

1. Las empresas y comercios son los responsables de la disposición final de los desechos generados en sus operaciones.
2. Las autoridades locales son las responsables de llevar a cabo una eficiente administración de los RSM.
3. Los gobiernos de los estados supervisarán y proporcionarán a las municipalidades el soporte técnico necesario para manejar en forma apropiada los desechos industriales.
4. El gobierno central promoverá los desarrollos tecnológicos relacionados con la disposición final de los desechos y dará apoyo técnico y financiero a los gobiernos de los estados y municipalidades.

El reciclaje es una actividad muy desarrollada en Japón, los materiales predominantes son el papel, cartón y plástico, además de las latas metálicas y el vidrio, se recuperan en porcentajes altos.

En 1989 Japón lanzó un programa llamado Eco-Mark, basado en cuatro propósitos básicos:

1. No causar contaminación o la menor posible durante su utilización.
2. No empeorar, sino mejorar el ambiente mediante su uso.
3. No ocasionar contaminación o mínima, cuando sea desechado
4. Contribuir de alguna forma a conservar el ambiente.

Los productores que deseen aplicar la etiqueta a sus productos, deberán firmar un acuerdo y pagar por el privilegio, una vez que hayan sido evaluados y aprobados.

3.1.4 ESTADOS UNIDOS (13,14)

Los desperdicios sólidos continúan siendo la principal preocupación, habiéndose introducido más de 500 iniciativas de ley en 1991, en los 50 estados.

Respecto a los plásticos, los envases y los desechos sólidos, la ley que los rige es la de Conservación y Recuperación de Recursos (Resource Conservation and Recovery Act - RCRA). La RCRA es una legislación integradora e incubadora de otras leyes sobre residuos sólidos y peligrosos e incluye normas referentes a la autorización de los rellenos sanitarios, el reciclaje y la conversión de los residuos a energía.

La legislación indica que fundamentalmente los estados se enfocan a incrementar el nivel de reciclaje como una medida administrativa para el manejo de los desechos sólidos. Para promover el reciclaje, los estados estimulan los mercados mediante la creación de consejos para promover la comercialización de los residuos y analizar la factibilidad económica de manufacturar productos con contenido variable de materiales reciclados. Uno de los tipos más populares de legislación en 1991 fue el requerimiento obligatorio del reciclaje para el empaque.

En Massachusetts se presentó una iniciativa que requiere que el empaque sea reducido en su origen, sea recuperable y reciclado en un 50% para el año 2000. Bajo esta iniciativa cada una de las resinas plásticas más importantes deberá satisfacer individualmente estos requerimientos.

En Oregon la iniciativa implica que para 1995 los recipientes plásticos rígidos deberán ser reusables, o tener una tasa de reciclaje del 25% y un contenido del 25% de plástico reciclado.

Una legislación similar fue manejada en California en 1991. La nueva ley requiere que los recipientes de plástico rígido entre ocho onzas y cinco galones de capacidad sean reciclados con una tasa del 25%, contengan el 25% de material reciclado para 1995 y reduzcan el 10% de su peso o volumen del que tenían en 1990 y modifiquen la misma proporción para cada cinco años.

Los fabricantes de envases están preocupados por las presiones económicas que implica el cumplimiento de las metas. La demanda de reciclaje es percibida como alta, pero el valor de los subproductos que se reciclarán está en su punto más bajo, debiendo además competir con precios deprimidos de las materias primas vírgenes. Si esta situación continúa, se traducirá en menores presiones de reciclaje o en una reducción de demanda de materiales reciclados. Para contrarrestar esto, los legisladores municipales y estatales podrían introducir nuevas normas que obliguen a usar en mayor medida materiales reciclados.

3.1.6 CANADA (14,15)

En Canadá los envases para alimentos y bebidas representan el 60% de la industria del envase y uno de los principales factores económicos. Por otra parte los envases y embalajes constituyen una de las principales componentes de los desechos generados por los canadienses.

No está muy claro cuál es el nivel gubernamental que tiene la responsabilidad constitucional de reglamentar la producción, el uso y la disposición de envases. Esta falta de claridad jurisdiccional refleja la situación general de los asuntos ambientales, pues la Constitución no asigna específicamente al gobierno federal o a los gobiernos provinciales. En ocasiones, el gobierno federal tiene jurisdicción exclusiva, mientras que en otras la tienen las provincias y aún en otras la responsabilidad es conjunta o se traslapa.

El programa de recolección selectiva domiciliar de la Provincia de Ontario denominado Caja Azul (Blue Box), se inició en 1986 y, para fines de 1991, había logrado recuperar más de un millón de toneladas de materiales reciclables. Los pasos que deben seguir los participantes son:

1. Coloque todos los frascos, botellas y garrafones de plástico que vaya a desechar, en su caja azul.
2. Enjuague previamente estos envases y quíteles todas las tapas o tapones que tengan. Las botellas vacías de aceite de motor no deben enjuagarse y debe dejárselas la tapa bien cerrada para evitar que se tire. No es necesario quitar las etiquetas.
3. No deben ser incluidos en la reja azul artículos como los siguientes: acumuladores, baterías, focos vídrios rotos de ventanas, loza, cerámica, artículos de barro cocido, latas de pintura, llantas viejas, envolturas y bolsas de plástico, ni botes de aerosoles.
4. tampoco deben incluirse en la reja azul productos tóxicos y peligrosos, ni envases que hayan contenido pesticidas, raticidas, herbicidas, detergentes, crema para zapatos ni solventes.

Un grupo ambientalista desarrolló un documento denominado Protocolo Nacional del Envase y el Embalaje siendo aceptado por el gobierno federal y las provincias, el cual propone establecer seis políticas:

1. Todos los envases que se utilicen en Canadá tendrán un impacto mínimo sobre el medio ambiente.
2. La escala de prioridades de la gestión integral de envases y embalajes será la reducción de origen, reutilización y reciclaje.
3. Se establecerá una campaña permanente de información, con el fin de lograr que todos los canadienses estén conscientes de las funciones y los impactos ambientales del envase y el embalaje.
4. El conjunto de políticas que integran el Protocolo Nacional del Empaque, así como la normatividad que de él resulte, se aplicará a todos los envases usados en Canadá, incluyendo los de importación.
5. Se aplicará la normatividad que sea necesaria para lograr el cumplimiento de este conjunto de políticas.
6. Todas las políticas lineamientos y acciones gubernamentales de cualquier nivel, que afecten a los envases y embalajes, deberán ser consistentes con este conjunto de políticas nacionales.

Otra iniciativa federal es el programa de etiquetado denominado Elección Ambiental, la eco-etiqueta, se asigna a productos amistosos para el medio ambiente y para su fase inicial se han escogido tres categorías de productos:

1. Productos plásticos, hechos a base de material reciclado.

2. Productos para la industria de la construcción que contengan materiales celulósicos reciclados.
3. Aceites lubricantes hechos a partir de la refinación de aceites usados.

Lo importante de este programa es que todos los productos seleccionados incluyan el reciclaje como objetivo primario.

3.2 NORMATIVIDAD NACIONAL (17,18)

Compete a cada estado y municipio la expedición de las normas para la recolección, disposición y almacenaje de los desechos sólidos municipales.

3.2.1 DISTRITO FEDERAL

Aún cuando el nivel de desechos de materiales por persona es menor en México que en la mayoría de los países industrializados, la enorme concentración urbana de la Ciudad de México plantea una situación en la que las pequeñas cantidades de basura residencial se multiplican para las 16 delegaciones del D.F. y los 17 municipios conurbados, formando entonces enormes volúmenes de basura.

La asamblea de Representantes del Distrito Federal expide el reglamento para el servicio de limpia en el Distrito Federal el 14 de agosto de 1989 y sus puntos más importantes son:

1. Disposiciones Generales

El presente reglamento tiene por objeto regular la prestación del servicio de limpia en el Distrito Federal; para efectos del presente reglamento se entenderá por:

- **Residuo Sólido:** el material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control y tratamiento de cualquier producto cuya calidad no permite usarlo nuevamente en el proceso que lo generó; que no esté considerado como residuo peligroso y que provenga de actividades que se desarrollen en domicilios, mercados, establecimientos mercantiles, industrias, vía pública y áreas comunes.

- **Áreas comunes:** Son los espacios de convivencia y de uso general de los vecinos del Distrito Federal.

Corresponde al Departamento diseñar, construir y operar directamente o bajo el régimen de concesión, estaciones de transferencia, plantas de tratamiento de residuos sólidos y sitios de disposición final. De considerarlo necesario y conveniente por las exigencias de la ciudad y sus habitantes, concesionar la prestación del servicio público de limpia de acuerdo con las disposiciones de la ley orgánica y lo dispuesto a continuación:

En el caso de establecimientos mercantiles, industriales o similares, cuyo volumen de residuos sólidos generados por día sea superior a 200 Kg, los propietarios, poseedores o administradores podrán convenir con la Delegación correspondiente la recolección y transporte de dichos residuos. Cubriendo los derechos que para el efecto establezca la ley de Hacienda.

En el supuesto de que no se convenga los propietarios, poseedores o administradores deberán sufragar los costos de recolección y transporte de los residuos sólidos, a los lugares que determine la delegación respectiva, debiendo observar las condiciones de higiene que establezcan las disposiciones sanitarias aplicables.

Los usuarios procurarán separar los desechos sólidos en orgánicos e inorgánicos, de conformidad con el procedimiento que al efecto emita el Departamento.

2. Prestación del Servicio Público de Limpia ⁽¹⁷⁾

El Departamento vigilará la operación de depósitos especiales u hornos incineradores en hospitales, clínicas, sanatorios, consultorios médicos, mercados y establecimientos públicos. En dichos hornos se incinerarán únicamente los desechos que por su naturaleza lo requieran; estos deberán cumplir con las condiciones de seguridad e higiene que establezca la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección ambiental, en ningún caso las Delegaciones recolectarán residuos sólidos clasificados como peligrosos.

El Departamento podrá procesar los residuos sólidos o disponerlos en rellenos sanitarios. En ningún caso se permitirá tiraderos a cielo abierto.

Las actividades de selección de subproductos, sólo se realizará en los sitios de tratamiento y disposición final y podrán hacerlo las personas, empresas u organizaciones que para tal efecto sean autorizadas por el Departamento que además supervisará las actividades de selección en dichos lugares.

Cuando por razones de orden económico y de interés general, los residuos sólidos puedan ser aprovechados industrialmente, el aprovechamiento quedará sujeto a las disposiciones legales vigentes, previo el otorgamiento de la concesión respectiva, la cual autorizará construcciones, procesos y procedimientos que no afecten al medio ambiente ni a la salud pública.

3. Sanciones

El Departamento a través de la Delegación correspondiente, sancionará a quienes resulten responsables de las infracciones del presente reglamento.

Si el infractor fuese un jornalero, obrero o trabajador, no podrá ser sancionado con multa mayor del importe de su jornada o salario de un día. Tratándose de trabajadores no asalariados, la multa no excederá al equivalente a un día de su ingreso.

Se multará con un equivalente de 4 a 30 días de salario mínimo a los que aprovechen industrialmente los residuos sólidos sin previo otorgamiento de concesión por la autoridad respectiva, a los propietarios encargados de expendios o bodegas de toda clase de artículos cuya carga o descarga ensucie la vía pública, a los propietarios o encargados de establecimientos y talleres que ejecuten sus labores en la vía pública y no transporten sus residuos al lugar que les indique la Delegación correspondiente, quemar en lugares no autorizados cualquier tipo de residuo sólido.

Se multará con un equivalente de 30 a 130 días de salario mínimo a los establecimientos mercantiles, industriales y similares, cuyo volumen de residuos sólidos generados por día sea superior a 200 Kg, que no sufraguen los costos de recolección y transporte de sus residuos sólidos, aquellos que operen depósitos especiales o incineradores en hospitales, sanatorios, mercados y establecimientos públicos y que no informen al Departamento.

Los residuos sólidos se clasifican en diferentes categorías, la forma de recolección depende de ésta. Pueden citarse las siguientes:

TABLA 3-1 RECOLECCION DE RESIDUOS ⁽¹²⁾

TIPO DE RESIDUO	FORMA DE RECOLECCION
Basura doméstica	básicamente debe ser recogida por los servidores de limpieza pública
Basura de pequeños establecimientos comerciales e industriales	Usualmente se retira con la basura doméstica
Basura de grandes establecimientos comerciales.	Puede ser recogida por los servicios de limpieza pública, recomendándose el uso de contenedores de gran volumen pero igualmente pueden encargarse de hacerlo los mismos establecimientos o recurrir a empresarios privados.
Residuos de grandes industrias.	Cuando no son tóxicos pueden ser recogidos por los servicios de limpieza pública, por quienes los producen o por empresas privadas. Cuando son tóxicos, tiene que recogerse con las debidas precauciones y disponer de ellos en forma especial. Una sana política es que se responsabilice de éste tipo de residuos a quienes los producen.
residuos hospitalarios.	Su recolección y disposición final requieren de precauciones especiales, exigiéndose a menudo que se incineren, por lo que en general su manejo debe quedar a cargo de los propios hospitales, clínicas o laboratorios. No deben incluirse dentro de los servicios de recolección pública ordinaria pues constituyen un riesgo grave.

3.3 CLASIFICACION DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS ⁽¹³⁾

La norma oficial mexicana NOM-CRP-001-ECOL/93 (reformada su nomenclatura a partir de noviembre de 1994, a NOM - 062-ECOL-1993), emitida por la Secretaría de Desarrollo Social el 22 de Octubre de 1993, establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso, por su toxicidad al medio ambiente.

Considera que los residuos peligrosos en cualquier estado físico por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, venenosas, biológico infecciosas representan un peligro para el equilibrio ecológico, por lo que es necesario definir cuales son esos residuos identificándolos y ordenándolos.

Para determinar si los residuos son peligrosos se utiliza el diagrama de la figura 3.2. En este diagrama se hace referencia a la clasificación de residuos peligrosos (estos pueden consultarse en la referencia 18).

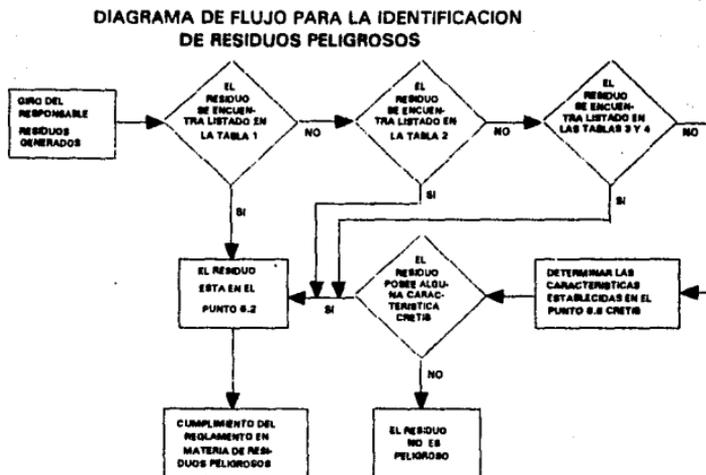


Figura 3-2

"Norma Oficial Mexicana NOM-CRP-001-ECOL/93", México, 1993.

CAPITULO 4

**RECICLADO DE RESIDUOS SOLIDOS
MUNICIPALES**

4.1 INTRODUCCIÓN.

Reciclar significa que todos los desechos y desperdicios que generamos en nuestras vidas se vuelvan a integrar a un ciclo natural, industrial o comercial mediante un proceso cuidadoso que permita llevarlo a cabo de manera adecuada y limpia.

El reciclado no solamente reduce la basura sino que también disminuye el consumo de agua, energía y recursos naturales, produciendo también una menor contaminación en el aire y el agua. El reciclaje puede crear trabajos y oportunidades para pequeños comercios y reduce las importaciones de materiales al extranjero.

La recuperación mediante reciclado de diferentes productos presenta algunos inconvenientes. El primero de ellos es la menor calidad de los productos regenerados, el precio de transporte, los costos de recuperación (equipo, tecnología, etc.), la necesidad de abrir líneas de comercialización, así como leyes imprecisas, es decir, las regulaciones específicas para el reciclaje no han sido establecidas completamente en muchos países.

Con respecto a la contaminación existe el temor de la existencia de impurezas en el producto reciclado, la resina reciclada presenta menor resistencia a la degradación, poca resistencia a la tensión o ruptura comparada con la resina virgen, el color de las resinas recicladas es difícil de eliminar, así como los olores de leche, aceite de motor, domésticos, químicos, perfumes y otros productos recuperados son difíciles de eliminar.

Existen diferentes alternativas de solución al problema de los desechos sólidos como son:

- La reutilización de los desechos en el hogar alargando la vida útil de los productos, el relleno de barrancas y huecos indeseables (rellenos sanitarios) que son espacios creados específicamente para llenar con basura hasta cierto nivel y cubrir con tierra hasta otra nivel dado, volver a llenar ese espacio, que normalmente es un hueco y volver a cubrir con tierra hasta rellenar completamente el espacio, desgraciadamente este tipo de acciones no son la solución porque provocan problemas a mediano y largo plazo ya que la degradación y fermentación de la basura genera gases tóxicos que afectan a la población de los alrededores.

Con respecto a la biodegradación, si se consideran los cientos de toneladas de plástico que se están generando todos los días sería necesaria una cantidad muy grande de microorganismos que desintegren

este material, además el polvo de plástico generado no es consumido por los microorganismos, contaminando mares, ríos, etc.; por lo que no es considerado como una solución masiva al problema de desechos plásticos. Una gran desventaja es que en los envases para productos alimenticios puede provocarse contaminación al producto a causa de una degradación prematura durante su comercialización o consumo. De hecho, la degradación es un proceso complejo y lento y para que éste se lleve a cabo la materia degradable debe estar expuesta a la luz, aire y bacteria.

El relleno a cielo abierto también es válido como una más de las soluciones ecológicas, consiste en depositar la basura en espacios abiertos sin hacer recubrimientos por capas, aunque es más sencillo y menos costoso que el relleno sanitario presenta más inconvenientes ya que además de contaminar el aire en mayor proporción, contamina el subsuelo por filtración, resultante del agua de lluvia que recibe en su superficie expuesta y promueve la descomposición de materiales indeseables para el subsuelo. Este problema subsiste parcialmente para el relleno sanitario.

La incineración es otra posible solución, que consiste en eliminar la mayor parte de los residuos mediante su combustión a través de la cual se transforman los desechos en gases, cenizas y escorias, con el fin de reducir el volumen y aprovechar la energía producida en ésta. Las fases de una incineración completa son:

Recepción adecuada del material, quemado de éste y extracción de cenizas y escorias así como la depuración de los gases de combustión. Las ventajas de este método son que el volumen se puede reducir en un 90%, este puede ser un generador interesante de vapor o electricidad, se recomienda en industrias farmacéuticas y hospitales, ya que las bacterias e insectos se destruyen en forma rápida, así como otras materias que funcionan como combustibles de proceso. Es considerado como el recurso final para aquellos materiales que no pueden ser reciclados. El principal problema es que contamina el aire pues de todo lo que se incinera el 60 ó 70% del material se evapora y los métodos de purificación de los gases emitidos son costosos.

El proceso de reciclaje es el que proporciona mayores ventajas de recuperación de los materiales y el que se estudiará en el presente trabajo.

Un aspecto importante en la implementación de un sistema de reciclaje es determinar la cantidad del material que se produce y que posteriormente será considerado la materia prima de nuestro proceso de reciclaje. Desafortunadamente en muy pocos países del mundo se conocen los tonelajes precisos de producción de plásticos para envase y empaque, en sus diversas categorías.

En México, por ejemplo, la industria del plástico ha ido incrementando su mercado, debido principalmente a su cada vez más amplia aplicación, sustituyendo materiales tradicionales por la versatilidad de sus características, a su accesibilidad económica y a que gran parte de ellos presentan las mismas ventajas que otros materiales de ser reciclados.

La manufactura de estos productos absorbe parte importante de la producción de petroquímicos, ya que las materias primas básicas son las resinas sintéticas que constituyen al plástico. Las cuales se clasifican en base a su volumen de consumo como commodities y de consumo medio y bajo. Dentro de las de gran volumen de consumo (comodities) se identifican, por orden de magnitud, el cloruro de polivinilo (PVC), polietileno de alta y baja densidad (PEAD, PEBD), polipropileno (PP) y poliestireno (PS); destacando del segundo grupo la familia de las resinas acrílicas, urea formaldehído, alquídicas, poliuretanos, emulsiones de acetato de polivinilo, ABS y SAN, políester y polietilentereftalato grado botella.

Por lo anteriormente expuesto, para estudiar la demanda de plástico, es necesario que esta sea en base al consumo nacional de resinas sintéticas.

La producción en este sector en 1993 fue de 1, 631 064 toneladas con un consumo aparente de 2 000 143 toneladas, de las cuales el 52% corresponde a las resinas commodities. (19)

Como puede observarse la demanda de estos productos fue superior a la producción por lo que fue necesario recurrir a las importaciones para cubrir la misma.

Los principales segmentos de mercado de las resinas commodities fueron envase y empaque (54%), construcción (13%), artículos desechables (9.6%) y artículos del hogar (4.8%), el 18.8% restante se distribuye en diversos sectores.

El mayor consumo de éstas resinas se destinó al área de empaque y envase; para este fin las principales resinas utilizadas son seis de un total de más de 50 que hay en el mercado, las cuales representan aproximadamente el 95% de los plásticos usados para este sector, tanto en presentación rígida como en flexible:

- 1) Polietilentereftalato (PET)
- 2) Polietileno de alta densidad (PEAD).
- 3) Cloruro de polivinilo (PVC).

- 4) Polietileno baja densidad (PEBD).
- 5) Polipropileno (PP).
- 6) Poliestireno (PS)

El mercado mexicano de las resinas para PET y el Polipropileno se encuentra en pleno desarrollo. esta última resina empezó a producirse en México, en 1991 con un volumen de 36, 045 toneladas el cual se ha ido incrementando de tal manera que en 1992, se observó un crecimiento de 210% con respecto al año anterior; mientras que en 1993 el crecimiento alcanzó un 25%, debido a que éste producto no ha llegado aun a su etapa de madurez, se presentan tendencias de crecimiento en los próximos años. (19,20)

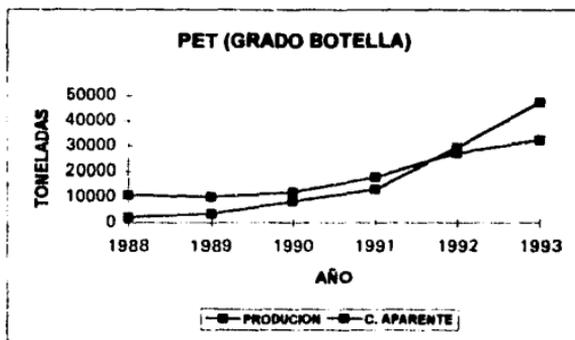
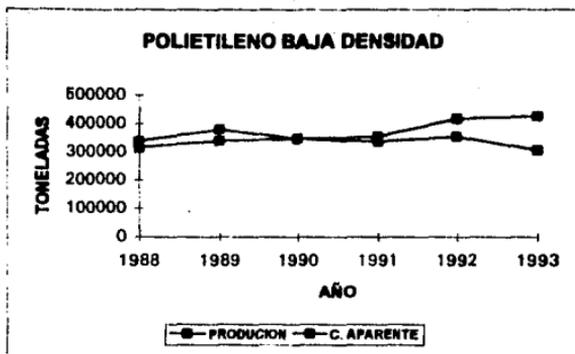
Por lo que respecta al PET grado botella, desde su aparición se ha observado una gran aceptación para envases de bebidas sustituyendo al vidrio y manteniendo esta una tendencia positiva, la cual ha impulsado que las empresas transformadoras inviertan en este producto, tal como ocurre con Shell, Poin Pleasant, Ici y Eastman, ésta última construirá una planta en Cosoleacaque, Veracruz que operará con una capacidad de 50, 000 ton anuales. Por otra parte Celanese Mexicana, iniciará operaciones en el complejo industrial de Querétaro que permitirán fortalecer los negocios de PET grado botella y fibra corta poliéster, la que tendrá una capacidad de 70,000 de PET grado botella y 80, 000 toneladas anuales de fibra corta. Esto aunado al alto volumen de producción de PET grado botella que en 1993, alcanzó 32, 233 toneladas; provocará una sobre oferta que según se tiene planeado se exportará a países de América del Sur. (19,21,22)

En la gráfica No. 4.1 se puede observar la tendencia que presentan la producción y consumo aparente para las cuatro resinas que más se consumen para la elaboración de empaque y envase.

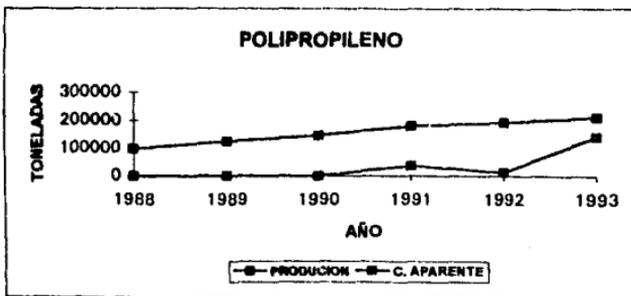
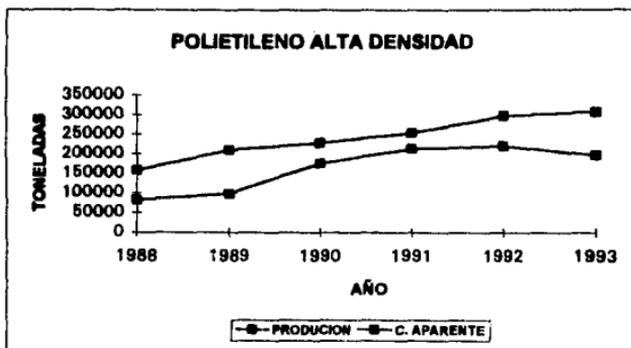
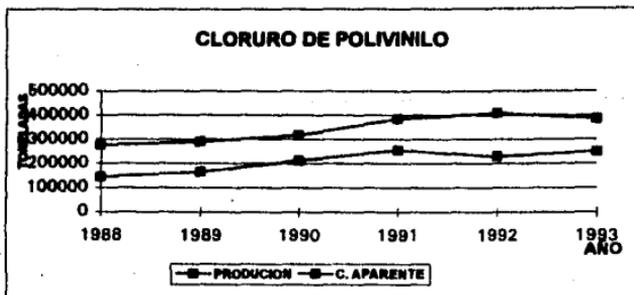
Considerando lo planteado anteriormente, para este estudio, se eligió el Polietileno Alta Densidad, el cual ha presentado mayor consumo en el sector de empaque y envase, generando en consecuencia un alto porcentaje de residuos plásticos, que serán consideradas como materia prima adecuada para el sistema de reciclaje aquí propuesto.

De manera general un sistema de recuperación de residuos domésticos mediante reciclaje consiste generalmente de 4 etapas importantes, como son, la recolección, separación y tratamiento y transformación de los materiales plásticos.

GRAFICA 4.1 PRODUCCION Y C. APARENTE DE LAS RESINAS COMODITIES



GRAFICA 4.1 PRODUCCION Y C. APARENTE DE LAS RESINAS COMODITIES



4.2 PROCESOS DE RECICLAJE DE DESECHOS. (79)

El reciclado como cualquier tipo de proceso en el que los materiales o artículos se recuperan o tratan con el fin de conseguir algún beneficio o producto adicional, podemos establecer cuatro tipos de reciclado.

RECICLAJE PRIMARIO.- Se define como el aprovechamiento de los residuos en la misma línea de producción y con la misma aplicación a la que estaba inicialmente destinado el material de partida. Se aplica generalmente, a los residuos industriales, prácticamente sin sufrir degradación.

Se utilizan residuos no contaminados para su transformación en productos acabados. Generalmente se mezclan con materiales vírgenes en diversas proporciones.

El reciclado primario se lleva a cabo algunas veces dentro de la propia empresa productora del residuo, y otras fuera de ella, mediante su venta a terceros.

Los principales problemas de reciclado primario se deben a:

- a. Degradación del material, debido al nuevo ciclo de procesado
- b. Contaminación del plástico reprocesado.
- c. Manejar residuos de baja densidad aparente (espumas y películas).

Los cambios observados en las propiedades físicas de los plásticos, después de someterlos a altas temperaturas, se deben casi siempre a cambios en la estructura por:

1. Reducción del peso molecular por rotura de cadenas poliméricas.
2. Aumento del peso molecular por entrecruzamiento.
3. Formación de insaturaciones o ciclos, por reacción de cadenas laterales.

La degradación de los plásticos durante su procesado a altas temperaturas, se pone de manifiesto en varias formas:

1. Cambios en la viscosidad de fundido.
2. Cambios en las propiedades físicas.
3. Variaciones de color.
4. Disminución de su resistencia química.

La sensibilidad de los plásticos a la degradación varía de unos a otros. Los polietilenos manifiestan una disminución del índice de fluidez; el propileno aumenta su índice de fluidez y disminuye su resistencia al impacto, es sensible a la contaminación y cambia de color. Los estabilizadores empleados en el PVC, pierden su capacidad, generando productos amarillentos y emitiendo olores. Los acrílicos cambian de color, pero, para un gran número de aplicaciones se pueden utilizar casi el 100% de materiales recuperados.

Los nylons son sensibles a la contaminación y tienden a adquirir un color pardusco, pero se reprocessan fácilmente, manteniendo sus propiedades. El poliestireno cambia de color, disminuyen algunas de sus propiedades y es sensible a la contaminación. El ABS se puede mezclar con material virgen en cualquier proporción, pero oscurece y disminuye sus propiedades físicas, especialmente la resistencia al impacto. Las resinas acetil, son muy sensibles a la contaminación y a la degradación.

RECICLAJE SECUNDARIO.- Precisamente a este procedimiento de reciclado se le dedican grandes esfuerzos para desarrollar nuevas técnicas que permitan hacerlo más rentable. Las dificultades que presenta el reciclado secundario se deben a las propias características de los residuos plásticos que vienen determinadas por su procedencia. La procedencia de los residuos para reciclaje secundario puede ser de residuos de basuras urbanas, embalajes retornables, mezclas de residuos industriales y plásticos contaminados.

Así, los motivos que dificultan el desarrollo del reciclado secundario de los plásticos quedan patentes a la vista del origen de los mismos y pueden catalogarse en los siguientes apartados:

- Estos residuos suelen estar muy contaminados con materias no poliméricas tales como tierra, metales, papel, entre otros.
- La composición de estos residuos no es constante lo que dificulta su tratamiento y procesado.
- Para evitar las etapas de separación y purificación de los plásticos procedentes de los residuos y la inversión requerida para ello, es necesario utilizar técnicas especiales de procesado.

Sólo en el caso de residuos industriales contruidos por un único material, como puede ser el caso de plásticos recogidos independientemente del resto de las basuras o separados manualmente de los demás residuos, puede ser rentable su reprocessado. En este caso con pequeñas variaciones en el equipo o adiciones de aditivos o material virgen, se pueden transformar fácilmente. Sin embargo, la fracción de

plástico separada del resto de los residuos está formada por mezclas poliméricas, generalmente incompatibles.

Desde el punto de vista de la utilización de los materiales poliméricos como materiales destinados a las distintas áreas de proceso y consumo, la caracterización fisicoquímica de estos productos debe acompañarse del estudio de sus propiedades mecánicas según las normas de ensayo existentes al efecto y las aplicaciones a que puedan destinarse dichos materiales.

Si bien las propiedades mecánicas resultantes de ensayos normalizados, en determinadas condiciones se correlacionan, en general, con características del material como la cristalinidad, índice de fluidez, pesos moleculares, comportamiento reológico y comportamiento dinámico, son las propiedades mecánicas las que determinan fundamentalmente la aplicación o no de un material polimérico.

En todos los casos, ninguna de las mezclas tiene mejores propiedades que los homopolímeros correspondientes. Esta disminución de propiedades se debe, no sólo a la incompatibilidad termodinámica de los polímeros, sino también a la distinta morfología o microestructura de las mezclas, motivada por su composición y por las condiciones técnicas de procesado. El tamaño de partícula de la fase dispersa, su homogeneidad, y grado de dispersión son directamente dependientes del comportamiento reológico en fundido, son factores morfológicos determinantes de las propiedades finales, y por consiguiente del sistema de mezclado o procesado para conseguir una u otra microestructura.

Existen muchos trabajos dedicados al estudio de mezclas poliméricas, ya que con esta operación se obtienen materiales con interesantes propiedades, de forma más económica que el desarrollo de otros nuevos.

Debido a que algunos plásticos resultan ser incompatibles entre sí en estado fundido, existen dificultades durante el proceso evitando la obtención de productos de buena calidad, por esta razón se requiere de una clasificación previa de los desechos de tal forma que uno de los componentes plásticos de la mezcla ocupe más del 50%, este plástico, generalmente es polietileno.

La inestabilidad térmica del cloruro de polivinilo puede ocasionar dificultades durante el proceso de moldeo a causa del desprendimiento de gases. Estos problemas pueden eliminarse grandemente cuando no se sobrepasan niveles del 10% en la mezcla o bien agregando un estabilizador al calor, con lo cual el sistema puede tolerar niveles de PVC de hasta 30%.

El índice de fluidez del Polietileno tereftalato es considerablemente más grande que cualquiera de las demás resinas, incluidas en la mayoría de las mezclas probables y que ocupan un mayor porcentaje. El PET debe ser granulado finamente de tal forma que actúe como una carga en los productos moldeados para proporcionar tenacidad a la mezcla no debe exceder del 20% .

Los poliestirenos modificados al impacto proporcionan a la mezcla características de tenacidad, sin embargo, los grados expandible y cristal causan irregularidades en la superficie de las piezas moldeadas y el poliestireno expandible tiene muy baja densidad para el proceso. El poliestireno deberá limitarse al 10% en la mezcla.

Terciario: Reconversión de los residuos en compuestos químicos más simples tales como la pirólisis para obtener: aceites, ceras, grasas, monómeros, entre otros.

Cuaternario: Empleo de los residuos plásticos como fuente de energía. Por ejemplo, la incineración para aprovechar la energía calorífica desprendida.

Con respecto a los materiales plásticos, estos se clasifican en termofijos y termoplásticos; los materiales poliméricos termoplásticos son reciclables, mientras que los termofijos son recuperables como combustibles, y en algunos casos admiten un reciclado terciario de tipo químico como por ejemplo, los poliuretanos.

El reciclaje de plásticos implica diferentes etapas, la primera de ellas es la recolección de los residuos. Esta recolección va seguida de su vertido o de la primera etapa de reciclado que, generalmente, consiste en un tratamiento de separación. A continuación se procesa el residuo para obtener nuevos productos mediante su reciclado primario, secundario o terciario. Los productos obtenidos deben distribuirse y venderse, y el residuo que pueda quedar, generalmente va al vertedero.

4.3 SISTEMAS ACTUALES DE DISPOSICION FINAL DE DESECHOS PLASTICOS DOMESTICOS. (34,35,36,44)

La última etapa del sistema de aseo urbano, es la disposición final. Para la recepción de los residuos sólidos del Distrito Federal existen tres sitios de disposición Final, localizándose uno en la Zona Noreste (bordo poniente), otro en la Zona Oriente (Santa Catalina), y otro más al Poniente del Distrito Federal (Prados de la Montaña) y con recorridos que van de 7 hasta 59 Km aproximadamente en viaje sencillo.

En la Cd. de México por comodidad y tradición se había optado por el método más simple de disposición final, tiraderos a cielo abierto, de los cuales a últimas décadas venían funcionando 8, Santa Cruz Meyehualco, Santa Fe, Tlahuac, Tlalpan, Milpa Alta, San Lorenzo, Bordo Xochiaca y Santa Catalina; distribuidos en la periferia de la ciudad reflejando esto altos grados de contaminación.

Ante esta situación a partir de 1965 el Departamento del Distrito Federal (DDF) buscando mejores alternativas y utilizando técnicas más adecuada para disponer la basura, desarrolló la técnica de rellenos sanitarios, siendo el bordo poniente el primero en iniciar con dicho sistema, además de éste operan también los rellenos de prados de la montaña y Santa Catalina, los cuales reciben actualmente la totalidad de los desechos sólidos generados en el Distrito Federal.

En la tabla 4.1 se indica el destino de los residuos sólidos procedentes de las diferentes estaciones de transferencia.

TABLA 4.1 DESTINO FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS ²⁴

ESTACION DE TRANSFERENCIA	MÉTODOS DE DISPOSICIÓN FINAL		
	BORDO PONIENTE	SANTA CATALINA	PRADOS DE LA MONTAÑA
1.- AZCAPOTZALCO			
2.- BENITO JUAREZ			
3.- CENTRAL DE ABASTOS			
4.- COYOACAN			
5.- CUAUHEMOC			
6.- GUSTAVO A. MADERO			
7.- MIGUEL HIDALGO			
8.- MILPA ALTA			
9.- TLALPAN			
10.- VENUSTIANO CARRANZA			
11.- XÓCHIMILCO			

La Dirección General de Servicios Urbanos, en octubre de 1993, dispuso el mejoramiento de la infraestructura de los sistemas de manejo, tratamiento y disposición final que permitirá la transferencia de 2, 504 000 toneladas de basura por año. Se contará con nuevas instalaciones que serán cerradas con paredes acústicas provistas de sistemas hidroneumáticos para el lavado y riego, además de contar con equipos de extracción y depuración del aire. Para preservar la vida útil de los rellenos sanitarios se incorporaran modernos sistemas de tratamiento y aprovechamiento de residuos, se concluirá la construcción de tres plantas de selección de subproductos, se continuará la recolección de residuos especiales por contenedores

de 145 sitios estratégicos y prioritarios de la ciudad que representan la atención a 94 centros hospitalarios de instituciones públicas y privadas. (24)

De los cuales el 90% es recuperado obteniéndose en la zona metropolitana 18,000 toneladas con un consumo percapital de 1 Kg/habitante/día.

Se puede lograr una separación por pepena de basura; sin embargo, el producto requiere de lavado adicional y la calidad final que se obtiene es menor que con separación antes de mezclarse con la basura.

Para que un sistema generalizado de reciclaje pueda tener éxito es necesario que se establezca una alianza entre autoridades de todos los niveles, pepenadores, comerciantes en residuos y chatarra y empresas recicladoras. Cada quien tiene un rol importante que desempeñar en las diversas etapas de reciclaje de los desechos sólidos municipales.

Las autoridades federales y estatales pueden contribuir con la legislación apropiada, con programas de concientización ciudadana y enseñanza escolar, así como con incentivos económicos; los municipios tienen la experiencia de la gestión de los servicios de limpia y saneamiento; los voluntarios y pepenadores saben seleccionar y junto con los comerciantes en residuos, conocen la otra cara de la moneda: la venta de los desechos, y finalmente, se requiere la entusiasta participación de la industria nacional en la adquisición y utilización de las materias primas secundarias, para ser incorporadas en los procesos productivos. Además, es necesaria la cooperación de los habitantes de los diversos municipios para contribuir en la reducción de la cantidad de desechos así como en la selección doméstica de los mismos.

Con un sistema de recolección eficiente se reduce el costo de recolección y mejora la calidad de la materia prima debido a que esta se encuentra más limpia, incidiendo esto en el costo y calidad final de los productos obtenidos mediante reciclaje.

Una vez efectuada la recolección domiciliaria, los residuos sólidos se envían a las estaciones de transferencia, las cuales se localizan en la regiones con mayor densidad de población y por tanto mayor volumen de desechos generados con el objeto de disminuir costos de transporte, evitar congestionamiento vial y contaminación. Actualmente se cuenta con 13 estaciones de transferencia las cuales están localizadas en sitios estratégicos para recibir y transportar a los sitios de disposición final, los residuos domiciliarios que se generan en la Zona Metropolitana. Cuatro de estas estaciones operan en forma

regional, es decir, no se circunscriben solamente al perímetro de una sola delegación como se indica en la tabla No. 4.2.

**TABLA 4.2 DELEGACIONES POLITICAS
Y ESTACIONES DE TRANSFERENCIA ²⁰**

No. ESTACIONES DE TRANSFERENCIA	DELEGACIONES ACTUALMENTE
1.- AZCAPOTZALCO	AZCAPOTZALCO
2.- BENITO JUAREZ	BENITO JUAREZ
3.- CENTRAL DE ABASTO	CENTRAL DE ABASTO IZTAPALAPA IZTACALCO CUAUHTEMOC
4.- CUAUHTEMOC	CUAUHTEMOC
5.- COYOACAN	COYOACAN TLALPAN
6.- GUSTAVO A. MADERO	GUSTAVO A. MADERO
7.- MIGUEL HIDALGO	MIGUEL HIDALGO
8.- MILPA ALTA	MILPA ALTA
9.- TLALPAN	TLALPAN
10.- VENUSTIANO CARRANZA	VENUSTIANO CARRANZA IZTACALCO
11.- XOCHIMILCO	TLAHUAC MILPA ALTA XOCHIMILCO

Una estación de transferencia, es aquel sitio en el que sólo se reúnen los residuos sólidos que posteriormente serán transportados a las plantas de selección y recuperación de subproductos o a confinamiento final (relleno sanitario) mediante tractocamiones. Los cuales constan de dos partes principales, una de ellas es el tractocamión, que es quien da la fuerza motriz, y la otra la caja que es lugar en donde se depositan los desechos, y cuenta con un sistema para la descarga de los mismos. Las cajas comúnmente denominadas "trailers" están fabricadas de estructuras metálicas y pueden tener 2 ó 3 ejes.

CAJAS TIPO GONDOLAS.- Tienen una capacidad de 35 a 48 m³ y cargan de 9 a 15 toneladas. Consiste en una caja tipo comercial (granitera) a la que se le puede aumentar su altura y por consiguiente su capacidad, al adaptar con lámina o madera sus paredes; lo cual permite cargar en las tolvas de transferencia sin demorar los desechos. La descarga la realiza izando el tradicional sistema de volteo.

CAJAS TIPO COMPACTADORA.- Tienen una capacidad de 56 m³ compactados y cargan 21 toneladas. Este sistema consta de una placa móvil que es accionada por un pistón telescópico que corre sobre sus respectivas guías mediante accionamiento hidráulico, lo cual hace que compacte el contenido contra la parte posterior y al abrir la puerta funciona para descargar, el sistema hace uso, para la activación del sistema hidráulico, de un motor de combustión interna.

CAJAS CON SISTEMAS DE CADENA. Tiene una capacidad de 70 m³ y cargan 19 toneladas. El sistema está compuesto de cuatro cadenas separadas a distancias iguales y sobre estas se encuentran montadas unas aoleras metálicas simulando una especie de canchales, los cuales arrastran los residuos y los expulsan por la parte posterior, el sistema de accionamiento es hidráulico y mecánico a base de engranes.

CAJAS CON SISTEMA DE PISO VIVO.- Tienen una capacidad de 70m³ y cargan 19 toneladas. El sistema consta de varias placas de 10 cm. de ancho a todo lo largo de la caja formando un piso de aluminio, las placas son accionadas en serie de tres por un mecanismo hidráulico de seis pequeños pistones que los hace moverse alternadamente hacia la parte posterior y hacia el fondo con lo cual se efectúa la descarga.

A través de este sistema los camiones recolectores depositan los residuos en cajas de mayor capacidad utilizando un sistema de rampas mediante las cuales se logra que los camiones recolectores queden a un nivel superior al de los tractocamiones, pudiendo de esta manera descargar por gravedad su contenido al interior de estos últimos. El tamaño de la estación, el número de camiones que pueden ser cargados simultáneamente y la cantidad de recolectores que se puedan descargar van de acuerdo a las necesidades y soluciones del proyecto de cada estación.

Existen estaciones de transferencia que cuentan adicionalmente con un sistema de selección y recuperación de subproductos entre las que se encuentra San Juan de Aragón , la cual vino a completar las antiguas instalaciones de tratamiento que se tenían, con una capacidad de 1750 ton/día de residuos en donde se separan y transfieren la fracción orgánica de los desechos; asimismo se encuentra en etapa de construcción una planta de recuperación de subproductos y producción de composta, que recibirá diariamente 3,000 toneladas de residuos, así como una estación de transferencia en Santa Catalina.

Actualmente en el Ciudad de México, el sistema de selección y recuperación de desechos consiste en un programa creado por el Departamento del Distrito Federal, que tiene como objeto proporcionar empleo seguro a los pepenadores del relleno sanitario de Santa Cantarina, Prados de la Montaña y Santa Cruz, empleando alrededor de 200 familias, por lo que la separación se realiza manualmente ocasionando que esta operación sea ineficiente, dado que sólo se separan aquellos materiales que presentan un valor para comercializarlo con las empresas interesadas en éstos.

Los subproductos plásticos recuperados, son comercializados con diferentes empresas, las cuales se clasifican en cuatro tipos, según el tratamiento que les dan a los mismos:

- **Acondicionamiento Básico.**- Son aquellas en las que el material sólo se limpia y flaja para posteriormente ser comercializado con empresas transformadoras.
- **Valor Agregado,** Estas empresa efectúan la separación del material por tipo, color, así mismo realizan la limpieza de este, eliminando materiales extraños como grapas, etiquetas, etc.
- **Valor agregado y Transformación.**- Además de limpiar y separar el material, este se fragmenta en forma de pellets.
- **Empresas Recicladoras.** Se comercializa directamente con empresas recicladoras, las cuales debido a que están en etapa de crecimiento procesan pequeños volúmenes de materiales plásticos. ⁴

4.4 RECOLECCIÓN (24,25,26)

4.4.1 SISTEMAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS

Se han definido los residuos sólidos, como aquellos materiales que originados en cualquiera de las actividades de producción, transformación y consumo no alcanzan, en el contexto en el que son generados, ningún valor económico.

La mayoría de los análisis económicos de los procedimientos de reciclado de plásticos se fijan en la etapa de procesado. Parte en la separación y otra parte en la eliminación de los desperdicios formados. Sin

embargo, muchas veces se ignoran los factores institucionales y técnicos que deben tenerse en cuenta para conocer la viabilidad del proceso.

Se tiene que analizar qué grado de pureza debe exigirse a los residuos plásticos que formarán parte de las basuras que en la próxima década, se podrían recuperar mediante procesos que exigen la separación de los plásticos. Asimismo, tomar en cuenta sus propiedades físicas que harán más fácil su reprocessabilidad.

Una vez que el plástico entra a formar parte de los residuos urbanos, es muy cara y difícil su separación. Sin embargo, la incineración con recuperación de calor y la pirólisis son técnicas utilizadas comúnmente en muchos campos. Se puede afirmar que mientras más limpio tenga que encontrarse el residuo de plástico la tecnología de reciclado resulta más costosa.

Otra cuestión de gran importancia es la posibilidad de utilizar un mismo proceso de reciclado para diferentes materiales plásticos. Una de las razones principales que ha aumentado el interés de las industrias y los gobiernos por el reciclado de los plásticos ha sido la reducción de los problemas ambientales que originan estos materiales y la utilidad obtenida. Así se están aumentando los porcentajes de recolección de residuos, lo que hará más viable el reciclado de los mismos.

Sin embargo, en el reciclado de los plásticos deben estar involucrados los gobiernos, los fabricantes de materias primas, los consumidores de residuos plásticos, los transformadores de residuos y los municipios.

Los fabricantes pueden jugar un papel importante desde el punto de vista del diseño de los productos ya que algunos polímeros y productos son más adecuados al reciclado que otros. Los consumidores podrían favorecer el reciclado de plásticos mediante su separación del resto de las basuras. El sector público interviene estableciendo las reglas que directa o indirectamente influyen en los costos de reciclado.

La decisión de reciclar o verter los residuos plásticos y la selección de las técnicas adecuadas no sólo debe tener en cuenta la necesidad de involucrar a otras partes en el proceso de reciclado, sino también deben considerar los mecanismos convenientes para compensar a los interesados por su participación. Los consumidores deberían ser compensados, económicamente o mediante el reconocimiento de su deber cívico, por la separación de los plásticos del resto de la basura.

La captación de los desechos plásticos se puede llevar a cabo de las siguientes fuentes de suministro:

- 1) Empresas o Industrias en las que el plástico es un desecho y crea problemas de eliminación. Originados en las empresas transformadoras, y procedentes de: puesta a régimen de las máquinas, caldades de moldeo, piezas defectuosas, mazarotes, rebabas, etc.
- 2) tiraderos municipales o delegacionales, en el cual se lleva a cabo el acopio de materiales plásticos. Los residuos urbanos son los más interesantes desde el punto de vista de su riqueza en recursos recuperables.

Estos residuos constan fundamentalmente de metales, vidrios, tierra y ceniza, papel, cartón, plásticos, textiles, gomas, cuero y materia orgánica; los materiales plásticos constituyen el 4-7% de los residuos, y de este porcentaje, un 75% corresponde a películas y el 25% restante a cuerpos huecos (botellas) o compactos (juguetes). Estos últimos en la actualidad, debido a su apariencia física son totalmente separados, en las diversas familias de polímeros que los constituyen. Sin embargo en el caso de la fase ligera (película), la separación de los diferentes componentes es tarea difícil.

- 3) Centros de acopio de plásticos que son lugares en los cuales algunas industrias depositan sus desechos plásticos.
- 4) Captación de los desechos plásticos domésticos, este acopio puede ser realizado mediante el departamento de limpia municipal.
- 5) Desechos de restaurantes y comercios, que de igual manera pueden ser colectados por el servicio de limpia.

Las principales consecuencias de los altos volúmenes de producción de plásticos rígidos para los sistemas de recolección y disposición de basura en México, son el incremento en la generación de este tipo de residuos, la baja densidad de los residuos que incrementa el volumen necesario para la disposición de la basura, lo inerte de los materiales plásticos, por un lado, y las posibilidades de reacción por el otro, así como el contenido calórico de los plásticos.

La generación de los residuos sólidos se puede estimar que seguirá la tasa de crecimiento de la producción de los mismos. En el periodo de 1970 a 1984 la industria de los artículos plásticos creció a una tasa de 6.67% anual, superior a la tasa de crecimiento de la población del país, por lo que es de esperarse un incremento en el porcentaje de los plásticos en la basura por este concepto.³

En vista del acelerado ritmo de desarrollo que está teniendo México, aunado a la apertura del tratado de libre comercio de América del Norte (TLC) puede considerarse que cada día se consumirá mayor cantidad de alimentos procesados y empacados, con un incremento importante en el consumo per cápita de estos productos. (36)

En un estudio realizado por Proyecto Interdisciplinario del Medio Ambiente y Desarrollo Integrado (PIMADI), para el Instituto SEDUE, en 1988. Se estimó la generación de los residuos sólidos municipales en el país, en 58,000 toneladas por día, de los cuales el 75% se recolectaron diariamente, y el 25% no alcanzaba este servicio. (36)

En 1990, del estudio de sitios adecuados para la disposición final de Residuos Sólidos Municipales en el área Metropolitana de la Ciudad de México, que realizó PIMADI, establece que diariamente se generan en esta región alrededor de 17,000 toneladas de basura, de las cuales 12,000 toneladas correspondían a las 16 delegaciones políticas del Distrito Federal, y 5,000 toneladas a los 17 municipios conurbados. En la tabla 4.3 se muestran las toneladas de basura generadas por zona geográfica. (21)

En 1994, a nivel nacional se generaron 65,000 toneladas diarias de desechos sólidos municipales, de las cuales 11,000 corresponden al D.F., 20,000 al área metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) y el resto de esta distribuida en los diferentes estados de la República. del total generado en el área metropolitana el 38 % corresponde a materiales usados para empaque y envase, esto es, materiales potencialmente reciclables. Si se estima que sólo la mitad de éstos logrará llegar al sistema de reciclaje, se tendría una oferta diaria garantizada de aproximadamente 3,800 ton. de materia prima para los diferentes procesos industriales que se traducirán en nuevos empaques y envases, así como en otros productos y en una importante reducción en el volumen de basura que llega a los rellenos sanitarios. (22,23,25)

La principal fuente de generación de la basura son las familias ya que constituyen el 48 % del volumen total generado, en tanto los comercios, servicios y áreas públicas, participan con el 51.87% restante si se considera el total de la zona metropolitana de la Cd. de México, el volumen asciende a cerca de 20,000 ton/día, para el año 2000 se calcula se producirán 25,000 ton/día de las cuales el 54% corresponderá al Distrito Federal y 46% a los municipios conurbados. (44)

TABLA 4.3 BASURA GENERADA POR ZONA GEOGRAFICA **

GEOGRAFICA	COMERCIAL		DOMESTICA		INDUSTRIAL	
	COMERCIAL	INDUSTRIAL	DOMESTICA	INDUSTRIAL	DOMESTICA	INDUSTRIAL
FRONTERIZA	1472.03	1844.69	537,290.95	673384.85	3.81	3.76
NORTE	10256.40	12825.12	3743500.00	4061160.8	28.54	28.33
CENTRO	20743.70	26335.1	7571450.50	9812311.5	53.67	54.41
SUR	6176.25	7695	2254331.25	2808675	15.98	15.47
TOTAL	38648.38	48700.11	14108958.7	17775540.15	100	100

GENERACION DE DESECHOS POR HABITANTE

GEOGRAFICA	COMERCIAL		INDUSTRIAL		POR ZONA
	COMERCIAL	INDUSTRIAL	COMERCIAL	INDUSTRIAL	
FRONTERIZA	0.566	0.713	3.45	2567.5	63.4
NORTE	0.555	0.694	26.64	18480	37.36
CENTRO	0.486	0.617	56.91	42682.5	37.17
SUR	0.549	0.684	15	11250	24.36
TOTAL			102	75000	

La composición de los residuos sólidos varía dependiendo de la fuente generadora, destacando los residuos orgánicos con un 41.3%, así mismo, el contenido de desechos plásticos en los residuos domésticos unifamiliares es 6.19%, para plurifamiliares 3.8%, para tiendas departamentales 7.31% y 7.12% en centros de esparcimiento y recreo, como puede observarse en la tabla 4.4

Actualmente el sistema de recolección de basura en el Distrito Federal es insuficiente, pues cuenta con 2000 trabajadores de limpieza y 2180 camiones de recolección, los cuales pueden ser de varios tipos:

TIPO	CAPACIDAD (ton)
Lateral	3.5-4.0
Frontal	6.0
Minirecolectores	2.5

TIPOS DE CAMIONES RECOLECTORES.

FUENTE: DIR. GENERAL DE SERVICIO SUBURBANO, DIR. TÉCNICA DE DESECHOS SÓLIDOS, DDF

En años recientes se han desarrollado equipos que reducen los costos de operación, incrementando las cargas en los camiones de recolección (tipo compactador) y automatizan la recolección y descarga de los desechos sólidos.

Cuando se implementan programas comunitarios de reciclaje en los que la población debe separar los residuos de jardinería y los materiales reciclables del resto de la basura con el fin de efectuar una colecta selectiva, los costos de recolección se incrementan aún más. Es de fundamental importancia escoger apropiadamente los equipos de recolección y determinar los mejores métodos desde un enfoque costo-eficiencia-beneficio, para proveer estos nuevos niveles de servicio.

Adicionalmente a las consideraciones de tipo social y/o político tienen también gran importancia; probablemente se requerirá hacer cambios en el servicio de recolección y contar con los servicios adecuados, tanto domiciliarios como institucionales. Debe tenerse en cuenta que estos cambios siempre van acompañados de resistencia, tanto del público al que se le da el servicio como del personal que operará los equipos y de los voluntarios y pepenadores que viven de las ganancias que obtienen del sistema.

Cuando se requiere reciclar, la materia prima debe ser un residuo limpio, los mejores resultados se obtienen cuando los artículos se separan del flujo antes de que se mezclen con la basura, los medios para lograr esto son:

- a) **SEPARACIÓN Y TRANSPORTE VOLUNTARIO.**- Consiste en que los vecinos lleven los recipientes a uno o más lugares preestablecidos en una área específica, vacíen la basura en contenedores de gran tamaño ubicados en la estación de recolección. La recolección en estaciones sólo se puede aplicar si se cuenta con una gran disciplina y cooperación de los habitantes pues si ello no se consigue, lo más probable es que los residuos queden esparcidos en la calle, sobre todo en regiones cercanas a los contenedores. Aunque su costo es más bajo, el servicio que se obtenga en esta forma puede ser inaceptable desde el punto de vista comunitario. Sólo se recomienda el uso de estaciones de recolección cuando cerca de ellas hay viviendas de muy difícil acceso para los camiones o cuando se tiene la certeza de que se contará con la colaboración del público.
- b) **SEPARACIÓN OBLIGATORIA Y RECOLECCIÓN MUNICIPAL.**- En este sistema los vecinos sacan los recipientes con basura a la calle, en lo posible poco antes de que pase el camión recolector, y una vez vaciados se vuelve a guardar. Este sistema es aceptable y el costo relativamente bajo, por lo que es preferido, siendo necesario el uso de receptáculos adecuados para la basura.

En virtud de lo anterior resultan evidentes las deficiencias del sistema de manejo y disposición final de los residuos sólidos municipales por lo que es necesario el mejoramiento de los mismos así como de las normas y leyes relacionadas con éste sistema. De la misma manera es importante la implementación de un programa integral en la que participen las autoridades Federales, Estatales y Municipales, empresas de servicio, industrias, comercios, así como toda la sociedad en general para encontrar un mecanismo que permita la creación de un sistema con una tendencia bien marcada a la coparticipación de inversiones entre el estado y los particulares, pero sobre todo a un entendimiento de un estado más regulador y menos negociante.

Un punto importante que debe ser considerado es el establecimiento de normas más estrictas en lo referente a la composición de los desechos municipales, así como el nivel máximo de humedad permitida.

4.6 SISTEMAS DE SEPARACIÓN.

Las limitaciones en el reciclado de los plásticos se deben a la naturaleza de los residuos, debido a que éstos no sólo contienen materiales plásticos sino también otros muchos tipos de materiales. La separación de los residuos municipales, exige muchos requisitos técnicos y la rentabilidad pasa a ser una cuestión muy ambigua.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

TABLA 4.4 GENERACION DE DESECHOS SOLIDOS MUNICIPALES POR SECTOR

ABATELEN SUAS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ALGODON	2.96	3.14	0.33	0.25	0.03	1.09	0.0	0.36	0.03	0.17	0.0	2.89	0.0
CARTON	5.35	2.89	30.77	46.88	6.59	3.30	5.97	23.18	3.77	8.98	11.03	11.2	0.0
CUERO	0.16	0.0	0.0	0.04	0.0	0.11	0.02	3.89	0.0	0.04	0.0	0.0	0.0
ENVASE DE CARTON	1.97	6.26	2.53	0.44	2.09	2.08	1.43	1.98	0.76	6.05	5.18	0.0	0.0
FIBRA DURA VEGETAL	0.10	0.0	1.47	0.15	1.98	0.86	0.00	1.13	0.06	0.78	0.00	0.01	0.0
FIBRA SINTETICA	1.60	1.43	2.56	0.78	0.00	0.38	0.04	0.00	0.01	0.00	0.00	0.24	0.0
GASA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HUESO	0.11	0.00	0.83	0.02	0.43	0.62	0.00	0.21	0.00	0.67	0.00	0.00	0.00
HULE	0.24	0.00	3.77	3.80	0.55	0.49	0.00	0.38	0.18	1.33	0.00	0.83	0.0
JERINGA DESECHABLE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
LATA Y CERAMICA	1.67	6.44	1.03	0.41	0.22	0.86	0.25	3.10	0.52	4.89	1.22	0.28	0.0
LOZA Y CERAMICA	0.45	0.56	1.00	0.18	0.02	0.21	0.45	0.00	0.18	2.01	0.29	0.08	0.0
MADERA	0.16	0.00	7.63	6.34	0.07	0.45	0.67	8.72	0.00	3.92	0.00	0.01	0.0
MATERIAL DE CONSTRUCCION	0.56	0.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.52	0.00	2.89	0.00	0.09	0.00	0.00
MATERIAL FERROSO	1.26	1.65	1.23	1.33	2.84	0.15	0.92	0.71	1.80	0.40	5.62	0.15	0.0
MATERIAL NO FERROSO	0.09	0.00	0.80	0.30	0.50	0.32	0.00	1.30	0.00	0.00	0.00	6.54	0.0
PAPEL BOND	2.83	2.22	6.07	4.60	5.28	0.00	1.54	18.75	9.21	14.33	3.57	37.81	0.0
PAPEL PERIODICO	4.94	7.10	3.70	1.40	8.57	3.71	0.95	15.90	5.24	6.96	3.17	11.91	0.0
PAPEL SANITARIO	6.35	17.92	2.10	2.22	1.90	3.51	3.40	4.20	8.16	10.72	9.60	1.99	0.0
PAÑAL DESECHABLE	3.85	0.00	0.77	0.96	0.00	0.00	0.08	0.32	0.89	0.30	0.09	0.00	0.00
PLACAS RADIOLOGICAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PLASTICO DE PELICULA	6.19	3.21	4.07	7.31	5.37	1.62	3.08	2.14	3.98	1.95	7.12	0.16	0.0
PLASTICO RIGIDO	4.22	3.80	4.87	7.19	3.58	1.82	1.28	1.39	1.89	2.89	15.34	0.80	0.0
POLIURETANO	0.18	0.19	0.33	0.00	0.09	0.34	0.03	2.70	0.00	0.67	0.00	0.00	0.00
POLIESTIRENO EXPANDIDO	0.85	0.41	0.40	1.28	0.00	0.17	0.35	1.85	0.16	0.48	0.71	0.11	0.0
RESIDUO DE ALIMENTO	35.11	19.79	12.23	6.41	44.13	70.76	74.43	5.71	46.89	18.02	16.18	21.22	0.0
RESIDUO DE JARDINERIA	4.98	8.29	0.00	2.04	0.01	3.33	0.08	0.59	0.00	6.32	0.42	0.30	0.0
TOALLAS SANITARIAS	0.00	0.00	0.50	0.51	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.63	0.00	0.04	0.0
TRAPO	0.88	0.00	0.67	0.79	0.10	0.17	0.12	0.00	1.72	1.02	1.14	0.31	0.0
VENDAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
VIDRIO DE COLOR	3.78	7.07	2.70	1.34	1.70	0.45	1.93	2.81	3.10	2.44	4.88	0.28	0.0
VIDRIO TRANSPARENTE	6.51	4.47	4.57	1.23	5.57	0.80	2.82	1.28	8.52	4.88	11.77	0.78	0.0
RESIDUO FINO	1.24	2.06	0.80	0.18	0.00	2.49	0.03	0.00	0.25	0.73	2.77	0.01	0.0
OTROS	2.45	0.43	2.47	0.27	10.38	0.41	0.03	0.00	0.37	0.83	0.00	2.11	0.0

TABLA 4.4 GENERACION DE DESECHOS SOLIDOS MUNICIPALES POR SECTOR**

ABATELENGUAS	1.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ALGODON	2.47	10.38	5.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.37
CARTON	6.31	8.00	2.57	4.34	5.30	5.08	3.88	4.00	0.00	0.00	9.53
CUERO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19
ENVASE DE CARTON	0.99	0.00	0.71	0.54	0.00	0.52	8.53	3.12	0.00	0.00	2.05
FIBRA DURA VEGETAL	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31
FIBRA SINTETICA	0.10	3.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.48
GASA	3.44	5.74	5.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.72
HIEJO	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14
HJALE	1.86	0.00	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.88
JERINGA DESECHABLE	2.82	1.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20
LATA	1.75	0.00	2.30	4.54	1.80	0.00	4.77	0.00	0.00	0.00	1.70
LOZA Y CERAMICA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28
MADERA	0.41	0.00	4.82	0.29	0.00	0.00	0.00	5.12	0.00	0.00	1.74
MATERIAL DE CONSTRUCCION	0.00	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	5.04
MATERIAL FERROSO	1.88	0.00	0.71	0.00	0.00	0.00	0.41	2.86	0.00	0.00	1.14
MATERIAL NO FERROSO	0.07	1.19	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	2.29	0.00	0.00	0.70
PAPEL BOND	8.60	17.23	9.87	9.11	5.21	3.10	5.41	6.82	0.00	0.00	8.08
PAPEL PERIODICO	4.40	11.97	20.65	6.07	13.03	7.75	9.71	2.22	0.00	0.00	7.00
PAPEL SANITARIO	11.01	9.82	7.38	15.19	7.82	4.85	9.52	0.00	0.00	0.00	6.54
PAÑAL DESECHABLE	1.48	0.00	0.00	1.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.51
PLACAS RADIOLOGICAS	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
PLASTICO DE PELICULA	3.29	0.00	0.45	5.35	4.40	2.00	5.38	9.29	0.00	0.00	3.82
PLASTICO RIGIDO	0.98	8.84	1.81	3.07	3.80	1.27	8.82	4.00	0.00	0.00	3.75
POLIURETANO	0.78	2.17	2.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48
POLIESTIRENO EXPANDIDO	1.71	2.26	1.03	1.09	0.00	0.00	1.22	1.23	0.00	0.00	0.73
RESIDUO DE ALIMENTO	28.88	1.74	3.31	30.44	21.80	42.48	7.87	0.00	0.00	0.00	24.07
RESIDUO DE JARDINERIA	1.30	1.80	0.59	0.00	0.00	7.44	11.48	25.38	0.00	0.00	3.54
TOALLAS SANITARIAS	0.03	1.81	0.00	0.28	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28
TRAPO	0.48	1.84	0.00	0.00	0.00	2.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.57
VENDAS	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
VIDRIO DE COLOR	8.73	4.88	2.01	3.44	3.08	0.41	8.84	0.00	0.00	0.00	2.90
VIDRIO TRANSPARENTE	5.64	3.08	0.91	7.79	7.14	0.98	8.37	0.85	0.00	0.00	4.18
RESIDUO FINO	0.46	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	4.03	28.30	0.00	0.00	1.86
OTROS	1.10	3.76	25.34	5.48	26.74	19.38	8.53	8.54	0.00	0.00	5.42

Las propiedades físicas de los diferentes componentes de los residuos municipales, permiten llevar a cabo la separación de los mismos.

4.6.1 PEPENA. (49)

La pepena es un sistema de clasificación mecánica y/o manual de la basura en sus diferentes componentes como vidrio, metales, plásticos y otros; realizada en los llamados tiraderos a cielo abierto. Esta técnica requiere de grandes equipos, de un camión recolector que no compacte la basura para poder seleccionar fácilmente, y otro para transportar los desperdicios clasificados a las industrias recicladoras; además de una área que pueda ser inutilizada por mucho tiempo y que no se encuentre lejos de los centros de producción.

La pepena no es una técnica eficiente debido a que el 30% de la basura producida se queda en barrancas, ríos, calles, etc., y del 70% que llega a los tiraderos, y que con esta técnica debería ser recuperado, sólo el 40% se aprovecha, el porcentaje restante no es aprovechado debido a que son materiales destruidos y en vías de putrefacción.

4.6.2 PROCESOS COMERCIALES Y EXPERIMENTALES DE SEPARACION DE DESECHOS SOLIDOS MUNICIPALES. (24,27)

Existen numerosos procesos comerciales y experimentales de separación de residuos municipales, y por lo general constan de dos partes, en la primera se prepara la materia prima para su separación y en la segunda se lleva a cabo la propia separación en los diferentes componentes.

A) PREPARACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

La reducción del tamaño de los residuos es un proceso fundamental para poder llevar a cabo la posterior separación de los mismos. Los equipos que se utilizan con este propósito, se fundamentan en la aplicación de fuerzas mecánicas de tracción, compresión y cizalla. Los más utilizados varían entre molinos de cuchillas, de discos, de martillo, cortadores y pulverizadores, aunque los de más amplia aplicación en la preparación de sólidos son los cortadores de impacto. Los molinos de mordazas, los de engranes y los giratorios, se utilizan para materiales frágiles.

Los molinos de martillo son los más utilizados en la reducción de tamaño de residuos sólidos urbanos, consisten en un eje con uno o varios rotores provistos de martillos. Trabaja mediante la rápida aplicación de

fuerzas de tracción, compresión y cizalla. El efecto de molienda se produce entre los martillos y los bloques fijos colocados en el interior de la pared del molino.

B) MÉTODOS FÍSICOS DE SEPARACIÓN

TAMAÑO DE PARTÍCULA: Durante la preparación de la materia prima para la separación de los componentes de residuos municipales se obtienen diferentes tamaños de partícula en función de las características de ductibilidad y resistencia al impacto. Si un componente dado tiene un tamaño considerablemente grande con respecto a los otros éste se podrá separar fácilmente del resto.

DENSIDAD.- En base a esta propiedad se ha desarrollado un gran número de métodos de separación de materiales, desde minerales, hasta disolventes químicos.

COLOR.- La apariencia de un material es un buen criterio para su separación de los otros componentes, sin embargo, no se han establecido métodos automatizados en base a este criterio. El color es el principal factor que se toma en cuenta durante la separación manual de vídrios.

ELECTROMAGNETISMO.- Es un criterio ampliamente utilizado en la separación de materiales ferrosos, se emplean planchas o bandas magnéticas de separación y cilindros, es un método muy simple.

Las propiedades físicas mencionadas establecen las bases para los siguientes métodos de separación:

SEPARACIÓN ELECTROSTÁTICA.- Es muy similar a la separación magnética, se basa en la capacidad que tienen algunos materiales como los plásticos y el papel de almacenar cargas electrostáticas. Las partículas se depositan sobre una banda o cilindro, cargado eléctricamente, y después se someten a un campo electrostático contrario para recuperarlas.

SEPARACIÓN MANUAL.- Es la técnica más antigua de separación, pero tiene poca utilización en las plantas modernas de separación.

SEPARACIÓN POR GRAVEDAD.- Entre los sistemas de separación por gravedad se utiliza generalmente las mesas vibrantes y las cintas inclinadas para la separación de piedras y otras partículas pesadas, así como los lechos fluidizados.

HUMIDIFICACIÓN SELECTIVA.- Se basa en la diferencia de las tensiones superficiales.

SEPARACIÓN NEUMÁTICA.- Los parámetros a considerar son, el peso específico, la densidad y la forma o tamaño del desecho. Generalmente se utiliza una serie de columnas con diferentes dimensiones y geometría. Las partículas más pesadas caen por gravedad y las más ligeras se mantienen en el extremo superior de las columnas en donde se separan mediante mallas y ciclones, mientras que el aire y el polvo se reciclan a la columna. Existen variantes en la forma y colocación de las columnas, pueden ser incluso rectangulares u horizontales, dependiendo de la calidad y capacidad de la separación que se quiera lograr. Otras veces se utiliza un clasificador tipo vórtice en la cual el aire entra formando un vórtice.

4.5.3 PROCESOS DE SEPARACIÓN DE MATERIALES. ⁽³⁰⁾

Los procesos de separación de materiales se clasifican en secos y húmedos. Los procesos de separación en seco son generalmente más simples, más baratos, y requieren menor consumo de energía, pero, generan problemas de contaminación ambiental. Los procesos de separación en húmedo, producen materiales más puros y más uniformes. Ambos pueden ser utilizados en conjunto para lograr mayor capacidad de separación.

Los procesos de separación en húmedo más comunes son los siguientes:

1) PROCESO BLACK CLAWSON.

En la figura 4.1 aparece una representación esquemática del proceso de separación por vía húmeda llamado Black-Clawson. Los residuos se introducen en un "Hidropulser" donde, con un 95% a 97% de agua se forma un lodo que contiene papel, plásticos, vidrio y pequeños trozos de metal, que son separados por el fondo del depósito a través de pequeños orificios. Los objetos grandes se extraen a través de una abertura cercana al fondo de donde se recogen y se separan a través de un elevador de cubos.

Estos objetos caen dentro de un tambor rotatorio, en donde, simultáneamente a su lavado, se van separando los materiales ferrosos mediante un separador magnético.

La pulpa se bombea a través de un ciclón líquido para separar los materiales inorgánicos. Este residuo contiene un 80% de vidrio y algo de aluminio.

Los restos de papel se reducen a fibras de pequeño tamaño y se criban por tamices con orificios de 18" con un plato rotatorio de alta velocidad que gira sobre él para separar el plástico, madera y cuero.

Los objetos mayores de 1/16" se separan en una segunda etapa de cribado mediante un lavado centrífugo, eliminándose la tierra y pequeñas astillas.

Después de lavado, la pulpa se bombea sobre una criba inclinada, con ranuras horizontales, a través de las cuales cae el 85% de agua, arrastrando algunas fibras cortas, escombros, arcillas y partículas de alimentos. A las fibras recuperadas se les elimina el agua en dos etapas. El equipo de la primera etapa es un espesador que consiste en un cilindro perforado, colocado con una inclinación de 60° y dentro del cual gira un tornillo sin fin. El tornillo obliga a la pulpa a pasar a través de los orificios, descargándola en una prensa de cono en donde se concentra hasta aproximadamente un 40% de sólidos. El producto principal de este proceso es la pulpa para fabricar papel de calidad. Los inconvenientes del proceso Black-Clawson son el gran consumo energético y la necesidad del tratamiento de las aguas residuales.

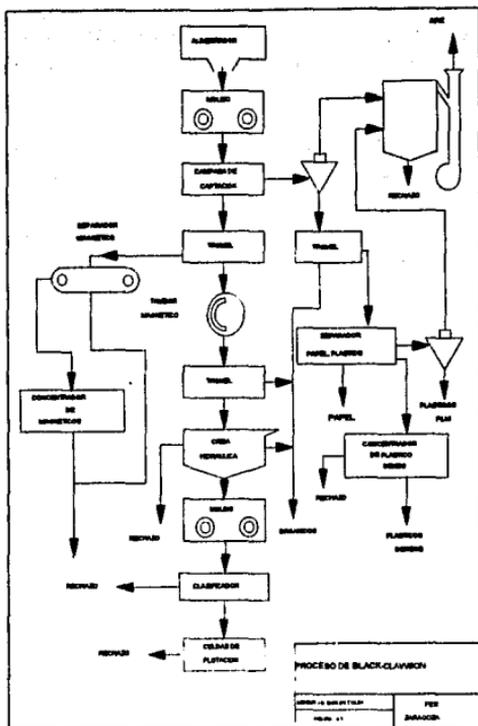
2) SISTEMA DE RECUPERACIÓN ENADIMSA. (25)

En la figura 4.2 se expone un esquema del proceso desarrollado por ADARO, S.A. para la recuperación y reciclado de residuos sólidos urbanos. Este diagrama puede considerarse como el de una instalación de separación neumática, acompañada de las operaciones básicas de trituración y separación magnéticas y neumáticas complementarias.

Se inicia el proceso con una descarga del material en una tolva-plataforma donde, por un sistema de cintas, se alimenta a un molino de cadenas que consta de una carcasa en la que van alojados dos ejes provistos de cadenas y que giran en sentidos opuestos.

En este molino se desgarran y abren las bolsas de plástico, en las que convencionalmente se envasan los residuos; se reducen los materiales más voluminosos y se trocean los componentes frágiles (vidrio, escorias y materiales cerámicos).

El material que no es absorbido por captación neumática pasa a una clasificación mecánica por medio de una criba giratoria de 65 mm. de malla.



Los tamaños superiores de 65 mm. se someten a separación magnética por medio de un separador tipo "OVER-BAND", obteniéndose hierro y envases estañados, el residuo de esta separación se compone de plásticos, papel, cartón y textiles no recogidos en la primera captación neumática.

Los tamaños menores de 65 mm. (tapas de botella, vidrio y materia orgánica) se someten a una clasificación magnética en un separador de tambor, recogándose las tapas de botellas.

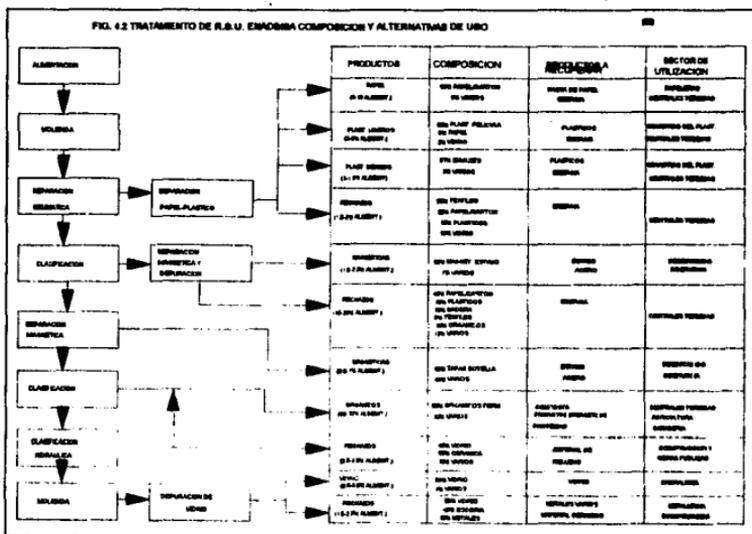
El resto (vidrio y material orgánico) se tamiza en una criba giratoria de 15 mm.

El producto menor de 15 mm. se somete a una clasificación gravimétrica, en una criba hidráulica, en la que se concentran dos productos:

1. Inorgánicos menores de 15 mm. (vidrio, cerámica y escoria)
2. Orgánico menores de 15 mm.

La fracción ligera procedente de la primera captación neumática, se somete a una separación por vía semihúmeda-húmeda para la recuperación de los plásticos y la obtención de productos celulósicos.

La fracción inorgánica se depura por flotación, obteniéndose un vidrio de alta calidad. El procedimiento ADARO asegura la separación de los residuos plásticos del resto de los componentes de los residuos sólidos urbanos.



PROCESO DE RECUPERACION FLAT.- Se ilustra en las figuras 4.3 y 4.4 . Es un sistema de separación por vía seca desarrollado por A. M. Svenska Flaktfabiken.

Los residuos se introducen en un triturador que rompe las bolsas contenedoras, y pasan a un "Trommel" giratorio de rejillas que separa los trozos excesivamente grandes.

De aquí, por medio de un alimentador rotatorio, se introduce en un clasificador de aire tipo zig-zag. El aire circula en el circuito cerrado, y el motor del ventilador proporciona el calor que ayuda a secar el material que está siendo separado. La fracción ligera se separa a través de un ciclón, sobre otro alimentador rotatorio y dentro de un segundo triturador para obtener un tamaño de partícula más homogéneo y extraer las impurezas que hayan quedado atrapadas. Esta fracción está formada por papel húmedo, textiles y algunas películas de plástico.

Las impurezas finas consisten en madera, arena, polvo, entre otros, y se separan en la rejilla del segundo alimentador rotatorio.

El material transportado neumáticamente proveniente de la primera etapa es una mezcla de papel húmedo parcialmente contaminado con materia orgánica y algo de plásticos y tejidos.

El propósito de la segunda etapa es purificar el papel y hacerlo biológicamente estable. Esta purificación se consigue con aire caliente mediante secado y tratamiento térmico. Las pequeñas escamas de plástico se contraen por el calor originando pequeños gránulos o aglomeraciones que se separan aerodinámicamente.

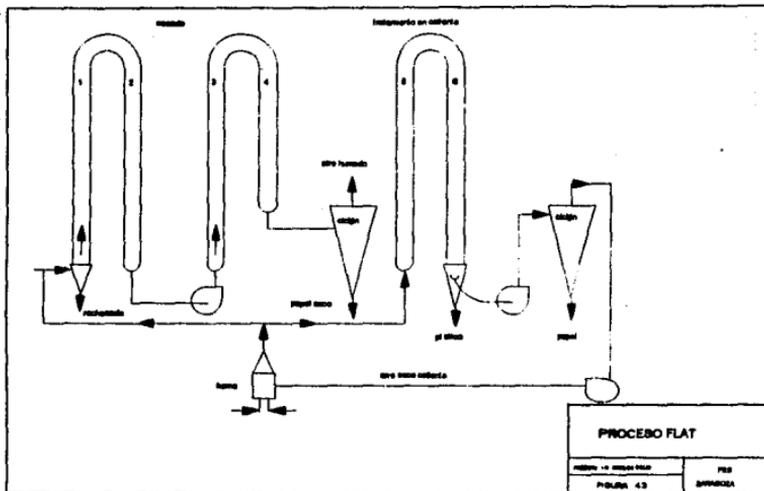
4.5.4 PROCESOS DE SEPARACIÓN ESPECÍFICOS PARA PLÁSTICOS ^(17,18)

Durante el fraccionamiento de los residuos urbanos, los materiales plásticos casi por lo general se encuentran mezclados con otros materiales como son:

- 1) Mezclados con papel.
- 2) Mezclados con tejidos.
- 3) Mezclados con fibra de madera.
- 4) Mezclados con plástico.

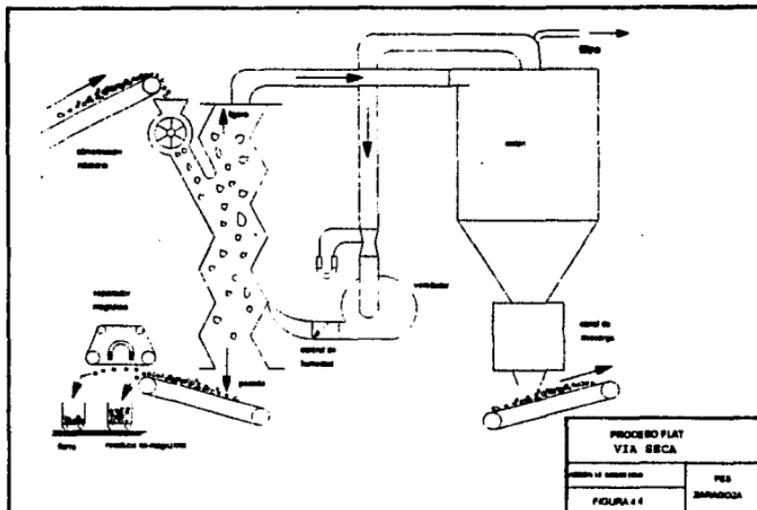
4.8.4.1 SEPARACIÓN DE PLÁSTICOS DE TEJIDOS RECUBIERTOS.

Este proceso de separación se emplea principalmente para la recuperación de PVC. El proceso Fibber Process Inc. incluye la extracción mediante disolventes como se muestra en la figura 4.5.



El material se corta en trozos pequeños y se coloca en un recipiente sellado. Se añade tetrahidrofurano (THF) como disolvente, en presencia de un gas inerte para evitar la degradación del PVC. El sistema se calienta hasta una temperatura próxima a la ebullición del THF. La resina se disuelve en el disolvente y se transfiere a un tanque de almacenamiento. Se requiere un mínimo de tres lavados para completar la extracción y la solución polimérica se filtra para eliminar pigmentos, rellenos y otros aditivos, después se pasa a un evaporador para concentrarla. El secado final se lleva a cabo mediante evaporación a vacío. El producto así obtenido es tan puro como la resina virgen inicial.

En el procedimiento descrito por Hafner y en la figura 4.6 la extracción se realiza en una sola pasada, se filtra y se precipita. A continuación el filtrado se lava, se filtra y se seca. El disolvente y el precipitado se reciclan.

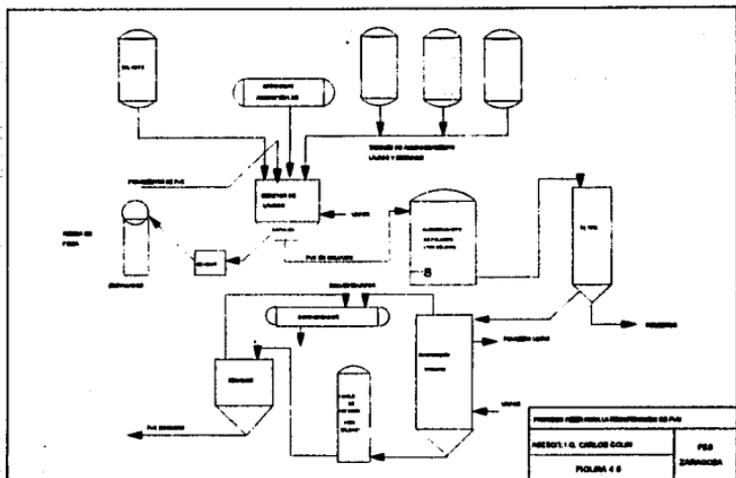


4.5.4.2 SEPARACIÓN DE MEZCLAS DE PLÁSTICOS.

La mayoría de los plásticos son termodinámicamente incompatibles entre sí. Sus mezclas forman sistemas heterogéneos, cuyas propiedades características finales son función del contenido de cada uno de los componentes.

Por su separación se pueden utilizar una serie de procesos que en conjunto pueden clasificarse en:

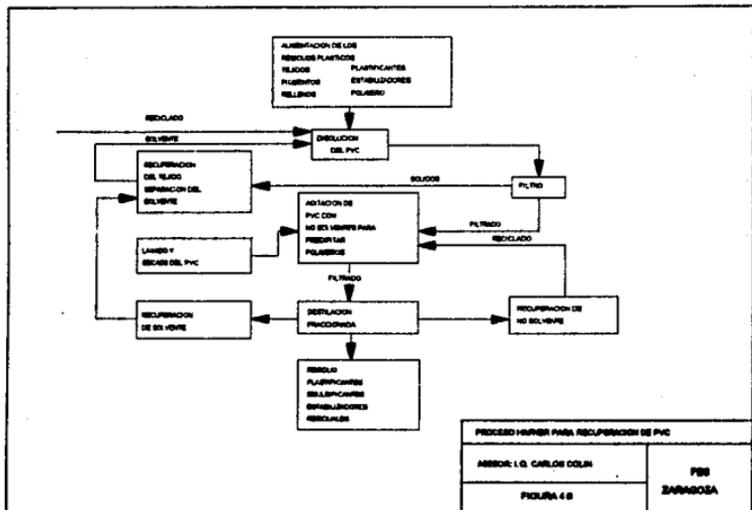
- Métodos de flotación.
- Métodos en función de las diferencias en tensión superficial.
- Extracción con disolventes.



Sin embargo estos métodos son utilizables para la separación de mezclas con dos o más componentes, por lo que su utilización en la separación de mezclas de plástico de residuos urbanos es bastante cuestionable.

a) SEPARACIÓN POR FLOTACIÓN

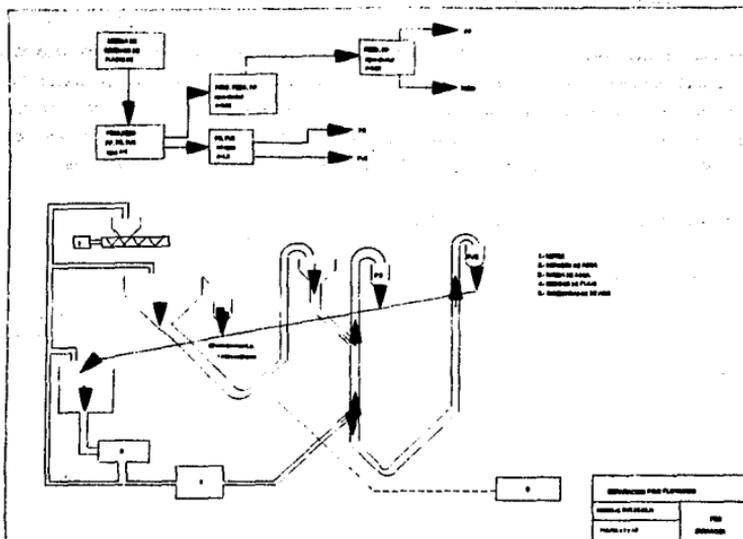
Los tres principales componentes plásticos contenidos en los residuos municipales son poliolefinas, PVC y poliestireno, cuyas densidades son ligeramente diferentes, 0.90-0.98 para poliolefinas, 1.22-1.30 para PVC y 1.05-1.08 g/ml para poliestireno. Estas diferencias en las densidades permiten la separación de éstos plásticos en grupos genéricos mediante flotación. Estos sistemas emplean soluciones acuosas alcohólicas y salinas (figura 4.7 y 4.8).



Los sistemas de separación por flotación deben reunir las siguientes condiciones:

- Producir burbujas de aire de tamaño adecuado para que se produzca una flotación uniforme de los plásticos.
- Realizar el procedimiento con agitación, para evitar la sedimentación de las partículas grandes.
- El flujo de agua en la zona de separación no debe ser turbulento.
- La superficie del agua debe ser limpia y estable.

Generalmente, el tiempo requerido para la separación varía de dos a diez minutos y su eficiencia es bastante aceptable.



b) SEPARACIÓN MEDIANTE HUMECTACIÓN SELECTIVA- TENSIÓN SUPERFICIAL.

Aunque los plásticos son en general hidrofóbicos, se puede seleccionar su capacidad de humectación agregando agentes tensioactivos.

La acción de los agentes de humectación es diferente para los distintos materiales plásticos. El efecto sobre el polipropileno es pequeño, aumentado para el polietileno, poliestireno y PVC. Esta diferencia puede aprovecharse para la separación de los mismos mediante flotación.

C) SEPARACIÓN CON DISOLVENTES

Debido a la incompatibilidad entre los distintos polímeros, cuando se mezclan forman fases separadas e incluso cuando se utiliza un disolvente común se separan fases con cada uno de los polímeros. Se ha estudiado la separación de poliolefinas, poliestireno y PVC con varios disolventes, y se observó que las mezclas ciclohexanonas-xileno son sistemas eficaces. La efectividad del proceso depende de la composición de los disolventes, temperatura, tipo de residuo y la relación disolvente/alimentación.

4.5.4.3 SEPARACION DE MEZCLAS PLASTICO PAPEL

SEPARACIÓN MEDIANTE APLICACIÓN DE CALOR.

Este sistema consiste en un cilindro cromado, que se calienta eléctricamente, encerrado en un tambor rotatorio que lleva unas paletas para asegurar que el material tome contacto con el cilindro caliente. (Fig. 4.9).

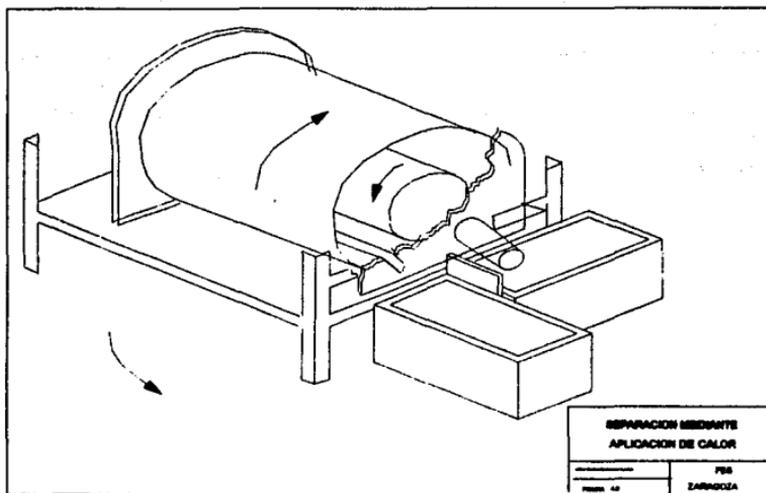
El tambor y el cilindro giran en sentidos opuestos. Una rasqueta está en contacto con el cilindro en su parte superior. El material plástico que es fundido en contacto con el cilindro, es separado por la rasqueta. El material plástico aislado (aproximadamente 90%) queda con una pureza del 95%.

El recipiente se carga con material seco; se lleva a cabo la separación. El disolvente residual se elimina mediante evaporación; el material seco está listo para ser pulpificado; el vapor se condensa y el disolvente se decanta; el disolvente se destila, se recupera y reutiliza.

Los materiales que no son susceptibles de reciclar, así como los residuos generados en los procesos de separación, limpieza y reciclado de plásticos deberán ser confinados a los sitios de disposición final proponiéndose que continúen operando los rellenos sanitarios ya existentes los cuales se mencionaron anteriormente.

Una vez captada la materia prima de cualquier fuente, se lleva a cabo la clasificación de los desechos domésticos, se recomienda que ésta operación se efectúe en los sitios que actualmente funcionan como estaciones de transferencia. El primer paso en el tratamiento de un material, con fines de aprovechamiento, consistirá en la separación de todos y cada uno de ellos. Existen numerosos procesos comerciales y experimentales de separación de residuos sólidos municipales, estos pueden ser clasificados en húmedos y

secos. Los procesos en seco son generalmente más simples, requieren de bajo consumo energético, y presentan problemas de contaminación; los procesos húmedos son capaces de producir materiales más uniformes y limpios. Las técnicas de separación vía húmeda y seca, pueden ser usadas como parte del un mismo proceso



4.6.6 TECNOLOGÍAS PARA EL RECICLADO DE PLÁSTICOS. (27,28)

Existen diversas tecnologías para el reciclado de plásticos las cuales se definen de acuerdo al estado general de los desperdicios que deberán transformarse:

- Plásticos de la misma especie.- cuando se tienen los desperdicios lo más limpios posible es aplicable con una gran rentabilidad el proceso de regranulado para termoplásticos, el cual consiste básicamente en los siguientes pasos:

- a. Molienda
- b. Lavado/separación.
- c. Compactación.
- d. Pelletizado.
- e. Modificación con aditivos.

Molienda.- Las piezas de gran tamaño, tortas de material fundido, cuerpos huecos, madejas de hilo, exigen según el tipo de material y la forma, la utilización de instalaciones de corte y molienda especiales. Un sistema recientemente desarrollado para alcanzar tamaño de partículas ideal para una posterior pelletización y mejor incorporación de aditivos denominada molienda criogénica. A bajas temperaturas es posible lograr un producto finamente dividido, con frecuencia es necesario utilizar un pulverizador con clasificador con clasificador de aire en el que se introduzca un refrigerante; este sistema recibe el nombre de molienda criogénica.

El principal propósito de la molienda criogénica es el obtener polvos con tamaño de partícula adaptables a revestimientos, rotomoldeo, mezclas secas, soluciones de polímeros y reciclado de trozos.

Para reducir eficazmente el tamaño de los polímeros, la molienda criogénica emplea un compuesto refrigerante llamado criogénico, el cual es un gas licuado que presenta una temperatura de ebullición inferior a -73°C .

La molienda criogénica presenta algunas ventajas con respecto a la molienda normal como son:

- El tamaño de partícula obtenida es homogéneo y mínimo, aún cuando se alimentan materiales diferentes.
- Se recomienda para molido de termoplásticos debido a que no existe calor que los pueda degradar.
- Para hules es el único proceso que existe para su micropulverización.

El gas criogénico de más uso es el nitrógeno ya que este contacta con el material de alimentación inmediatamente a -78°C , proporcionando una excelente transferencia de calor. La mayoría de los polímeros más recientes presentan fragilidad por debajo de -78°C y por tanto, requieren enfriamiento con nitrógeno líquido.

De acuerdo al tipo de material se requiere de diferentes cantidades de nitrógeno líquido y esto proporciona diferentes tamaños de partícula del polvo obtenido.

LIMPIEZA.- La limpieza se realiza en dos fases, en la primer fase se separan la suciedad poco adherida,, por ejemplo, arena o piedras, en tinas llenas de agua y por medio de agitadores mecánicos, esto, después de la molienda del material. La suciedad fuertemente adherida como tinta, etiquetas de papel , incluidos adhesivos, no se eliminan en el proceso de lavado y es por eso que generalmente se tienen que eliminar en forma manual antes de la trituración. El material molido lavado y seco se filtra en estado fundido en la segunda fase de limpieza, la cual se lleva a cabo dentro del extrusor, granulador, por medio de sistemas de mallas o tamices intercambiables colocadas dentro del cilindro del extrusor.

COMPACTADO.- Se aplica a los desperdicios de película, fibras y materiales espumados, los cuales por su baja densidad aparente requieren de equipos especiales que funcionan a elevadas velocidades dando como consecuencia un aumento en la temperatura de molienda ocasionando a su vez aglomeración del material. El sistema de compactado está constituido en forma combinada por un molino y compresores antepuestos al compactador.

PELLETIZACION.- Consiste básicamente en un proceso de extrusión con un dado especial a base de un plato perforado con orificios de aproximadamente 2 mm. y por ellos sale fundido y homogeneizado el plástico para posteriormente ser cortado.

Cuando el corte se realiza por medio de cuchillas a la cabeza del dado se denomina " pelletizado en caliente" y cuando se forman tiras que se enfrían en tinas de agua y posteriormente se cortan se denominan "pelletizado en frío".

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

MODIFICACIÓN CON ADITIVOS.- El empleo de aditivos para restablecer, o en muchos casos para mejorar, el comportamiento de los plásticos recuperados es de vital importancia para el éxito de las operaciones de reciclado.

Los aditivos que pueden utilizarse para reformular plásticos reciclados son cargas, fibra de vidrio, agentes de acoplamiento, antioxidantes, estabilizadores de luz ultravioleta, modificadores de impacto, agentes nucleantes, desactivadores de metales, agentes desmoldantes y retardantes a la flama.

4.6.5.1 MEZCLAS DE PLÁSTICOS. (29)

Cuando se tienen mezclas de distintos materiales plásticos las cuales resultan difíciles de separar física y económicamente, se han desarrollado métodos especiales para su reciclaje para obtener barras, placas y diversos productos moldeados.

El proceso consiste básicamente en las siguientes etapas:

1. Fragmentación de los desperdicios.
2. Las fracciones ligeras como películas son automáticamente compactadas en la base de la trituración alcanzándose 8 mm. de malla.
3. La mezcla puede ser prelavada y ésta contiene un alto nivel de contaminación de materia orgánica.
4. El material es alimentado a un silo perforado cuyo función es mezclar y almacenar; aquí el material es secado y homogeneizado. En ésta fase pueden agregarse los aditivos por ejemplo pigmentos y el silo está rotando continuamente para prevenir el apelmazamiento del material.
5. La mezcla es descargada desde el mezclador a una tolva intermedia dispuesta con un separador magnético de metales y que alimenta directamente al extrusor.
6. El extrusor ó plastificador es manejado hidráulicamente para lograr altas velocidades que calientan a la mezcla de 200 a 300°C por fricción durante un corto periodo de residencia dentro del cilindro para evitar su degradación. Posteriormente la mezcla es llevada por compresión hacia los moldes.
7. El corto periodo de residencia dentro de la máquina y el diseño de la misma evita la posibilidad de que se liberen sustancias volátiles.

8. 10 o 20 moldes montados rotativamente se van llenando en forma sucesiva frente a la salida de la mezcla fundida del extrusor, para que después en un baño de agua se lleve a cabo su enfriamiento y finalmente se retire la pieza moldeada.
9. Las piezas recién desmoldeadas se colocan en estantes aerados horizontalmente durante 8- 10 horas para alcanzar el enfriamiento del centro y estabilización total del producto.

Los aditivos jugarán un papel crítico, que irá en aumento, en el reciclaje de plásticos suministrando formas de procesado con la intención de encontrar mercados más productivos para este tipo de materiales. El mezclado con los editivos o combinación de aditivos hará posible mejorar el material reciclado hasta el punto donde se comporte como polímero ingenieril, pero a un precio significativamente más bajo. Hasta ahora debido que las cantidades que se reciclan son relativamente pequeñas, este nuevo campo para los aditivos está aún en su inicio.

La medida en que aumentará el negocio de reciclado de plásticos, dependerá de los nuevos usos o aplicaciones que puedan abrirse para estas mezclas con aditivos. Sin embargo, hay que señalar que en algunas aplicaciones no es necesario el empleo de aditivos, el residuo puede ser simplemente molido y reciclado en productos terminados de un grado más bajo. Por ejemplo, Tom. Norto de Turtle Plastics informa que su compañía no añade nada a los productos de vinilo que destina a un uso posterior - tales como forro de piscinas y botellas- que se reciclan para productos como son mamparas para urinarios, losetas y forros de camionetas de reparto. De forma parecida Tom. Tomaszczek, director de ventas de Eaglebrook, uno de los mayores recicladores de botellas de PEAD, informa que muchos residuos de poliolefinas lavados y molidos se emplean tal cual, sin aditivos, para producir paneles y perfiles moldeados y extruidos. Cualquier disminución de las propiedades se compensa con paredes más gruesas.

4.6 SISTEMA DE CODIFICACIÓN PARA ENVASES PLÁSTICOS. (4.28.29)

Este sistema ayuda a identificar en los envases, botellas, contenedores y recipientes, el tipo de plástico usado para fabricación.

El sistema se basa en una simbología simple que permite a los seleccionadores, durante el proceso de recolección y reciclaje, identificar y separar los diferentes productos. Se compone de tres flechas que forman un triángulo el cual representa el símbolo universal de reciclaje, en el centro se distingue un código

numérico y letras en la base que corresponden a la resina usada para la fabricación del envase, según se indica a continuación:

1. PET (politereftalato)
2. PEAD (Polietileno de alta densidad) ó HDPE (Por sus siglas en inglés).
3. PVC (cloruro de polivinilo).
4. PEBD (Polietileno de baja densidad) ó LDPE (por sus siglas en inglés).
5. PP (Polipropileno)
6. PS (Poliestireno)
7. Otros.

El código es grabado en el fondo de la botella o envase, ó lo más cerca de éste, según los permita la geometría del artículo. El tamaño mínimo recomendado es de 2.5 cm. (1 pg), para lograr su fácil identificación. En envases con bases pequeñas el símbolo es proporcional a su tamaño.

Si un envase es fabricado en un nuevo modelo y con resinas diferentes a las tradicionalmente empleadas, es responsabilidad del transformador o productor de los envases cambiar el código inserto para identificar la materia prima usada. También corresponde al transformador utilizar el código adecuado según la resina con que se elabora el envase.

El procedimiento de grabado en los moldes permite un fácil cambio de los códigos de acuerdo con el tipo de resina utilizada.



El código indica únicamente la resina de que éste hecho el envase y no tiene relación alguna con el tamaño, contenido o apariencia del mismo.

4.7 PROCESOS DE RECICLADOS USADOS A NIVEL MUNDIAL (31,43)

4.7.1 RECICLADO DE PLÁSTICOS EN ESTADOS UNIDOS.

Los países altamente industrializados son los que históricamente han generado mayor volumen de desechos, aún cuando las economías poco desarrolladas mantienen una tendencia ascendente en este sentido. Pero han sido en general los países altamente desarrollados los que se han dado, en escala más importante, a la tarea de reciclaje, aún cuando entre ellos se destacan diversos niveles. En términos generales son los países de Europa Occidental los que muestran una mayor preocupación al respecto, lo que se manifiesta en los niveles de reciclaje.

De acuerdo con información de Eurostat (la oficina de estadística de la Unión Europea-E.U), los países del viejo continente generan menos de la mitad de los desechos de la basura que genera los Estados Unidos de América, además de que muestra una mayor preocupación.

Estados Unidos produce en promedio 720 kilogramos de desechos anualmente por habitante, en tanto que recicla únicamente 30% del cartón y 20% de vidrio.

Por lo que corresponde a los 12 países miembros de la Unión Europea, producen un promedio anual de 350 kg. por persona.

El reciclaje en Estados Unidos de América alcanzó un crecimiento del 4.5% en 1993 con un billón de toneladas por año de PET (polietilentereftalato) y polietileno alta densidad en el sector de envases. Europa recuperó 2.3 billones de toneladas por año o 7.6% de plásticos. Estos crecimientos exceden en dos dígitos para ambos continentes con respecto al año anterior. En Europa se está impulsando una iniciativa para impulsar el reciclaje del 15% de los empaques para el año 2000.

4.7.2 RECICLADO DE PLÁSTICOS EN EUROPA (36,45)

Por lo que respecta a los 12 países miembros de la Unión Europea, producen un promedio anual de 530 Kg. de desecho por persona, y el reciclaje promedio anual por habitante en toda la unión, es de 40% para el cartón, el vidrio y el papel. Entre quienes más producen basuras diversas están Holanda (500Kg), Dinamarca (480 Kg.) y Luxemburgo (450 Kg.) en el extremo encontramos a España, con un promedio anual per cápita de 320, Grecia (300 Kg.) y Portugal (280 Kg.).

Por cuanto a la recuperación de materiales de desecho en Europa, en España y Holanda se recicla 50% del papel y el cartón, en Irlanda 10% de ellos, mientras que en Bélgica, Dinamarca y Holanda se procesan más de 50% del vidrio desechado.

El primer proceso desarrollado en Europa se basa en un proceso de lavado y flotación, y fue aplicado, en principio, al reciclado de los desperdicios de plástico de origen comercial o procedente de aplicaciones agrícolas y posteriormente de los desperdicios domésticos.

Primeramente se rocaban los residuos, después se lavaban y se tamizaban, y finalmente se secaban así, se separaba, fundamentalmente el PE. Después se extraía esta fracción, se granseaba y se utilizaba como material de segunda calidad (bolsas de basura, bobinas eléctricas, etc.).

Otros fabricantes Europeos también suministran este tipo de proceso (Italia, Alemania y España), y se aplica en forma eficaz solamente a residuos relativamente limpios y de composición constante, fundamentalmente a residuos provenientes de embalajes o industriales, debido a que los costos de operación y más específicamente a los energéticos, son altos en función del grado de contaminación. Estos procesos son solamente rentables cuando el precio de la materia prima y sus demandas son altas.

Muchos gobiernos inclinaban sus basuras, sin previa separación pero el peligro que suponía la presencia de desperdicios peligrosos desde el punto de vista ambiental, exigía una clasificación previa, por lo que muchas veces se desechaba las mezclas de plásticos domésticos, lo que hizo incidir en la recuperación y reciclado de plásticos.

Actualmente existen tres procesos de reciclado a nivel industrial:

El primero, RHEO de origen Belga, que permite trabajar con mezclas de plásticos a partir de residuos relativamente limpios, en forma de gránulos, y transformarlos de nuevo mediante inyección o extrusión en productos acabados de baja calidad. El proceso es caro y su viabilidad a gran escala no está asegurada.

El segundo proceso, actualmente en funcionamiento en Alemania, es el RECYCLOPLAST se basa en la clasificación de los residuos plásticos en un extrusor especial, previa molienda y separación de las fracciones flexibles y rígidas de plástico. Después de la extrusión, el material fundido se moldea por compresión a altas presiones. No se puede utilizar PVC y sirve eficazmente para reciclar residuos industriales y comerciales de composición conocida y bien controlada. Es un proceso caro.

El tercer proceso desarrollado por la empresa LANKHORST, consiste en el uso de una máquina de moldeo capaz de producir con bajas presiones perfiles grandes y fuertes. Dos características esenciales de este proceso son: el mecanismo de alimentación forzada y la adición de un agente espumante a los residuos antes de la extrusión. Actualmente ADVANCED RECYCLING TECHNOLOGY (ART), está desarrollando una nueva máquina que no exige una preclasificación de los residuos, ni alimentación forzada o adición de aditivos a los residuos. Este proceso permite utilizar la mayoría de las mezclas de plásticos incluyendo PVC y PET incluso con un 40% de contaminación (aluminio, textiles, papel), y se conoce como proceso ET-1. Tiene un bajo costo de operación, moldes baratos, es fácil de fabricar, y permite su adaptación a las necesidades del mercado. Actualmente se encuentran en servicio más de veinte unidades distribuidas entre Europa y Estados Unidos de América.

El proceso ET-1 utiliza como material de partida residuos de plásticos urbanos e industriales. Por simple lavado se separan residuos orgánicos. Sin embargo, los residuos secos de plástico, cartón y madera, se pueden utilizar directamente.

Este proceso consta de una extrusora (extrusión adiabática) con un huecillo corto que gira a una velocidad relativamente alta, que permite el buen mezclado de los plásticos y evita la degradación de los mismos. El proceso es completamente automático

CAPITULO 5

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE RECICLADO DE DESECHOS PLASTICOS MUNICIPALES

5 PROPUESTA DE UN SISTEMA DE RECICLADO DE DESECHOS PLASTICOS MUNICIPALES.

Una vez establecidos los conocimientos teóricos del reciclaje se efectuó una propuesta de un sistema de recuperación de desechos plásticos municipales, siendo seleccionando específicamente para este estudio, el polietileno de alta densidad (PEAD) debido a que es el que más se produce y consume para empaque y envases.

La propuesta, incluye desde la recolección hasta la transformación de dicho material , así como la normalidad que impulse el reciclaje de éste y de los diferentes materiales plásticos.

La mayor parte, de las propuestas hechas aquí solo podrán efectuarse a largo plazo dado que se incluyen propuestas de programas de concientización ciudadana e implementación de normas referentes al tema, los cuales requieren de un lapso de tiempo mayor.

La evaluación efectuada en el capítulo 6 sólo considera el costo de adquisición de materia prima adquirido directamente a los recolectores. Puesto que el costo de un programa de concientización resulta demasiado complicado y retardado en sus efectos.

5.1 SISTEMA DE RECOLECCION.

En lo que se refiere al mejoramiento del sistema de recolección, tomando la experiencia de países más desarrollados, se propone la privatización del Servicio Urbano. Para lograr esto es necesario tomar en cuenta lo siguiente:

- I. Es importante seleccionar aquellas empresas que tengan experiencia en el manejo de los residuos sólidos, o en su caso empresas con solvencia, que en un momento determinado pueda el propio ayuntamiento capacitar.
- II. Otro punto importante a considerar es determinar si la legislación lo permite y en que condiciones lo permite. Como puede observarse en el capítulo 3.2.1 se transcribió el Reglamento Vigente de Servicio Público de Limpia en el que se establece lo siguiente:

1. Corresponde al Departamento, diseñar, construir y operar directamente o bajo régimen de concesión, estaciones de transferencia, plantas de tratamiento de residuos sólidos y sitios de disposición final. Haciendo énfasis en el caso de establecimientos mercantiles, industriales y similares cuyo volumen de residuos sólidos generados podrían ser superiores a 200 Kg., los propietarios, poseedores o administradores podrán convenir con la delegación correspondiente a la recolección y transporte de dichos residuos; en el supuesto de que no se convenga estos deberán sufragar los costos de recolección y transporte de los residuos sólidos a los lugares que determine la delegación respectiva.
2. Los usuarios deberán procurar separar los desechos sólidos en orgánicos e inorgánicos.

Con base en lo anterior se puede afirmar que es posible la privatización desde el punto de vista normativo, aplicando cada una de las disposiciones de manera obligatoria y aplicando sanciones más severas a quienes resulten responsables de las infracciones de dicho reglamento.

III. Asimismo deben de implementarse normas que establezcan el reuso, reciclaje y disposición final de los desechos de empaque y envase obtenidos apartir de los residuos sólidos municipales. Ya que actualmente no existen normas nacionales, se propone el establecimiento de normas que incluyan estos temas, las cuales deberían ser integradas en el reglamento del servicio público de limpia. A continuación se describen algunas de ellas:

1. Se debe establecer una norma en la que se den metas específicas y períodos para reducir al mínimo y/o recuperar desechos de empaque y envase. En dicha norma se señalará el porcentaje de reciclado así como su período correspondiente, por ejemplo: reciclar el 30% de los plásticos de desechos municipales en un período máximo de 5 años, el 60% en un plazo de 10 años y el 90% en 15 años.
2. Las empresas o comercios deberán ser responsables del reuso, reciclaje y disposición final de los desechos generados en sus operaciones. Ya sea de manera directa o a través de reprocesadores.
3. Con respecto a los grandes comercios y tiendas de autoservicio éstas deberán pagar mayor impuesto, el cual será destinado al mejoramiento del sistema de recolección.
4. Deberán establecerse mecanismos para devolver al fabricante lo que desecha el consumidor final. En este caso se propone colocar en los centros comerciales, tiendas de autoservicio, supermercados, así como en pequeños establecimientos contenedores en los cuales el consumidor deposite los envases

vacios; siendo cada empresa la responsable de recoger los mismos. Esta recolección puede efectuarse utilizando los mismos vehículos y personal con que realiza la distribución de los pedidos a los diferentes comercios. Evitando de esta manera un costo extra de recolección para la empresa.

5. También es importante instalar contenedores en vías públicas para la captación de desechos sólidos plásticos, estos deben ser colocados en lugares previamente señalados o seleccionados en base estudios realizados por las empresas productoras o captadoras de este desecho.
6. Deben colocarse contenedores metálicos de un color diferente al propuesto en la norma anterior — que sirva como depósito para envases que hayan contenido las siguientes sustancias: pinturas, aceite, solventes, pesticidas, grasas y cera para zapatos así como otros productos caseros de carácter tóxico.
7. Las empresas productoras de empaque y envase deberán ser obligadas a etiquetar estrictamente cada envase especificando el tipo de material del que está hecho y el sistema de retorno que debe emplearse, una vez que haya sido usado.
8. Para productos importados, generalmente será el importador y/o el distribuidor quien realice el reuso y reciclaje o disposición final de los desechos generados.
9. Debe proponerse que la mayoría de los envases sean retornables.
10. Debe asegurarse que las características de los envases permitan su reutilización o recuperación con un impacto ambiental mínimo.
11. Debe verificarse que los envases usados sean efectivamente reusados.
12. Debe constatar que el sistema de devolución de los envases sea equivalente a través de toda la comunidad.
13. El Departamento del Distrito Federal, debe establecer una norma que considere la cantidad de contenido de humedad que deberán contener los residuos comerciales, industriales, y domiciliarios, siendo este del 25%.

- 14 Se debe de prohibir la venta de todo empaque que no pueda ser reciclado, reusado o incinerado con recuperación de energía.
- 15 No será necesario aplicar las normas, 4 y 8, en caso de que se forme una corporación de reuso y reciclaje de desechos plásticos que tengan las siguientes funciones:
Recolectar los desechos de empaque y envase directamente de los hogares de los consumidores, instituciones y comercios, hasta la selección y preacondicionamiento de los mismos.
- 16 Para incrementar la demanda de productos elaborados con materia prima reciclada se restablecerá una norma que obligue a los empresarios a incluir en los productos terminados el 15% de materia prima reciclada; así como aquellas industrias o compañías consumidoras de que estos materiales tendrán que adquirir un porcentaje similar en los productos totales.
- 17 Debe existir una norma que establezca el uso domiciliario de botes o bolsas donde se deposite la basura, una de color amarillo para desechos húmedos de alimentos, azul para envases y empaques de plástico, llevando a cabo la recolección simultánea con camiones con dos compartimentos o la recolección en dos días diferentes.
- 18 El gobierno de cada estado y municipio promoverá los desarrollos tecnológicos relacionados con el reuso, reciclaje y disposición final de los desechos sólidos municipales.
- 19 Estas normas exceptúan a los residuos de envases de productos médicos, hospitalarios y de bancos de sangre; de ésta disposición, ya que todo producto y envase de esta aplicación está considerado dentro de los residuos peligrosos para los que ya existen normas.

5.2 PRIVATIZACIÓN DEL SERVICIO PUBLICO DE LIMPIA

Una alternativa para mejorar la recolección de desechos domésticos es el concecionamiento a particulares, para lograr esto debe existir la voluntad política de acabar con los vacíos, malas costumbre y políticas que durante largo tiempo han prevalecido en las áreas de limpia, y en adición, debe tenerse también la firme intención de mejorar y eficientar el servicio en la Comunidad.

La concesión se puede otorgar parcialmente, es decir la recolección o disposición final, ó totalmente, es decir ambas partes.

Dentro de los aspectos básicos que deberán observar los concesionarios para la recolección se encuentran los siguientes:

- 1) No se debe permitir la pepena durante la recolección, a fin de evitar los tiempos muertos.
- 2) No se debe permitir la descarga de vehículos medio llenos en el sitio de disposición final, equivale a pérdida económica. Todos los vehículos deberán ingresar llenos pero no extralimitados.
- 3) Se debe tener una supervisión constante del sector, ruta y choferes de cada concesionario y, en su caso, descontar el costo del mal servicio.
- 4) Se debe vigilar que el concesionario o su personal no realicen servicios subrepticios a comercios o industrias.
- 5) Se le debe exigir un mínimo de viajes predeterminado, así como el cumplimiento estricto de rutas y horarios.
- 6) Se debe exigir un servicio más riguroso en domingos y días festivos.
- 7) El concesionario deberá apoyar al ayuntamiento en eventos extraordinarios como desfiles e inclusive siniestros.
- 8) En el caso que el servicio de limpia sea cobrado al usuario, el concesionario tendrá la obligación de registrar ante la autoridad aquellos establecimientos comerciales e industriales que se encuentren en su sector, cuantificando los volúmenes o cantidades de residuos que estos generen, con la finalidad de facilitar esta actividad a la autoridad que concesionó el servicio.
- 9) El concesionario deberá estar capacitado para identificar aquellos residuos que puedan ser peligrosos o potencialmente peligrosos, así como los infecto contagiosos, para poder evitar su recolección conjuntamente con los residuos que no lo son.

- 10) El concesionario y/o la autoridad deberán evitar que los usuarios les entreguen residuos líquidos; en los casos de residuos comerciales e industriales se les puede permitir un máximo de 25 a 30 % de humedad de los mismos.
- 11) El concesionario deberá contar con sistema de radio comunicación con cada vehículo a fin de controlar fácilmente a sus operarios y brindar un servicio más eficaz.
- 12) El concesionario y la autoridad deberán establecer sistemas de comunicación prácticamente instantáneo para resolver cualquier problema de recolección.
- 13) Al concesionario debe limitársele el servicio lo más precisamente posible, por ejemplo debe señalársele si recolectará los residuos de parques y jardines, perros y animales muertos en la vía pública, etc. Así como si este tipo de actividades están dentro de su competencia.

La privatización del servicio de recolección presenta ventajas y desventajas. Dentro de las primeras tenemos que no es necesaria una inversión inicial de la localidad, se reducen los problemas laborales de la comunidad y pepenadores, no se tiene el problema de gasto corriente en la inversión para la adquisición de equipo.

Las principales desventajas son menor flexibilidad en el servicio, oposición del sindicato o los pepenadores y posible oposición ciudadana en el pago de una tarifa.

Analizando las ventajas y desventajas se concluye que la privatización del sistema de recolección se puede establecer a largo plazo.

5.3 TRATAMIENTO Y PROCESO DE RECICLADO DE DESECHOS PLÁSTICOS MUNICIPALES.

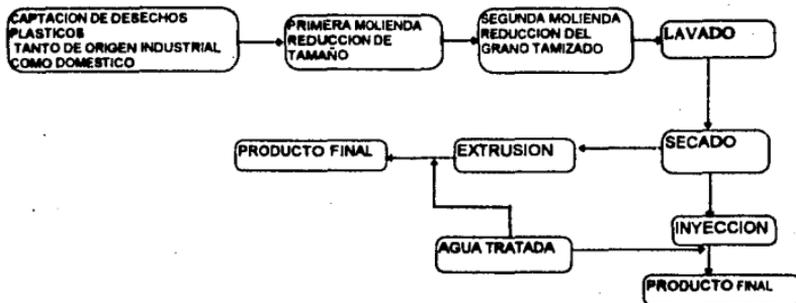
La última parte del un Sistema Integral de Recuperación de Desechos Plásticos es el proceso de reciclaje; el cual se describe a continuación.

En el diagrama presentado en la figura 5.1 se pueden apreciar las operaciones unitarias que se llevan a cabo en el proceso de reciclado de plásticos. El cual consiste de manera general de cuatro etapas que son

molienda, lavado, secado y moldeo (dependiendo de las características del producto final, este proceso se efectuará por extrusión o inyección del material plástico).

ETAPAS GENERALES DEL PROCESO DE RECICLADO

DIAGRAMA 5.1



Las características de los procesos comerciales de reciclaje de poliolefinas presentan variaciones en su tecnología, las principales diferencias se dan en los pasos del proceso de reciclaje y en el diseño del equipo, dependiendo de la forma física de la materia prima.

El principal objetivo de la reducción de tamaño de los materiales plásticos ("hojuelas") es para obtener una mayor limpieza de los mismos, así como facilitar su manipulación.

El proceso que a continuación se describe, es el que se utilizará para efectuar el estudio financiero, objetivo de este trabajo.

El proceso CPPR fue concebido, desarrollado y mejorado como resultado de los procesos de investigación en Center for Plastic Recycling Research (CPRR), establece que las condiciones para lograr una efectiva limpieza de las hojuelas plásticas se requiere un tiempo de lavado de aproximadamente 10 minutos a una temperatura de 62°C, empleando una solución detergente con una concentración al 5% en peso y una agitación mecánica a una velocidad de 3 hp/gal (5.9 KW/h).

La composición de la solución detergente varía dependiendo de la empresa que la emplee, pero generalmente puede ser descrita como una mezcla de componentes con superficie activa catiónica o aniónica acompañada por un constructor de alcalinidad inorgánico convencional.

Una vez completado el ciclo de lavado, la lechada es descargada a un tanque de lavado secundario usando una bomba centrífuga. Inmediatamente otro lote de hojuelas plásticas y solución detergente son descargados a un tanque de lavado primario.

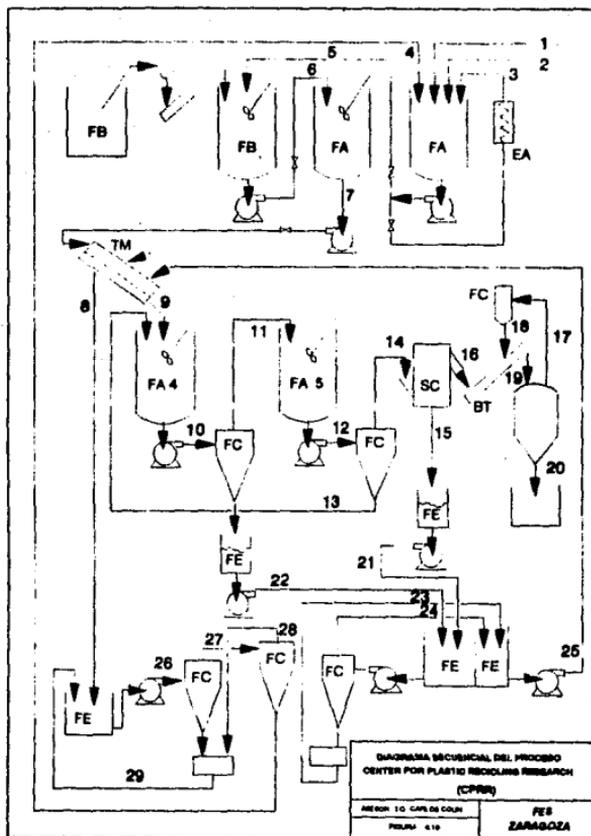
El ciclo de lavado es completado, descargando en un tanque de lavado secundario el remanente del primero, mediante una bomba centrífuga, el primer tanque de lavado vuelve a ser cargado inmediatamente con un lote de hojuelas y la solución detergente caliente.

El tanque de lavado secundario está provisto de un agitador para mantener las hojuelas en la corriente de proceso y separar de esta manera los contaminantes dispersos. Esta corriente es bombeada a una velocidad relativamente baja. La siguiente etapa del proceso consiste en un tamiz de cilindro rígido de 30 in (76 cm.) y 10 ft (3 m) de longitud. El tamiz apropiado debe ser de acero inoxidable dentro de un dedal largo con divisiones. El tamiz completo rota aproximadamente a 20 rpm. La malla de entrada y salida del tamiz debe ser del número 30, a través del cual pasará la solución líquida de lavado contaminado. La parte de salida del tamiz rotatorio es rociado con agua fresca sobre las escamas para eliminar los contaminantes aún presentes. El agua de enjuague es enviada al alcantarillado.

La solución de lavado contaminado, de la sección de entrada del tamiz rotatorio es recuperada en un tanque de agitación. Esta es bombeada a dos hidrociclones en serie. Las corrientes de salidas de domos y fondos de estos hidrociclones se pasan a través de un medio filtrante que retiene las partículas. Los fondos de la corriente de salida del segundo hidrociclón son regresados al tanque de solución de detergente en donde se le agrega más solución lavadora.

La corriente de salida de los domos rica en poliolefinas del primer hidrociclón es transportada al tanque secundario de lavado y de ahí es bombeada a la boquilla del segundo hidrociclón. La corriente de los domos rica en poliolefinas del segundo hidrociclón es descargada a la entrada del conducto del secador centrífugo. El agua de enjuague es recuperada de los fondos de ambos hidrociclones y del secador centrífugo. El sistema de recuperación de agua está también provisto de un sistema de filtración para separar contaminantes y resinas finas. La humedad es completamente eliminada con un secador de aire caliente a contracorriente, el cual es calentado eléctricamente. El aire húmedo es descargado del secador a través de un separador hidrociclónico para eliminar algunas partículas de material. En una planta comercial, el sistema de secado con aire caliente puede incluir típicamente medidas para recuperación de energía.

Generalmente el sistema de recuperación CPRR pueda producir únicamente hojuelas de resinas, porque este proceso sólo incluye manipulación y procesamiento de resinas poliolefinicas. sin embargo, los fabricantes prefieren comprar la materia prima pelletizada. sin embargo, la resina poliolefinica comercialmente recuperada en planta puede incluir el equipo de extrusión y pelletizado. El proceso CPRR se muestra en la figura 4.10.



CORRIENTES DE PROCESO

- 1. Agua de Alimentación para Lavado**
- 2. Detergente**
- 3. Corriente de Calentamiento**
- 4. Recirculación de Agua de Lavado**
- 5. Solución de Detergente Caliente**
- 6. Mezclas de Hojuelas Plásticas y Solución Detergente**
- 7. Salida del Tanque de Lavado No. 2**
- 8. Filtrado**
- 9. Hueles Plásticas**
- 15. Agua del Secador a Drenaje**
- 16. Partículas Plásticas Limpias**
- 20. Hojuelas de Poliolefina Recuperadas**
- 26. Agua de Lavado del Hidroclorión**
- 31. Alimentación de Agua de Enjuague**
- 32. Agua de Enjuague al Drenaje**
- 33. Aire**
- 34. Aire Caliente**
- 35. Línea a Drenaje**

LISTA DE EQUIPOS

FA1 Tanque de Mezclado y Calentamiento de la Solución Detergente

FA2 y FA3 Tanques de Lavado

FB Tanque de Almacenamiento de Hojuelas Plásticas

EA Intercambiador de Calor

TM Tamiz Rotatorio Inclinado

FA4 y FA5 Tanques de Lavado

FC Hidrociclón

SC Secador Giratorio

BT Banda Transportadora

FC1 Ciclón

FE Tanques Sedimentadores

FD Filtro de Gravedad

S Vertedero

CAPITULO 6

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE UN SISTEMA DE RECICLAJE DE DESECHOS PLASTICOS PROVENIENTES DE DESECHOS DOMESTICOS

PAGINA DUPLICADA

114

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE UN SISTEMA DE RECICLAJE DE DESECHOS PLÁSTICOS PROVENIENTES DE DESECHOS DOMÉSTICOS. (32,33,34)

Este capítulo está dedicado al estudio de la evaluación económica del proyecto propuesto en el capítulo anterior y se refiere a la secuencia de análisis para la sensibilidad del mismo, incluye la determinación de un lugar óptimo para la localización del proyecto y el tamaño más adecuado para este último, de acuerdo con las restricciones del medio; se conocerá y dominará el proceso de producción, así como todos los costos en que se incurrirá en la etapa productiva, además de que se habrá calculado la inversión necesaria para llevar a cabo la propuesta. En este momento surge el problema sobre el método de análisis que se empleará para comprobar la rentabilidad económica del proyecto.

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD. Se denomina análisis de sensibilidad al procedimiento por medio del cual se puede determinar como afecta (que tan sensible es) la Tasa Interna de Retorno (TIR) ante determinadas variables del proyecto.

El análisis de sensibilidad de un proyecto puede estar basado sólo en el mejor estimado para calcular la inversión requerida y el flujo de efectivo. El flujo de efectivo en un año puede estar afectado por cambios en los costos de materia prima y otros costos de operación y puede variar dependiendo del volumen y valor de las ventas. Un análisis de sensibilidad es un camino para examinar el efecto de un pronóstico incierto en la viabilidad de un proyecto.

El proyecto tiene una gran cantidad de variables, como son los costos totales, ingresos, volúmenes de producción, tasa y cantidad de financiamiento, etc. El análisis de sensibilidad no está encaminado a modificar cada una de las variables para observar los efectos sobre la TIR. De hecho, hay variables que al modificarse afectan automáticamente a las demás o su cambio puede ser compensado de inmediato.

La precisión de un estimado depende de la precisión de los datos disponibles y el tiempo de espera en la preparación de los estimados. En las etapas de un proyecto sólo se puede hacer un estimado que es justificado mediante la información disponible y desarrollada. La estimación de los costos de capital puede estar clasificada en tres tipos de acuerdo a su exactitud y propósito como se indica a continuación.

1. **ESTIMACION PRELIMINAR.-** Se efectúa con una precisión de $\pm 30\%$, la cual se emplea en estudios de factibilidad preliminares y deben hacerse elecciones basadas entre alternativas de diseño, éstos a están basados en datos limitados en costos y detalles de diseño.
2. **ESTIMACION BUDGETING.-** Su precisión es de aproximadamente $\pm 10-15\%$. Estos se emplean para la autorización para proceder con el diseño más detallado, en esta etapa se pueden hacer cancelaciones y algunas grandes entregas para evitar demora en el proyecto. En una organización de contratación este tipo de estimados puede ser usado con un amplio factor de contingencia.
3. **COTIZACION.-** Se aplica con una precisión de $\pm 5-10\%$ se emplea en el control de costos de un proyecto y para estimar precios de contrato. Estos se basan en un completo diseño del proceso, firmas de cotización de equipos, un detallado análisis y estimación de los costos de construcción.

Para llevar a cabo la determinación de la sensibilidad de las estimaciones de un proyecto debe seguirse un procedimiento general que tome encuente los siguientes pasos:

1. Determinar que factor (es) varía(n) más fácilmente del valor estimado.
2. Seleccionar el rango e incremento de variación probable para cada factor.
3. Seleccionar un método de evaluación , tal como, valor presente neto, tasa interna de retorno, que se usará para evaluar la sensibilidad de cada factor (y tiempo de recuperación del capital).
4. Calcular y hacer un gráfico de los resultados del método de evaluación seleccionado en el paso 3.

Para poder realizar la evaluación económica de un proyecto es necesario construir los estados financieros para formar el presupuesto de egresos e ingresos, el cual es llamado "Estado de Resultado Proforma". La finalidad del análisis de resultados o de pérdidas y ganancias es calcular la utilidad neta y los flujos netos del proyecto, que son, en forma general, el beneficio real de la operación de la planta y los impuestos que debe pagar. Se llama "Proforma" por que esto significa proyectado, lo que en realidad hace el evaluador.

Inversión Inicial. Comprende la adquisición de todos los activos fijos o tangibles y diferidos o intangibles necesarios para iniciar las operaciones de la empresa, con excepción del capital de trabajo.

Se entiende por activo tangible (que se puede tocar) o fijo los bienes propiedad de la empresa, tales como terreno, edificios, maquinaria, equipo, mobiliario, vehículos de transporte, herramientas y otros. Se le llama fijo porque la empresa no puede desprenderse fácilmente de él sin que con ello ocasione problemas a sus actividades productivas.

Se entiende por activo intangible el conjunto de bienes propiedad de la empresa necesarios para su funcionamiento, y que incluyen: patentes de invención, marcas, diseños comerciales o industriales, nombres comerciales, asistencia técnica o transferencia de tecnología, gastos preoperativos y de instalación y puesta en marcha, contratos de servicios (como luz, teléfono, telex, agua, corriente trifásica y servicios notariales), estudios que tiendan mejorar en el presente o en el futuro el funcionamiento de la empresa, como estudios administrativos o de ingeniería, estudios de evaluación, capacitación de personal dentro y fuera de la empresa.

En el caso del costo de terreno éste debe incluir: el precio de compra del lote, las comisiones a agentes, honorarios y gastos notariales, y aún el costo de demolición de estructuras existentes que no se necesiten para los fines que se pretende dar al terreno. En el caso del costo de equipo y la maquinaria, debe verificarse si este incluye fletes, instalación y puesta en marcha.

En la evaluación de proyectos se acostumbra presentar la lista de todos los activos tangibles e intangibles, anotando que se incluye en cada uno de ellos.

Depreciación y amortización. El término depreciación tiene exactamente la misma connotación que amortización, el primero sólo se aplica al activo fijo, ya que con el uso, en el tiempo estos bienes valen menos; es decir se deprecian; en cambio, la amortización sólo se aplica a los activos diferidos o intangibles, esto quiere decir que con el uso del tiempo no baja de precio o se deprecia, por lo que el término amortización significa el cargo anual que se hace para recuperar esa inversión. Estos cargos deberán basarse en la Ley del Impuesto Sobre la Renta.

Capital de Trabajo. Desde el punto de vista contable, el capital de trabajo se define como la diferencia aritmética entre el activo circulante y el pasivo circulante. Desde el punto de vista práctico esta representado por el capital adicional (distinto de la inversión en el activo fijo y diferido) con que hay que contar para que empiece a funcionar una empresa; se debe de contar con una cantidad en efectivo para sufragar los gastos diarios de la empresa. Todo esto constituirá el activo circulante. Pero así como hay

que invertir en estos rubros, también se puede obtener crédito a corto plazo en conceptos tales como impuestos y algunos servicios y proveedores, y esto es llamado pasivo circulante.

Aunque el capital de trabajo es también una inversión inicial, tiene una diferencia fundamental con respecto a la inversión en activo fijo y diferido, y tal diferencia radica en su naturaleza circulante. Esto implica que mientras la inversión fija y la diferida pueden recuperarse por la vía fiscal, mediante la depreciación y amortización, la inversión en el capital de trabajo no puede recuperarse por este medio, ya que se supone que, dada sus naturaleza, la empresa puede resarcirse de él en muy corto plazo.

Caja y Bancos. Es el dinero, ya sea en efectivo o en documento (cheques), con que debe contar la empresa para realizar sus operaciones cotidianas. Una empresa puede tener básicamente tres motivos para contar con cierta cantidad de dinero en efectivo. El primero de ellos es la necesidad de realizar sus negocios y operaciones en forma cotidiana (gastos de reparto, viáticos, representaciones, etc.). El segundo es la preocupación para contrarrestar posibles contingencias. El tercer motivo es aprovechar ofertas de materias primas en el mercado u obtener descuentos por pagos adelantados.

Inventarios. Los tipos de inventario que existen son: inventario de materia prima, de producto en proceso y de producto terminado. Son aquellos materiales que de hecho entran y forman parte del producto terminado.

Cuentas por Cobrar. Este rubro se refiere a que cuando una empresa inicia sus operaciones, normalmente dará a crédito en la venta de sus primeros productos. Las cuentas por cobrar calculan cuál es la inversión necesaria como consecuencia de vender a crédito, lo cual depende por supuesto, de las condiciones del crédito, es decir, del periodo promedio de tiempo en que la empresa recupere el crédito. La fórmula contable es la siguiente:

$$C * C = \text{Cuentas por cobrar} = (\text{N\$ ventas anuales}/365) * \text{p.p.r.}$$

donde p.p.r. = período promedio de recuperación.

Pasivo Circulante. Así como es necesario invertir en activo circulante, también es posible que cierta parte de esta cantidad pueda pedirse prestada; es decir, independientemente de que se puede quedar a deber ciertos servicios, proveedores o pagos, también puede financiarse parcialmente la operación. A esto también se le conoce como saldo de proveedores.

Valor Presente Neto. Es el valor monetario que resulta de restar la suma de los flujos descontados a la inversión inicial. Su mayor utilidad es que permite obtener los flujos netos de efectivo (FNE), y que estos sirven para realizar la evaluación económica.

Cuando se hacen cálculos de pasar, en forma equivalente, dinero del presente al futuro, se utiliza una "i" de interés o de crecimiento del dinero. Sumar los flujos descontados en el presente y restar la inversión inicial equivale a comparar todas las ganancias esperadas contra todos los desembolsos necesarios para producir esas ganancias, en términos de su valor equivalente en este momento o tiempo cero.

Por otro lado, si el resultado es $VPN > 0$, sin importar cuánto supere a cero ese valor, esto sólo implica una ganancia extra después de ganar la Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento (TMAR) aplicada a lo largo del período considerado. El cálculo del VPN para n periodos capitalizables es el siguiente:

$$VPN = -P + \left(\frac{F_1}{(1+i)^1} \right) + \left(\frac{F_2}{(1+i)^2} \right) + \left(\frac{F_3}{(1+i)^3} \right) + \left(\frac{F_4}{(1+i)^4} \right) + \dots + \left(\frac{F_n}{(1+i)^n} \right)$$

Tasa Interna de Rendimiento. Se le conoce también como el método de inversionista, método del flujo de efectivo descontado, método de ingresos contra desembolsos e Índice de rentabilidad.

En el método de la TIR los flujos de efectivo positivos y negativos de un proyecto se relacionan por medio de una tasa de interés o de rendimiento, conociéndose ésta como la tasa interna de rendimiento.

Para un conjunto de condiciones mostrado o para cualquier conjunto de relaciones de desembolsos-ingresos, es evidente que existe una tasa de rendimiento (utilidad) que convertirá exactamente a cero el valor de la inversión al final del periodo de tiempo propuesto.

Considerando los desembolsos como flujo de efectivo negativo y los ingresos como positivos. La tasa de interés o de utilidad calculada "i", que cumple esta condición es la tasa interna de rendimiento.

Se llama tasa interna de rendimiento, porque supone que el dinero que se gana año con año se reinvierte en su totalidad. Es decir, se trata de la tasa de rendimiento generada en su totalidad en el interior de la empresa por medio de la reinversión.

Para el cálculo del Valor Presente Neto, así como para la Tasa Interna de Retorno debe de tomarse en cuenta la siguiente consideración: se sabe que el dinero disminuye su valor real con el paso del tiempo, a una tasa aproximadamente igual al nivel de inflación vigente. Esto implica que el método empleado deberá tomar en cuenta este cambio de valor real del dinero a través del tiempo.

La cantidad que se invierte de dinero en una empresa, al iniciar el periodo de estudio o tiempo cero (P), esta cantidad después de cierto tiempo de estar invertida en ella deberá generar una ganancia a cierto porcentaje de la inversión inicial P. Si de momento se le llama "i" a esa tasa de ganancia y "n" al número de periodos de tiempo en que ese dinero gana la tasa de interés "i", "n" sería entonces el número de periodos capitalizables.

En el primer periodo de capitalización (n=1), generalmente un año, denominando F (futuro) a la cantidad acumulada en ese futuro:

$$F_1 = P + Pi = P(1+i) = P(1+i)^1$$

En el periodo n = 2, la cantidad acumulada hacia el fin de año sin retirar la primer ganancia Pi sería la cantidad acumulada en el primer período (P + Pi), más esa misma cantidad multiplicada por el interés que se gana por período:

$$F_2 = P + Pi + (P + Pi)i = P + Pi + Pi + Pi^2 = P(1+2i+i^2) = F_1 + P(1+i)^2$$

Siguiendo el mismo razonamiento para encontrar F₁ y F₂ (sin que hayan retirado los intereses) la cantidad acumulada en el futuro, después de n periodos de capitalización, puede expresarse como:

$$F_n = P(1+i)^n$$

Las comparaciones de dinero en el tiempo deben de hacerse en términos del valor adquisitivo real o de su equivalencia en distintos momentos, no con base a su valor nominal.

Tiempo de Recuperación del Capital (Pay Back). Cuando la suma de flujos netos de efectivo llega al mismo nivel de la inversión se dice que estamos en Pay Back.

Con base a los conceptos mencionados anteriormente se procedió a desarrollar el análisis financiero del presente estudio indicando las consideraciones realizadas para cada punto.

6.2 INVERSION.

En esta sección se consideraron el costo del equipo, el mobiliario y equipo de oficina así como el costo del terreno en el que se ubicará la planta recuperadora, este último asciende a 270 mil nuevos pesos, correspondiendo a un área total de 4 500 m², a razón de manera estimada de 60 N\$/m². La ubicación del mismo podría ser de manera tentativa en la delegación Iztapalapa o en el Estado de México, en las cercanías de los tiraderos de basura de Santa Catarina.

Se asume también que el capital social es aportado por inversionistas privados, evitando así el pago de intereses por crédito bancario.

6.3 MAQUINARIA Y EQUIPO^(89,42)

La evaluación del costo de los equipos se basa en el uso de ecuaciones de correlación en las que se consideran las principales variables de diseño para cada uno de los equipos, se considera además un factor de corrección por tipo de material de construcción ya que este influye de manera importante en el costo del equipo, este valor va de un rango de 1.2 a 3.

Estos costos consideran una carga extra por ser precios de compra f.o.b (L.A.B libre a bordo, quiere decir que el proveedor cubre los costos de envío, inspección y otros); los datos son tomados del Instituto Français du Pétroleum y están actualizados con los índices de costos de Chemical Engineering Magazine.

En el cuadro 6.1 y 6.2 se muestran los costos del equipo empleado en el proceso propuesto en este trabajo, empleando las consideraciones ya señaladas así como el costo de mobiliario y equipo de oficina, respectivamente.

6.4 DEPRECIACION Y AMORTIZACION

El método utilizado para calcular la depreciación en este estudio fue el de la línea recta (LR). El nombre de este método se deriva del hecho de que el valor en libros del activo disminuye linealmente con el tiempo, porque cada año se tiene el mismo costo de depreciación.

Cuadro 8.1

COSTO DE MAQUINARIA Y EQUIPO (Miles de Nuevos Pesos)

EQUIPO	NÚMERO EQUIPOS	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
TRANSPORTADORA NEUMÁTICA	1	80,18	80,18
MOLINO DE MARTILLOS	1	0,85	0,85
SABCUA	1	0,18	0,18
RECIPIENTE VERTICAL	10	18,00	180,00
MONTACARGAS	1	108,94	108,94
SECADOR (CALENTADO POR AIRE)	1	1,32	1,32
BOMBA	10	0,94	9,38
INTERCAMBIADOR DE CALOR DE TUBOS Y CORAZA	1	11,38	11,38
CIOLON	8	24,82	147,74
FILTRO DE VACIO	2	10,44	20,87
CONTINUO ROTATORIO			
EXTRUSORA	1	270,00	270,00
MOLDE EN ACERO	1	38,57	38,57
CALDERA	1	2,52	2,52
EQUIPO DE TRANSPORTE	1	171,43	171,43
TOTAL	38	733,34	1.010,33

1/ La paridad del peso contra el dólar en este cuadro es de 6 N8.

Cuadro 6.2

INVERSIÓN REQUERIDA EN MOBILIARIO Y EQUIPO DE OFICINA
 (Miles de Nuevos Pesos)

DESCRIPCIÓN DE LOS BIENES	PRIMERO COSTO ESTIMADO	DEPRECIACIÓN ESTIMADA	VALOR RESIDUAL ESTIMADO
ESCUEPO GRANDE	2,00	2	4
ESCUEPO CHICO	1,50	3	3
ESCUEPO SECRETARIAL	1,50	1	2
MÁQUINA DE SCRIBA (ELECTRICA)	0,50	1	1
SELLOS	0,50	3	4
SELLO	0,20	12	2
ARCHIVO	0,70	3	2
LIBRETO	1,20	1	1
GRUPO DE COMPUTO	10,00	1	10
OTRO MOBIL Y EQ. DE OFICINA			40
TOTAL	17,0	20	66,7

La depreciación anual se determina dividiendo el primer costo del activo menos su valor de salvamento por la vida útil del activo, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$D = (P - VS) / n$$

donde:

- D = Depreciación Anual
- P = Primer Costo del Activo
- Vs = Valor de Salvamento del Activo
- n = Vida depreciable del Activo

El primer costo (P) incluye el precio de compra, el transporte, instalación y otros costos relacionados con el equipo. El valor de salvamento es un valor neto realizable después de haber restado cualquier costo de desmantelamiento y remoción del valor monetario actual.

El valor en libros o valor de salvamento, es el valor de una propiedad de acuerdo a los registros contables de una compañía. Por lo general, su significado se toma como el costo original de la propiedad menos las cantidades que se le hayan cargado como gasto por depreciación.

Dado que el activo se deprecia en la misma cantidad cada año, el valor en libros después de m años de servicio (VLm) sería igual al primer costo del activo menos los tiempos anuales de depreciación m. De esta manera se tiene:

$$VL_m = P - mD$$

En el cuadro 6.3 se indican cuales serán los cargos anuales por depreciación tangibles y amortización de activos intangibles. Los porcentajes aplicables se apegan estrictamente a lo que dicta la Ley del Impuesto Sobre la Renta en sus artículos, 43, 44 y 45 en el año de 1986, teniendo en cuenta las reformas y adiciones hechas a la misma. En la columna del extremo derecho se observa el valor de salvamento fiscal o valor en libros que tendrían los activos al finalizar el décimo año.

Cuadro 6.3

DEPRECIACION Y AMORTIZACION

CATEGORIA	PRIMER COSTO (Miles de \$)	TASA DE DEPRECIACION ANUAL (Año)	TASA DE AMORTIZACION ANUAL (%)	VALOR EN LIBROS AL FINAL DEL PERIODO (Miles de \$)	VALOR DE SALVAMENTO FISCAL AL FINAL DEL PERIODO (Miles de \$)
MAQUINARIA Y EQUIPO	1,070	10	10	108	0
EQUIPO DE TRANSPORTE	200	5	20	40	0
EQUIPO DE COMPUTO	10	4	25	3	0
EDIFICIOS	200	20	5	10	100
TOTAL				160	100

6.5 SUELDOS Y SALARIOS

Los sueldos y salarios propuestos en este estudio para cada puesto, son los vigentes, con respecto a lo que pública la Secretaría del Trabajo.

La carga social calculada para cada uno de ellos se realizó con base a lo estipulado en la Ley Federal del Trabajo y la Ley del IMSS. En los cuales se menciona lo siguiente: el SAR corresponde al 2%, el INFONAVIT representa el 5% y el seguro corresponde al 16.75 % del salario integrado. El aguinaldo reportado equivale a 15 días de sueldo y la prima vacacional representa el 25% de seis días de salario. Los cuadros correspondientes son los 6.4 y 6.5.

En el anexo B D.2 se ilustra el organigrama propuesto para ésta empresa.

6.6 MATERIA PRIMA.⁽³⁵⁾

En el presente análisis el abasto de materia prima (polietileno alta densidad, PEAD) será cubierto mediante los desechos domésticos generados y recolectados por las rutas no.1 y 2 del sector 5 perteneciente a la delegación Venustiano Carranza, en cada una de las cuales se genera un volumen de 6 ton/día, con un contenido de desechos plásticos de 5%, encontrándose dentro de estos últimos que el polietileno alta densidad y el polietilentereftalato (PET) representan el 14.5 % y 1.2%, respectivamente.

VOLUMEN DE DSM RECOLECTADO (Kg.) diarios	DESECHOS PLASTICOS (%)	VOLUMEN DE PLASTICO RECUPERADO (Kg.) diarios
6 000	5% (14.5 PEAD) (1.2 PET)	43.5 3.6

FUENTE: INFORMACION DIRECTA RECOPIADA EN UN RECORRIDO POR LA ZONA Y DATOS
PROPORCIONADOS POR EL DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL. DEL V. CARRANZA

Cuadro 6.4

FABRICA RECICLADORA DE PLASTICOS
CARGA SOCIAL
PERSONAL ADMINISTRATIVO
(Miles de Nuevos Pesos)

POSTO	No.	SUELDO MENSUAL POR EMPLEADO	PREVIDO TOTAL POR MES	IMPORTE %	PREVIDO %						
GERENTE GENERAL	1	8.00	8.00	0.13	0.31	1.05	2.08	0.30	4.75	10.75	76.75
CONTADOR	1	5.00	5.00	0.10	0.28	0.88	2.47	0.25	3.75	8.75	63.75
SECRETARIA	1	1.50	1.50	0.03	0.08	0.28	0.74	0.07	1.12	2.82	18.12
CHOFER	1	1.20	1.20	0.03	0.08	0.21	0.58	0.08	0.80	2.10	15.30
MOZO	3	0.80	2.40	0.05	0.13	0.42	1.18	0.12	1.80	4.20	30.80
PERSONAL DE LIMPIEZA	1	0.80	0.80	0.02	0.04	0.14	0.38	0.04	0.60	1.40	10.20
GERENTE DE VENTAS	1	5.00	5.00	0.10	0.28	0.88	2.47	0.25	3.75	8.75	63.75
TOTAL	8	26.30	21.80	0.46	1.14	3.83	10.81	1.88	16.88	38.88	279.46

1/ Se considera anualments.

Cuadro 6.5

FABRICA RECICLADORA DE PLASTICOS
CARGA SOCIAL
PERSONAL OPERATIVO
(Miles de Nuevos Pesos)

PUESTO	No.	RENTAS	CARGAS	IMP.	RENTAS	RENTAS	RENTAS	RENTAS	RENTAS	RENTAS	RENTAS
		ANUAL POR EMPLEADO	TOTAL POR MES	%	%	%	%	%	%	%	%
INGENIERO DE PROCESO	1	3.50	3.50	0.07	0.18	0.61	1.73	0.17	2.77	6.27	44.77
AUXILIAR TECNICO	1	1.00	1.00	0.02	0.05	0.16	0.46	0.05	0.79	1.79	12.79
OBREROS	5	0.80	4.00	0.09	0.24	0.79	2.22	0.22	3.58	8.06	57.96
TOTAL	7	5.30	8.50	0.19	0.47	1.56	4.41	0.44	7.12	16.12	116.12

1/ Se considera en su totalidad.

Considerando lo anteriormente expuesto se calculo una capacidad instalada de 9,548 tarimas anuales, iniciando la producción con un aprovechamiento de la misma del 60% el cual irá aumentando gradualmente hasta alcanzar un 90% de aprovechamiento en el año 10. El desglose del pronóstico de producción se muestra en la memoria de cálculo presente en el anexo de este trabajo.

Para la evaluación de este pronóstico de producción se empleo el diagrama de bloques (diagrama No 6.1) en el cual se indican las eficiencias para cada etapa del proceso propuesto.

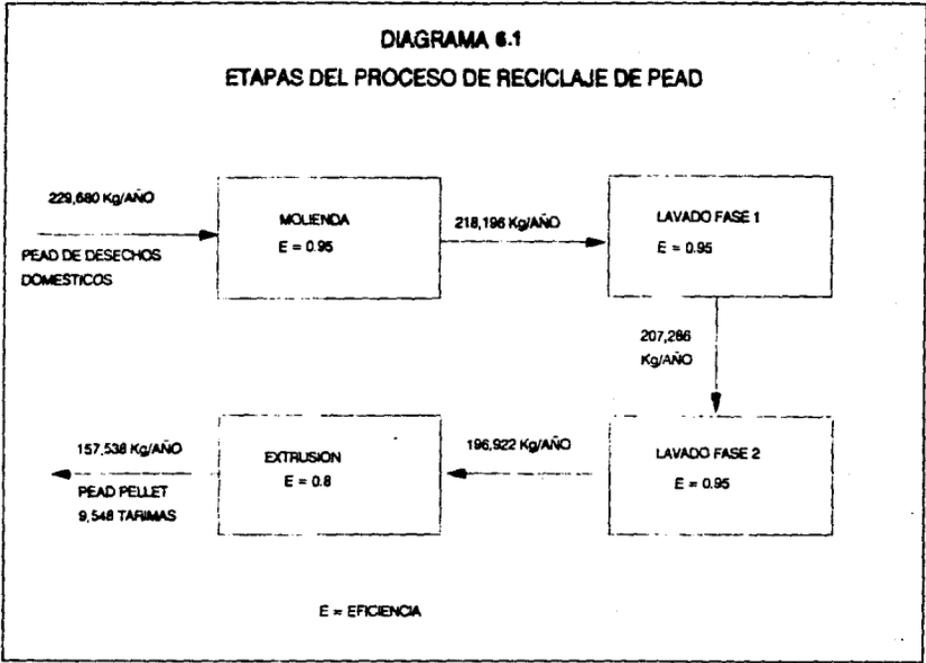
El costo de polietileno recolectado, incluyendo el transporte, es de 0.45 N\$/Kg., según datos proporcionados por el Departamento del Distrito Federal.

En virtud de que el producto elaborado apartir de esta materia prima serían tarimas plásticas, las cuales se emplean en las zonas de carga y descarga de cualquier industria, se propone para este estudio que presenten las especificaciones más comunes en el mercado, las cuales se indican a continuación.

CONCEPTO	ESPECIFICACION 1/
MATERIAL	PEAD 100% RECICLADO
COLOR	GRIS
DIMENSIONES (cm.)	124 X 103 X 15.2
CAPACIDAD DE CARGA (Kg.)	DINAMICA 980 ESTATICA 8,000 EN RACKS 980
FABRICADO DE UNA PIEZA	SI
COSTO L.A.B. (N\$) + IVA	185
PESO (Kg)	18.5
OTRAS ESPECIFICACIONES.	CON ENTRADAS PARA MONTACARGAS POR LOS CUATRO LADOS Y/O PATINES.

1/ LAS DIMENSIONES Y CAPACIDADES DE CARGA PODRAN PRESENTAR VARIACIONES DE ACUERDO A LAS ESPECIFICACIONES DEL CLIENTE.

DIAGRAMA 6.1
ETAPAS DEL PROCESO DE RECICLAJE DE PEAD



Otra materia prima de importancia es el detergente aniónico, empleado en la sección de lavado a una concentración del 5% en peso, para este caso se considera será adquirido a la empresa Protec & Gambler, éste consiste esencialmente de Dodecilbencensulfonato de Sodio. El costo estimado es de 7 N\$/Kg.

6.7 SERVICIOS AUXILIARES. (27,38)

DIESEL. El diesel que se consume es sólo el necesario para hacer operar la caldera que proporcionará vapor al tanque de lavado primario y a los intercambiadores de calor por lo que el volumen requerido se determino en función de éstos.

AGUA. Se refiere al agua consumida para enfriamiento así como para etapa de lavado del proceso.

ENERGIA ELECTRICA. La requerida para el funcionamiento de los equipos eléctricos.

En el anexo 8 D. 1.2 se indican las consideraciones hechas para la evaluación de éstos.

6.8 GASTOS DE ADMINISTRACION Y VENTAS

Los gastos de administración incluyen: los sueldos pagados al personal de esta área, así como, gastos de oficina en general. A lo que se refiere a los gastos de venta, éstos consideran: gastos por publicidad, el estudio de la estratificación del mercado, así como investigación y desarrollo de nuevos productos. Los costos de administración y ventas se evaluaron como el 10% y 5% de las ventas netas respectivamente.

6.9 CAPITAL DE TRABAJO

Los inventarios propuestos en el cálculo del capital de trabajo son de 15 días de materia prima y 15 días de producto terminado, dado que el proceso es por lotes no se consideran inventarios en proceso. El saldo de clientes que se maneja es el común en las empresas que están operando actualmente, es decir los pagos serán de 50% con el pedido y 50% contra entrega, siendo este último de 10 a 30 días apartir del primer pago dependiendo del volumen de compra. El saldo a proveedores utilizado en los cálculos del cambio de capital de trabajo equivale a 15 días de materia prima.

Cuadro 6.6

ESTADO DE RESULTADO A PESOS CONSTANTES DEL MES DE ENERO DE 1986
(Miles de Nuevos Pesos)

CONCEPTO	1985	1986	1987	1988	1989	2000	2001	2002	2003	2004
VENTAS NETAS	1,146	1,174	1,220	1,277	1,335	1,362	1,401	1,547	1,633	1,719
COSTO DE VENTAS	641	647	657	664	675	687	702	720	740	760
* COSTOS FIJOS	443	443	443	443	443	443	443	443	443	443
MANO DE OBRA	279	279	279	279	279	279	279	279	279	279
DEPRECIACION Y/O AMORTIZACION	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161
OTROS (TELEFONO, PREDIO, SEGURO)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
*COSTOS VARIABLES	198	204	214	220	232	244	258	277	297	317
MATERIA PRIMA	158	162	169	177	185	193	202	214	228	238
SERVICIOS AUXILIARES	4	4	5							
COMBUSTIBLE (DIESEL)	4	4	5	5	5	5	6	6	6	7
AGUA	5	5	6	6	6	6	7	7	7	8
ENERGIA ELECTRICA	2	2	2	3	3	3	4	4	5	5
OTROS (GASOLINA DE CAMIONES DE TRANS.)	23	25	26	30	33	37	40	46	53	59
UTILIDAD BRUTA	505	527	563	614	659	705	759	826	892	959
GASTOS	1,425	176	183	192	200	209	219	232	245	258
ADMINISTRACION	58	117	122	128	133	139	146	155	163	172
VENTAS	57	59	61	64	67	70	73	77	82	86
INSTALACION Y ARRANQUE	1,310									
UTILIDAD DE OPERACION	-820	351	380	422	459	496	540	594	648	701
ISR (35 % U BRUTA)		123	133	148	161	174	189	208	227	245
PTU (10% U B)		35	38	42	46	50	54	59	65	70
UTILIDAD NETA	-820	688	681	612	666	719	783	862	939	1,016

Cuadro 6.7
CAPITAL DE TRABAJO A PESOS CONSTANTES DEL MES DE ENERO DE 1995
 (Miles de Nuevos Pesos)

CONCEPTO	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
INSTRUMENTOS	89	91	93	95	97	72	70	69	64	60
DÍAS CUENTA	52	53	55	56	57	63	65	70	74	78
PROVEEDORES	7	7	8	8	8	9	9	10	10	11
CAPITAL DE TRABAJO	104	107	111	110	121	127	133	141	148	159
CAMBIO DEL CAPITAL DE TRABAJO		3	4	5	5	6	6	8	8	9

6.10 VALOR PRESENTE NETO Y TASA INTERNA DE RENDIMIENTO (TIR)

Existen dos formas básicas de calcular el valor presente neto (VPN) y la tasa interna de retorno (TIR), considerando los flujos netos de efectivo (FNE) a pesos constantes a lo largo del horizonte de planeación, y considerando los efectos inflacionarios sobre los flujos netos de efectivo de cada año.

Es evidente que un cálculo del valor presente neto (VPN) y de la tasa interna de rendimiento (TIR) con flujos netos de efectivo (FNE) constantes, y con flujos netos de efectivo (FNE) inflados hará variar en gran medida el valor de los mismos.

La primera consideración importante para la evaluación es que la inversión que se toma en cuenta para calcular la TIR es sólo la inversión en activos fijos. La inversión en capital de trabajo no se toma en cuenta, debido a la propia naturaleza líquida de estos activos.

En este estudio se analizará en primera instancia el cálculo del valor presente neto y de la tasa interna de retorno, considerando los flujos netos de efectivo (FNE) a lo largo del horizonte de planeación a pesos constantes de 1995. Su cálculo se detalla a continuación:

Datos:

1. Inversión inicial es $P = 1,875$ miles de N\$, la cual se muestra en el cuadro 6.8.

2. Los valores de depreciación se presentan en el cuadro 6.3, en el cual se señala un valor de salvamento (VS) de 100 mil nuevos pesos.
3. Los valores de utilidad neta se muestran en el cuadro 6.6 y el cambio de capital obtenido se presenta en el cuadro 6.7.
4. El flujo neto de efectivo (FNE) del primer año se señala en el cuadro 6.8, así como los flujos netos de efectivos de años subsecuentes para el período de planeación. Donde $F_1 = 672$ miles de nuevos pesos. Como el cálculo es a pesos constantes los flujos de efectivos se ven modificados por el incremento en la capacidad de producción, el cual provoca un incremento en las ventas, así como, en el consumo de materias primas y servicios auxiliares.
5. Periodos capitalizables considerados, $n = 10$, incluyendo el año cero.

Según la definición del valor presente neto (VPN) y de la tasa interna de retorno (TIR), sus cálculos se pueden expresar por las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} \text{VPN} = & -P + ((F_1/(1+i)^1) + (F_2/(1+i)^2) + (F_3/(1+i)^3) + (F_4/(1+i)^4) + (F_5/(1+i)^5) \\ & + (F_6/(1+i)^6) + (F_7/(1+i)^7) + (F_8/(1+i)^8) + (F_9/(1+i)^9)) \end{aligned}$$

donde:

- P = Inversión Inicial
- F_i = Flujo Neto de Efectivo del período "i"
- i = Costo de Capital
- n = Número de Periodos Capitalizables

Se realizó el cálculo del valor presente neto (VPN) utilizando dos valores diferentes de costo de capital (i), siendo éstos los siguientes: 15 y 20% respectivamente.

Cuadro 6.8

FLUJO DE EFECTIVO A PESOS CONSTANTES DEL MES DE ENERO DE 1993
(Miles de Nuevos Pesos)

	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
INGRESOS	-781	676	712	773	827	880	944	1,023	1,100	1,177		
UTILIDAD NETA	-821	668	681	612	656	719	793	882	969	1,016		
DEPRECIACION	160	168	169	166	160	160	160	160	160	160		
BONIFICACION	1,676	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
IMPUESTOS	1,676	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
CAMBIO DEL CAP. DE TRABAJO	0	3	4	5	5	6	6	6	6	6		
FLUJO DE EFECTIVO	-666	673	716	778	836	895	966	1,050	1,136	1,186		
FLUJO AJUSTADO	-666	-1,983	-1,967	-666	363	1,560	2,189	2,929	4,337	6,261		

Para efectuar el cálculo de la tasa interna de retorno (TIR) se partió de la ecuación anterior, considerando un VPN = 0, despejando el valor de la inversión inicial, quedando de la siguiente forma:

$$P = (F_1/(1+i)^1) + (F_2/(1+i)^2) + (F_3/(1+i)^3) + (F_4/(1+i)^4) + (F_5/(1+i)^5) + (F_6/(1+i)^6) + (F_7/(1+i)^7) + (F_8/(1+i)^8) + (F_9/(1+i)^9)$$

Para el cálculo del valor presente neto (VPN) y la tasa interna de retorno a pesos corrientes, se parte de los mismos flujos netos de efectivos obtenidos en el cuadro 6.8, los cuales son afectados por un factor de inflación, dando como resultado los nuevos flujos de efectivos que se indican en el cuadro 6.9.

Cuadro 6.9

FLUJO DE EFECTIVO A PESOS CORRIENTES
(Miles de Nuevos Pesos)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	
INGRESOS	-701	676	712	772	827	860	844	1.023	1.100	1.177
UTILIDAD NETA	-401	380	381	412	458	719	703	880	980	1.016
DEPRECIACION	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
GANANCIAS	1.876	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PERDIDAS	1.876	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMBIO DEL CAP. DE TRABAJO	0	3	4	5	5	0	0	0	0	0
FLUJO DE EFECTIVO	-2.608	672	716	779	832	860	880	1.000	1.100	1.185
NPV	25.526	26.005	45.809	49.487	99.285	54.423	59.049	69.013	73.234	82.288
FACTOR DE DEFLACION	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
FLUJO DE EFECTIVO	-2.608	720	944	1.220	1.000	3.207	3.900	11.000	26.000	65.118
FLUJO ACUMULADO	-2.608	-1.887	-883	206	2.016	5.720	11.611	26.671	49.900	116.000

Los correspondientes valores obtenidos tanto para el valor presente neto como para la tasa interna de retorno, se presentan en el cuadro 6.10.

Cuadro 6.10

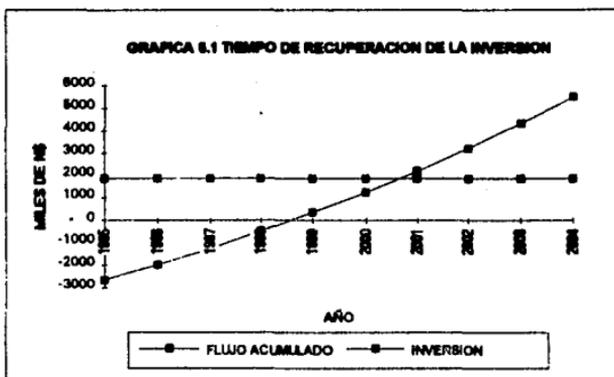
CUADRO RESUMEN CON VARIACION EN EL COSTO DE CAPITAL

Costo de Capital (%)	Valor Presente Neto		Tasa Interna de Retorno	
	A Pesos Constantes (Miles de Nuevos Pesos)	A Pesos Corrientes	A Pesos Constantes (%)	A Pesos Corrientes (%)
20	1.485	26.755	30,95	87,14
15	1.851	37.052	30,95	87,14

6.11 TIEMPO DE RECUPERACION DEL CAPITAL (PAY BACK)

Para la elaboración de la gráfica del tiempo de recuperación de la inversión se utilizaron los flujos netos de efectivo acumulados a pesos constantes (cuadro 6.8), dando como resultado la gráfica 6.1. En la cual se observa que el tiempo de recuperación de la inversión de este estudio será un poco más allá del quinto año de nuestro horizonte de planeación.

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
FLUJO A	-2636	-1963	-1247	-469	363	1248	2198	3229	4337	5621
INVERSI	1875	1875	1875	1875	1875	1875	1875	1875	1875	1875



CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Ante los altos volúmenes de desechos plásticos en la basura doméstica, generada en el área metropolitana, los cuales ocupan grandes espacios y causan un costo de recolección, transporte y disposición final; este estudio se propuso como solución a este problema la recuperación de polietileno de alta densidad que es el plástico que se genera en mayor proporción y del cual no se cubre la demanda con la producción nacional; por lo que la diferencia debe satisfacerse mediante importaciones.

La recuperación de éste es mediante reciclaje, que incluye cuatro etapas que son la recolección, separación, lavado y transformación del desecho plástico para la elaboración de tarimas, las cuales tienen un número amplio de aplicaciones en el área de embalaje, de cualquier empresa.

De los datos obtenidos en el capítulo referente al análisis financiero puede inducirse que el valor presente neto (VPN) es positivo desde el primer año de operación de la planta, aunque la tasa mínima aceptable de recuperación (TMAR), propuesta presenta variaciones; en este caso la evaluación se efectuó con dos diferentes valores de capital generándose en los dos casos valores positivos del VPN.

Cabe hacer la aclaración que un valor de costo de capital del 15% se obtiene un VPN mayor que cuando el valor correspondiente es de 20%, por lo que para este caso resulta más conveniente considerar un costo de capital del 15%. Como puede observarse en el cuadro 6.10 del capítulo 6.

De la misma manera la tasa interna de retorno (TIR) es de 39.85%, tomando en cuenta el criterio de aceptación para ambos casos el proyecto es aceptado debido a que la TIR es mayor que la TMAR teniendo además un tiempo de recuperación de poco más de 5 años.

Aunque el tiempo de recuperación puede considerarse grande, resultando desalentador para el proyecto es importante resaltar el beneficio ecológico que el mismo representa, pues con el material recuperado puede sustituirse a la madera, recurso natural no renovable, a la par que se logrará una disminución en el volumen de desechos destinado a ocupar los rellenos sanitarios; los cuales se encuentran a un 80% de su capacidad de disposición evitando al mismo tiempo la contaminación de los mantos freáticos además del avance que se lograría en el concepto general de manejo de residuos sólidos urbanos en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

Así mismo si se considera que una de las principales variables que afectan éste proyecto son la falta de una cultura de recolección de basura que influye directamente en los costos, es posible reducir esto mediante el establecimiento de programas de reciclaje en los que se haga énfasis en la importancia de separar los residuos sólidos observando algunas medidas como son solicitar que se les quiten las etiquetas a los envases plásticos, excepto aquellos que hayan contenido residuos peligrosos o tóxicos los cuales deberán colocarse en bolsas aparte..

Dichos programas de conciencia ecológica podrán difundirse mediante programas escolares o en centros sociales indicando el impacto ecológico que implica un programa eficiente de recolección y recuperación no sólo de materiales plásticos sino de todos aquellos susceptibles de ser reciclados como son: vidrio, cartón, aluminio, papel, metales, hueso y materia orgánica para la producción de composta; siendo ésta la justificación de que en el capítulo cuatro se hayan incluido varias técnicas de recuperación de mezclas de residuos sólidos municipales, las cuales pueden ser retomadas a largo plazo para la recuperación de los diferentes materiales.

Este programa deberá establecer un código de colores para los contenedores que se utilicen como receptáculos de los desechos sólidos municipales el cual podría ser semejante al que se maneja en la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, este se describe a continuación:

MATERIAL	COLOR
Papel y Cartón	Amarillo
Plástico	Azul
Vidrio	Café
Materia Orgánica y Similares	Verde
Suelo	Negro
Desechos de los Sanitarios	Naranja
Reactivos	Morado

El programa incluirá también la capacitación del personal involucrado en la recolección y clasificación de los desechos sólidos así como promover la participación permanente de la comunidad en dicho plan.

Resulta importante también establecer normas y leyes más estrictas al respecto las cuales impulsen la recuperación de los materiales sólidos reciclables, promocionen los productos que presenten un contenido de material reciclado así como su introducción al mercado. Deberá considerarse también de

un sistema de canje que fomente el reciclaje de los materiales sólidos recuperados de los desechos municipales.

Es recomendable también la adopción de un sistema continuo de gestión ambiental como el que se está aplicando en Europa conocido como ISO-14000 el cual es aplicable a todas las empresas independientemente de su tamaño y varía de acuerdo a las características propias de cada una, éste pretende aplicar una metodología general que identifique las deficiencias, las controle y contrarreste el impacto ambiental que las primeras generan y al mismo tiempo se mantiene un sistema de mejora continua que se ajuste a la normatividad vigente de cada país.

La aplicación del sistema de recuperación de Polietileno Alta Densidad (PEAD) mediante reciclaje, logrará la creación de una fuente generadora de empleos que podría atenuar, aunque en pequeña escala el desempleo que actualmente impera en el país; además de que lograría abatir el déficit nacional que se tiene de esta resina, ésto sin considerar el beneficio ecológico que este representa así como el desahogo que se lograría en los rellenos sanitarios.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

1. "Organic Polymer Chemistry", K.J: Saunders, Ed Chapman & Hall Second Edition, United Kingdom, 1966, pag 57-72.
2. "Química y Tecnología de los plásticos", Walter E. Driver, Ed. CECOSA, Austin, Texas 1982, Tercera reimpresión 1991; pag 29-99.
3. "Encyclopedia of Chemical Technology", Kirk Othmer and Donald f., Third Edition, vol 10, editorial A. Wiley - Interscience Publication, John Wiley Sons 1982, pag 184-206.
4. "Plastics Engineering - Oficial Publication of the Society of Plastics Engineers" -January 1994 vol. 7 No. 1 pag 46-57.
5. "Seminario la Era del Plástico - El Mundo de los Plásticos" Instituto Mexicano del Plástico Industrial (IMPI), 1992.
6. "Seminario la Era del Plástico - Cloruro de Polivinilo", Instituto Mexicano del Plástico Industrial (IMPI), 1992.
- 7.- " PVC, 1988 - Documento Promocional" Elaborado por la Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ), México 1988, pag 1-40.
8. "Estabilizadores Térmicos y Otros Aditivos para PVC", Ernesto Urrutia Barrón, Ed UTHEA, México 1986, pag 23-57.
9. "The Technology Uses of Ethylene Polymers", Renfrew, A. and Morgan P. 2nd ed, I Hife Books Ltd, London 1980.
10. "Polyesters Resins - Reinhold", Lawrence J.r. Publishing Corporation New York, 1962.
11. ISO 14000 Environmental Management Systems - Specification with guidance for use"; BSI (united Kingdom) ISO/TC/07, 28/09/94.
12. "Hazardous Waste, Environmental Engineering and Technology Demonstration" Environmental Protection Agency (EPA), New York 1994.
13. "Criteria for Clasificación of Solid Waste Disposal Facilities and Practices"- Part 257 Environmental Protection Agency (EPA), New York 1994.
14. "Guidelines for Procurement of Products that Contain Recycled Material" (EPA) part 247, New York, 1994.
15. "Guidelines for Federal Procurement of Building Isolation Products Containing Recovered Material", Part 248 (EPA), N.Y.,1994
16. "Criteria for Municipal Solid Waste Landfills", EPA, Part 258 N.Y.,1994.
17. "Catálogo de Normas Oficiales Mexicanas", Tomo II (E-I) SINOM - SECOFI, Dirección General de Normas.

18. "Reglamento para el Servicio de Limpia del Distrito Federal", 14 de Agosto de 1989, Departamento del Distrito Federal.
19. "Petroquímica 93"; Comisión Nacional de Petróleo, Gas y Petroquímica; Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal. pag. 9 - 13.
20. "Petroquímica 92", Comisión Petroquímica Mexicana, SEMIP.
21. "Calanese Pone en Marcha dos Plantas en Querétaro"; El Financiero; Jueves 1 de Septiembre 1994. pag. 13.
22. "Resin Statics 1992-1993", Modern Plastics, January 1994 vol.24 - Plotting a Course for Supply, pag 24-46.
23. "Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental - Reunión Regional del Distrito Federal, Agosto 1992. "Sistema de Transferencia en la Cd. de México" - Ing Jorge Mateos Alvarez.
24. "Manejo Eficiente de Residuos Sólidos (Manejo Integral de los Residuos Sólidos en México), Proyecto Interdisciplinario de Medio Ambiente y Desarrollo Integrado. Agosto de 1992.
25. Información obtenida en la visita que se efectuó a la Estación de Transferencia de San Juan de Aragón"
26. "Manejo y Reciclaje de Residuos y Envases y Embalajes", Serie Monográfica, Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), México 1993.
27. "Recycling in America", Debi Kimball, 1ª Edición Ed. ABC-CL110, E.E.U.U. 1992- Plastics Container Code System.
28. "Plastics Recycling Products and Processes", R.J. Ehrig, Ed. SPE. Books from Hanser Publisher, Germany. 1992, pag. 26-97.
29. "Reciclado de Plásticos", Dr. Arroyo, Curso de Capacitación para el Personal de la Industria, Asociación Nacional de Industrias del Plástico (ANIPAC).
30. "European Packaging 1993/1994", Vol. 1 Fira International, United Kingdom, pag. 82-95.
31. "Reciclaje de Materias Primas e Industriales"; "Bernardo Olmedo Carranza; Marzo 8 de 1994, Análisis Financiero. "Investigador del Instituto de Investigaciones Económicas y Profesor de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales UNAM.
32. "Ingeniería Económica", E. Paul de Garmo, Compañía Editorial Continental, México 1978.
33. "Ingeniería Económica", Antony J. Tarka, Legand T. Blank, Ed. Mc Graw Hill, 1978.
34. "Evaluación de Proyectos, Análisis y Administración de Riesgos", G. Baca Urbina, 2ª Edición 1990, Mc Graw Hill.
35. "Cost Estimation"; William S. Meyer and Donald L. Kime, Chemineer, Inc. Chemical Engineering, Vol. 83.

36. Datos Directos Proporcionados por la Subdirección de Obras, Área de Servicios Urbanos; Unidad de Limpie y Transporte; Campamento 1, Delegación Venustiano Carranza, D.D.F.
37. "Indicadores Petroleros-Informe Mensual Sobre Producción y Comercio de Hidrocarburos". Noviembre 1984, Vol. VI, No. 11, PEMEX- subdirección Corporativa de Operaciones, Gerencia de Evaluación e Información.
38. "Informe Anual 1982"; Comisión Federal de Electricidad.
39. "Indicadores Económicos", Banco de México- Dirección General de Investigación Económica, Enero 1986.
40. "Cost of Process Equipment and Other Items"; Arkadie Pkudlik and Hector E. Diaz, Society Design. Co., Octubre 1977 pag. 304.
41. "Manual de Identificación de Plásticos"; Instituto Mexicano del Plástico Industrial IMPI; Revisión Técnica Ing. Armando Jiménez Escobar; 1era. Edición, Agosto 1989.
42. "Preliminary Chemical Engineering Plant Desing"; William B. Bassac, 2da. Edición. Cap. 10 (Estimación de Costos).
43. "México's bid to Modernize its Plastics Industry Impacts North America"; By Robert Burns, Modern Plastics, January 1982; pag. 48 - 52.
44. "México Cuenta Con Sólo 48 Espacios Sanitarios Para El Procesamiento de Residuos Ambientales"; Claudín OlgivFinest; El financiero Octubre de 1983.
45. "Advances in Polymer Technology"; Journal of the Polymer Processing Institute; Vol. 13 No. 1 Spring 1984. A Wiley - Interscience Publication; John - Wiley & Sons, Inc. Pag. 1-263.
46. "Plastics Engineering - Official Publication of the Society of Plastics Engineers"; January 1984, Volumen L No. 1, February 84, Volumen L, No. 2.
47. "Plásticos Universales"; No. 23, Año 37, 1983 Editado por Plásticos Comunicación, S.L., Grupo Eritec, S.A. Lo Lacuno, 162 Ed. Barcelona Activa, Barcelona 1983, Nov. Instalación de Extrusión para Plástico Reciclado no Clasificado. Pag. 67-69.
48. "Procesamiento de Plásticos", D.H. Murton- Jons, Grupo de Investigación de Polímeros- Departamento de Química, Universidad de Lancaster; Ed. Limusa, Grupo Noriega Editores, México 1983.

ANEXOS

ANEXO A

A.1 ADITIVOS DE PROCESO (5.44)

a) RESINAS DE PVC

Para formular un compuesto de PVC se requiere escoger la resina conforme a los requerimientos en propiedades físicas finales como flexibilidad, procesabilidad y aplicación para un producto determinado.

b) ESTABILIZADORES TÉRMICOS

El PVC es un termoplástico muy sensible al calor cuya disposición se manifiesta por un cambio de color, olor desagradable y disminución de sus propiedades. Por tanto, requiere de estabilizadores que retarden la degradación deteniendo el rompimiento de sus moléculas.

La degradación térmica del PVC se inicia, a una temperatura aproximada de 93°C, con el desprendimiento de ácido clorhídrico (Conc. menor de 0.1%), el cual es neutralizado por un estabilizador a medida que es liberado por el polímero. Por lo tanto el estabilizador debe reunir los requisitos Inhibidor del inicio de la gradación por calor, ser aceptador del ácido clorhídrico, el producto de la reacción del ácido clorhídrico con el estabilizador debe ser insoluble y neutro, compatible con la resina y los demás aditivos de la formulación y No tóxico.

Estos estabilizadores a su vez se clasifican en

1) Primarios

- 1.1) Compuestos de estaño.- Maleato dibutil estaño y Dilurato de dibutil estaño.
- 1.2) Sales de bario/zinc.- 2-Etil hexoato de bario líquido, 2-Etil hexoato de zinc sólido, Estearatos de calcio y zinc.
- 1.3) Jabones y sales de plomo.- Sulfato tribásico de plomo, Carbonato básico de plomo y Salicilato de plomo

2) Secundarios

2.1) Epoxidados.- Aceite de soya epoxidado y Aceite de linaza epoxidado

2.2) Fosfitos.- Fosfito de fenil dodecilo

c) LUBRICANTES

Se emplea para modificar las características de la superficie y la fricción interna del PVC, ayudándolo a un mejor y rápido procesamiento. Se clasifican como:

1) Internos.- Que disminuye el coeficiente de fricción entre las partículas de la resina y son compatibles con las mismas (los estearatos de ácidos grasos, alcoholes grasos, amidas de ácidos grasos), su nivel de lubricación es 0.2-0.8 por.

2) Externos. Evitan la adición de la masa fundida a las partes metálicas y son incompatibles con la resina (Ceras polietilénicas, aceites, grasas parafínicas), su nivel de lubricación es 0.3-0.8 por.

3) Internos/externos. Controlan el calor generando internamente en el material fundido, formando una película entre el material y las partes metálicas de la maquinaria, consiguiendo que se deslice sin que exista fricción (Esteres de cera montánica, estearatos metálicos) su nivel de lubricación es 0.2-0.8 por.

d) ANTIOXIDANTES

Son encargados de inhibir o retardar el mecanismo de oxidación/ degradación del PVC, provocando por altas temperaturas de procesamiento, volúmenes de producción, radiación U.V. y temperaturas del medio ambiente.

Con el uso de éstos aditivos, en la formulación del PVC, se evita el fenómeno de envejecimiento que se traduce en una decoloración del material (se pone amarillo) y en pérdida de propiedades mecánicas como LT rígidez, alta elongación, mayor resistencia a la tensión, baja resistencia al impacto.

Estos se pueden clasificar como:

1) Primarios

1.1) Compuestos fenólicos. Detienen la descomposición del plástico en su estructura, estos pueden utilizarse con concentraciones de 0.1-0.2 por.

1.2) Bisfenoles. Detienen la descomposición del plástico en su estructura, se utilizan con concentraciones de 0.1-0.2 por.

1.3) Aminas deferil y diferil. Neutralizan a sustancias que actúan como catalizadores.

2) Secundarios

2.1) Tióeteres. Neutralizan a sustancias que actúan como catalizadores.

2.2) Fosfatos y fosfitos orgánicos. Neutralizan sustancias que actúan como catalizador, se utiliza con concentraciones de 0.1-0.2 por.

2.3) Carbonato de zinc. Neutralizan a sustancias que actúan como catalizadores.

e) MODIFICADORES DE FLUJO

Estos aditivos aumentan la resistencia durante el proceso de la masa fundida protegiendo las aristas de los perfiles de extrusión. Son conocidos como ayudas de proceso, aceleran el proceso de fusión, mejoran la fluidez y dan cohesión a las moléculas para la resistencia al impacto. Estos aditivos pueden ser:

1) Acrolitrilos - Estireno (SAN).

2) Polimetil metacrilato (PMMA), se emplea con una concentración de 0.8-2.0 por.

f) MODIFICADORES DE VISCOSIDAD

Son compuestos que pueden disminuir o aumentar la viscosidad del polímero, para facilitar su procesamiento y aplicación.

Dentro de los que disminuyen la viscosidad y aumentan la fluidez están los ácidos grasos etoxilados, que adicionados a los plastisoles los hace útiles para el proceso de aspersión aumentando la velocidad de producción.

Por otro lado los que aumentan la viscosidad y disminuyen la fluidez, como el estearato de aluminio cálcico, por ejemplo; adicionada a una resina políester insaturada, evita el escurrimiento del material cuando se aplica manualmente.

Un buen control de la viscosidad permite obtener excelentes acabados de producto final.

g) AGENTES DESLIZANTES

Este tipo de compuestos proporcionan lubricación en la superficie de las películas de PVC, evitando la adherencia de película con la maquinaria, es decir permite que el producto después de que sale de la extrusora se deslice bien sobre otros equipos, como calendrias, anillos, enfriadores y otros, aumentando la velocidad de llenado y empaquetado.

El principal agente deslizante utilizado para PVC es la estereamida con una concentración recomendada de 0.06 por.

A.2 ADITIVOS FUNCIONALES

a) PLASTIFICANTES

Son ésteres de elevado punto de ebullición, proporcionan flexibilidad, blandura y elongación del PVC.

Se dividen en:

1) Primarios

1.1) Ftalatos

1.1.1) Longitud Corta.- Dimetil Ftalato (DMP) y Dibutil Ftalato (DBP).

1.1.2) Longitud Media.- D1-2-etil Hexil y Ftalato (DOP).

1.1.3) Longitud Larga.- D1-Isooctil y Ftalato (DIDP)

1.2) Fosfatos.- Tricresil Fosfato (TCP) y Trisil Fosfato (TXP).

Estos poseen la facultad de solvatar al PVC, siendo totalmente compatibles con él, aún en el envejecimiento. Pueden usarse como únicos en una formulación.

2) Secundarios

2.1) Adipatos y Sebacatos.- D1-2-Etil Hexil, D1-Iso-Octil y Sebacato (DIOS)

2.2) Azeleatos.- D1-Octil y Aceleato (DOZ).

2.3) Trimetilato.- Tricetil y Trimetilato (TOTM).

2.4) Poliésteres.- Polipropilen y Adipato (PPA).

Estos presentan pocas solubilidad y compatibilidad con el PVC por lo que no pueden ser usados como plastificantes únicos en una formulación.

3) Estender.- Parafinas Cloradas y Aceites Epoxidados

Los plastificantes se utilizan para formular compuestos de PVC, en concentración del 5-80%.

b) ABSORBEDORES DE LUZ U.V.

Son compuestos químicos que evitan la foto-degradación del PVC, causado por la radiación U.V. de la luz solar. Es decir que absorben la luz U.V., protegiendo al plástico de los efectos de la radiación. Los absorbedores más usados son:

- | | |
|----------------------|-------------------|
| - Benzofenonas | - Malonatos |
| - Benzotriazoles | - Benzosatos |
| - Salicilatos | - Oxaniluros |
| - Aminas Poliméricas | - Comp. de Níquel |

El tipo y porcentaje de absorbedores U.V. que se emplean para el PVC son:

ESTERES - 4 - TERBUTIL FENIL SALISILATO 0.05-1.5%

AMINAS - DERIVADOS DEL TETRAMETIL PIRIDINA 0.05-1.5%

BENZOTRIAZOLA - 2(2HIDROXI, 5 METIL FENIL) 0.05-1.5%

Los absorbedores de luz ultravioleta mezclado con bióxido de titanio forma una película doble llamada barrera mejorando la estabilidad a la luz solar.

c) MODIFICADORES DE IMPACTO

Estos aditivos mejoran o aumentan la resistencia al impacto del polímero, sin impartir blandura o flexibilidad, es decir, que proporcionan características elásticas con la capacidad de absorber choques o sacudidas sin fractura.

Para PVC se utilizan los siguientes modificadores de impacto, con la concentración adecuada.

TABLA A-1 MODIFICADORES DE IMPACTO

PLASTICO	MODIFICADOR	%
PVC Interiores	ABS	3-7
PVC Interiores	MMBS	6-12
PVC Exteriores	EVA	5-10
PVC Exteriores	ACRILATO	4-8
PVC Exteriores	CPE	6-10

Acrlonitrilo-Butadieno-Estireno (ABS)

Metil-Metacrilato-Butadieno-Estireno (MMBS)

Etilen-Vinil-Acetato (EVA)

Poliétileno-Clorado (CPE)

Acrilato (Acrílicos)

d) CARGAS

Son materiales orgánicos e inorgánicos. Se utilizan para mejorar las propiedades físicas y químicas de los compuestos de PVC. El más utilizado para este polímero es el Carbonato de calcio con 0.7 a 50 μm de tamaño. También se usan para bajar costos.

Existen los siguientes tipos de cargas:

1) Orgánicos

1.1) Fibrosas.- Costo bajo, Reducen contracción de la pieza, aumentan la rigidez (Borra de Algodón, Cascaras de Nuez).

1.2) No Fibrosas.- Disminuye resistencia al impacto y al medio ambiente (Negro de Humo, Grafitos y Polvo de Corcho).

2) Inorgánicos

2.1) Fibrosas.- Aumentan la resistencia a la tensión y a la compresión (Fibra de Vidrio).

2.2) No Fibrosas.- Aumentan la rigidez, reducen expansión térmica, aumentan el HDT, aumenta la resistencia química, reducen contracción de moldeo, reducen costos y provocan abrasión a la maquinaria (Carbonato de Calcio, Talco, Silica, Alumina, Arcillas,

Para PVC se usan de 5 a 50 por de Carbonato de Calcio (CaCO_3) para impartirle resistencia al desgaste, opacidad.

e) AGENTES DE ACOPLAMIENTO

Actúan como un enlace entre la parte orgánica del polímero con la carga que normalmente es inorgánica.

Las cargas se incorporan a nivel molecular, aumentando lógicamente el porcentaje de carga total pero sin modificar las propiedades mecánicas del material. también, mejoran la dispersión de las partículas aglomeradas, aumentan las propiedades mecánicas y procesamiento. Los agentes de acoplamiento son:

1) Titanatos.- Neo Alcoxi y Mono Alcoxi

2) Bilanos

3) Zirconatos

Los de mayor aplicación son los titanatos y pueden usarse en concentraciones del 0.2 al 2.0 por de acuerdo a las propiedades finales que reuniera el producto. Los utilizan todos los plásticos que son formulados con cargas.

f) AGENTES DE ENTRECruzAMIENTO

Son compuestos químicos que enlazan las moléculas del polímero, formando una malla que lo vuelve más estable, aumenta sus propiedades mecánicas y le mejora la resistencia al medio ambiente. Los agentes de entrecruzamiento son los siguientes:

1) Hidroperóxidos

2) Alcoxi Peróxidos

3) Peróxido Esteres

4) Diacil Peróxidos

5) Peróxido Acetales

Se utilizan en PVC en un rango de concentraciones del 5-8 %

g) AGENTES ANTIESTÁTICOS

El PVC tiende a mantener las cargas estáticas acumuladas en su superficie, ya que no es conductor eléctrico, provocando atracción de polvo, adhesión con otros materiales y generación de chispas eléctricas capaces de generar un incendio.

Los agentes antiestáticos disipan las cargas electrostáticas del polímero, evitando los problemas antes descritos. Se clasifican en:

1) Internos.- Sales Cuaternarias de Amonio, Sales de Fósforo y Azufre, Arculsulfonatos de Sodio, Esteres de Polietilen Glicol y Aminas Etoxiladas.

Se adicionan al plástico durante su procesamiento, después de un tiempo migran a la superficie ejerciendo su función. La concentración requerida por la formulación de PVC es de 0.5-1.5 por generalmente de alquisulfonato de sodio.

2) Externos.- Soluciones Alcohdicas Jabonosas, Polioles y Poliglicoles

Los externos se aplican sumergiendo los productos moldeados en la solución, para generar una película que hará las veces de antiestático. Esta cubierta es temporal ya que con el paso del tiempo, cae y hay que aplicarla nuevamente.

h) AGENTES ANTIBLOQUEO

Se emplean para reducir o impedir la adhesión entre películas delgadas, laminillas o láminas, cuando son sujetas a una presión e incremento de temperatura. La adhesión se presenta principalmente en los rollos o pilas de películas plásticas bajo presión.

Los agentes antibloque se agregan en la tolva de alimentación en forma de polvo, integrados a la carga total del material, para que una vez procesados la película salga modificada con estos aditivos. Dentro de este tipo de aditivos tenemos:

- 1) Silicato de Calcio
- 2) Ceras de Aminas.

Para PVC, El silicato de calcio debe tener una concentración de 0.1 por y si se emplea la cera de amina entonces su concentración será de 1.0 por.

I) DEACTIVADORES DE METALES

Son compuestos químicos que se emplean para neutralizar la descomposición de los plásticos por la presencia de los metales. Los desactivadores de metales más importantes son el Benzalhidrazonas, Esteres de Acido Fosforoso, Diacil Hidracina y Derivados de Oxalaminas

Para PVC, se utilizan en su porcentaje del 0.05-0.2 por.

J) PIGMENTOS

Sirven para impartir color a los plásticos dándoles una apariencia agradable. Se caracterizan por ser sustancias sólidas muy finas e insolubles, que con un vehículo adecuado desarrollan color. Se conocen como pigmentos aquellos que forman aglomerados y colorantes los que no los forman. Existen en el mercado distintas preparaciones de pigmentos estos son:

a) Concentrados de pigmentos líquidos. Donde el pigmento se encuentra en forma totalmente dispersa, con el fin de asegurar la distribución homogénea en el plástico. Ejemplo típico son las pastas plastificadas para la coloración de PVC.

b) Concentrados de pigmentos sólidos. Donde el pigmento se encuentra totalmente dispersado en un portador sólido, resina, con una compatibilidad adecuada y distribuido homogéneamente.

c) Mezclas de pigmentos especiales. Son combinaciones separadas para ser dispersadas en pigmentos inorgánicos y/o cargas con pigmentos orgánicos de baja dispersabilidad.

Cada uno de los pigmentos presenta diferentes propiedades y de acuerdo a estas se define su uso y se clasifican en:

1) Orgánicos.- Amina de Toloidina, Naranja de Bencidina, Verde de Ftalocianina, Rojo de Toloidina, Azul de Ftalocianina y Negro de Humo.

Los pigmentos orgánicos presentan las siguientes propiedades: excelente brillo y buena transparencia, baja estabilidad al calor, alto precio, tendencia a migrar y facilidad de dispersión.

2) Inorgánicos.- Dióxido de Titanio, Amarillo de Cromo, Naranja de Cromo, Verde de Cromo, Rojo de Cadmio, Azul de Hierro y Óxido de Hierro.

Estos aditivos presentan las propiedades siguientes:

Resistencia al calor, estabilidad a la intemperie, facilidad de dispersión, resistencia al sangrado, alta opacidad y bajo precio.

La concentración de pigmentos no tiene un rango de uso, ya que se aplica en los materiales de acuerdo al tono deseado, aplicándole en el polvo y líquido.

Las concentraciones para PVC son de 0.1 por para entonar y de hasta 20 por para intemperie. El colorante para botella de PVC debe tener 0.002% de pigmento.

h) RETARDANTES A LA FLAMA

Son aditivos que ayudan al plástico a inhibir su flamabilidad cuando arde, en el PVC incrementan su propiedad de autoextinguible, eliminando al oxígeno de la reacción de combustión. Los retardantes a la flama son:

- 1) Parafinas Cloradas.- Hexa Cloro Pentadieno y Polietileno Clorado
- 2) Compuestos Inorgánicos.- Alumina Trihidratada $Al(OH)_3 \cdot 3H_2O$.
- 3) Fosfatos Orgánicos.- Tributill Fosfato (TBP), Tricresil Fosfato (TCP) y Trixilfosfato (TXT).

El hexacloro pentadieno es el retardante a la flama usado para PVC flexible en niveles de 7-20% y como segunda opción el polietileno clorado.

La alumina trihidratada tiene efectos de retardar a la flama cuando es calentada arriba de los 200°C, momento en el cual libera el agua en forma de vapor provocándole la extinción del fuego.

Se requiere de una alta concentración, 20-30 % de este aditivo para conseguir el efecto de retardancia cuando se aplica al PVC flexible.

Los fosfatos orgánico presentan una aceptable retardancia a la flama, sus desventajas son impartir plastificación al producto y ciertos problemas de migración. Se usan en niveles para PVC flexible que van del 5-20%. Los productos flexible con mas de 30 por de plastificante requieren retardantes a la flama adicionales como el óxido de antimonio, hidrocarburos clorados o bromados.

l) SUPRESORES DE HUMO

Son aditivos que tiene como finalidad reducir el humo liberado durante la combustión del plástico, provocando la precipitación de las moléculas de carbono suspendidas en el aire. Como ejemplos tenemos al:

1) Óxido de Molibdeno. Que no se usa en plásticos que tengan contacto con alimentos.

2) Tetraeritio de Plomo

3) Tríóxido de Antimonio con Borato de Bario, Calcio o Zinc.

Para PVC, las concentraciones de estos aditivos van del 2 al 6%

m) AGENTES ESPUMANTES

Son compuestos químicos que se utilizan para producir espacios en el material reduciendo peso y costo, aumentando la resistencia mecánica, el aislamiento acústico y térmico.

En general se logran plásticos con otra apariencia y mejora de propiedades dentro de este grupo existen los:

1) Físicos.- Nitrógeno y Compuestos Fluorados

La espumación física se presenta cuando se maneja materiales de alta volatilidad, por lo que al mezclarse con el PVC y aumentara la temperatura durante el procesamiento se liberara el gas y generara celdas en el material.

2) Químicos.- Azodicarbonamida, OBSN (4,4 Oxi Bis Bencen Sulfonilo Hidracina), TSSC (P-Toluen Sulfonilo Semicarbede), Trihidrazinotriazona y Borohidruo de Sodio.

Estos espumantes químicos son los de mayor uso. Durante el procesamiento, se descomponen con la temperatura generando un gas que da lugar a celdas en el material y dependiendo del agente espumante será la firmeza de la celda.

TABLA A-3 DESCOMPOSICION DE ESPUMANTES

ESPUMANTES	RANGO DE DESCOMPOSICION EN EL AIRE (°C)	RENDIMIENTO DEL GAS
Azodicarbonamida	205-215	220
OBSN	150-180	125
Difenil Sulfone-3,3 Disulfonohidracida	155	110
Oxido de Difenilo 4,4-Difluorohidracida	175-180	120

n) FUNGICIDAS

Estos aditivos evitan la proliferación de microorganismos y el ataque de estos al plástico cuando éste se encuentra en contacto con el agua ó en ambientes húmedos es decir que protegen al plástico contra los hongos y el moho. Su elección depende la estabilidad al calor toxicidad, compatibilidad e intemperismo, y se utiliza para PVC en diferentes concentraciones de acuerdo al tipo de fungicidas utilizados como se observa en la tabla siguiente:

TABLA A-3 FUNGICIDAS

FUNGICIDA	CONCENTRACION (%)
2 Etil Hexoato de Difetil Antimonio	0.1-0.5
10,10 Oxid Bis Fenoxarsina	0.03-0.1
n-(Triclor Ometil) Toftalamida	0.25-0.1
n(Triclor Ometil) Mercafto y Ciclohexeno 1,2 Dicarbod- Imida	0.25-1.0
Derivados del tributill estaño	0.1-0.5
8 Hidroxil Quinolato de Cobre	0.5-1.0
2 n Octil 4 Isotiazolin 3	0.2-1.0

o) BLANQUEADORES OPTICOS

Estos aditivos se utilizan en la formulación del compuesto del PVC para ocultar el amarillamiento, incrementar el brillo y la intensidad de los colores en los productos termoplásticos ya terminados. Básicamente, los blanqueadores óptimos son:

- 1) Compuestos Coumarinos (Fenil Coumarina)
- 2) Benzoxasoles
- 3) Triacinas

El PVC puede utilizar, a la fenil Coumarina o la Benzoxasola, en un nivel de concentración de 50-500 ppm.

p) AROMATIZANTES

Poseen la propiedad de impartir olor a los plásticos ya sean de frutas vegetales, animales ó esencias. Son concentrados que comercialmente se encuentran en formas de pellets, líquidos ó masterbatch.

El concentrado está elaborado a base de polietileno polipropileno ó EVA por lo que presenta una compatibilidad limitada con el PVC.

El nivel de concentración a utilizar de este concentrado para PVC es de 0.2-1.0%.

Los aditivos deben de cubrir como mínimo los siguientes requisitos:

Tener facilidad de dispersión en el plástico. Estar debidamente aprobados por la SSA (México), FDA (USA) o por la BGA (Alemania) cuando vayan a ser empleados en la manufactura de productos finales y en contacto con alimentos que puedan desarrollar efectos secundarios, alterando al plástico en su color, olor, etc y que esto provoque problemas de salud al usuario de dicho producto.

ANEXO B. EXTRUSION. (48)

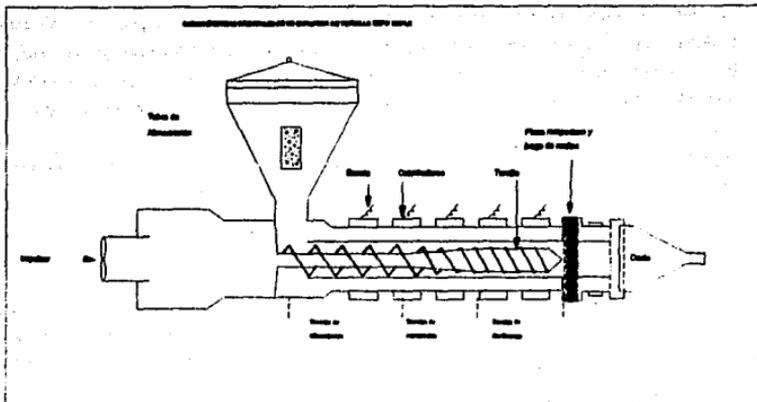
Es la acción de forzar, por medio de presión a pasar a través de un "dedo" o "boquilla" un plástico o material fundido. En el proceso se usan tornillos para hacer fluir el polímero en el estado fundido o gomoso a los largo de la camisa de la máquina, el tipo de máquina más empleado es el de tornillo simple, también se utilizan los extrusores de tornillos gemelos cuando se necesita una mezcla o transporte mejores. El aparato está constituido principalmente por un tornillo de Arquímedes que se ajusta con precisión dentro de la camisa cilíndrica, apenas con el espacio suficiente para rotar. El polímero sólido se alimenta en un extremo y en el otro sale el material sometido a extrusión ya perfilada. Dentro de la máquina el polímero se funde y homogeneiza.

CARACTERÍSTICAS DE UN EXTRUSOR DE TORNILLO SIMPLE.

El tornillo de un extrusor tiene uno o dos hilos en espiral a lo largo de su eje. El diámetro medio desde la parte externa del hilo es el mismo en toda la longitud para permitir un ajuste preciso en una camisa cilíndrica, con un claro apenas suficiente para dejarlo rotar la raíz o núcleo es de diámetro variable, de manera que el canal en espiral varía en profundidad. En general, la profundidad del canal disminuye desde el extremo de alimentación, hasta el extremo del dedo.

PARTES DE UN EXTRUSOR

- a) **Zona de alimentación** . En la primera parte, denominada por lo común como zona de alimentación, se precalienta y transporta el prepolímero a las partes siguientes. La profundidad del tornillo es constante y la longitud de esta zona es tal que hay una alimentación correcta hacia adelante, ni deficiente ni excesiva.
- b) **Zona de compresión** . La segunda zona tiene una profundidad de canal decreciente. Esta zona tiene diferentes funciones y se le conoce, por lo común como zona de compresión o de transición. Primeramente, se expulsa el aire atrapado entre los gránulos originales; en segundo lugar, se mejora la transferencia de calor desde las paredes del barril calentado conforme el material se vuelve menos espeso; en tercer lugar, se da el cambio de densidad que ocurre durante la fusión.



- c) **Zona de dosificación.** Una vez más se encuentra una profundidad de tornillo constante. Su función es la de homogeneizar el material fundido y con ellos suministrar a la región del dado material de calidad homogénea a temperatura y presión constantes.
- d) **La zona del dado.** La zona final de un extrusor es la zona del dado que termina en el propio dado. Situado en esta región se haya el portamallas. Esta consta, por lo común, de una placa de acero perforada conocida como la placa rompedora y un juego de mallas de dos o tres capas de gasa de alambre situadas en el lado del tornillo.

El ensemble placa rompedora - juego de mallas tiene tres funciones:

1. Evitar el paso de material extraño, por ejemplo polímero no fundido, polvos y cuerpos extraños. El cribado ayuda a reducir los defectos del producto más adelante al remover partículas no deseadas.
2. Crear un frente de presión cuando se opone una resistencia al bombeo de la zona anterior. La importancia de crear un frente de presión radica en que esta presión es la que supe la fuerza impulsora para vencer la resistencia del dado.

3. Eliminar la memoria de giro del material fundido. En muchos casos, el polímero, recuerda su trayectoria en giros a lo largo de la espiral del tornillo, aún después de haber pasado por el dado y esto puede dar como resultado una deformación por torsión del producto. El resultado es una tendencia del producto a torcerse una vez que escape a la restricción del dado y antes de que endurezca.
4. Placa rompedora. La placa de rompimiento desciende el tapón del polímero que contiene la memoria alineada y volviéndolo a formar después con el alineamiento fragmentado.

TERMOFORMACION

En la termoformación, se calienta una preforma por lo común, es una lámina de polímero obtenida por extrusión, esta que se reblandece y luego, se deforma mediante una fuerza que se aplica al molde, donde se enfría. Esta es otra técnica donde el comportamiento que predomina es de tracción o de alargamiento.

CONFORMACION AL VACIO

La técnica mas común se basa en disminuir la presión en un lado para que la presión atmosférica deforme la lámina en el otro lado. El procedimiento mejora con ayuda mecánica.

Para Evitar que la preforma del polímero laminado se ponga en contacto con la superficie fría del molde y se enfríe rápidamente, lo cual reduce el estiramiento, en este caso se utiliza la técnica de desplazamiento en aire, en la que utiliza un colchón de aire que evita el enfriamiento por contacto. Al usar aire se obtiene una distribución del espesor aún mejor y se desperdicia menos polímero.

ESFUERZOS Y ORIENTACION EN EL MATERIAL

La deformación de la lámina se debe hacer cuando esté blanda pero no fundida. Se debe tener resistencia mecánica suficiente con el fin de mantener la coherencia de la lámina; si se sobrepasa el esfuerzo de rotura, se forma un hoyo y se detiene el procedimiento.

Se produce una orientación biaxial considerable, y esto, confiere buenas propiedades al producto.

El procedimiento es un flujo de superficie libre por alargamiento, similar al moldeo por soplado y el soplado de película. El espesor se controla mejor cuando se tiene control sobre las condiciones de rigidación por tracción.

Esta se genera cuando hay comportamiento elástico que se presente si el material se deforma rápidamente. La importancia de la rigidación por tracción radica en que conforme disminuye el espesor en cualquier punto, se incrementa el esfuerzo en esa región; esto provoca rigidación. Que a su vez disminuye el flujo, de modo que el flujo principal se mueve hacia la zona de menor esfuerzo.

Un ejemplo de esta clase de comportamiento esta en los vasos de poliestireno que se forman a vacío y se usan en las maquinas despachadoras de bebidas calientes. Estos vasos son muy buenos cuando se usan para ese fin; sin embargo, si se usa uno de ellos para tomar una bebida (fuera de la máquina), cuando se usa agua hirviendo de una jarra, se lleva muy rapidamente a la temperatura T_g del poliestireno y se deforma el vaso. El moldeo por vacío es en la actualidad una técnica bien determinada y pueden identificarse tres clases principales de producto.

CONTENEDORES DE PARED DELGADA

Son artículos como vasos, envases, etc. La línea de moldeo se halla en la línea con el extrusor de laminación. Se controla exactamente el espesor de la lámina y las condiciones de extrusión generalmente para reducir el desperdicio.

MOLDEADOS TECNICOS DE GRAN TAMAÑO

El uso de los productos es más especializado y además la escala del moldeo es mucho mayor. Estos incluyen además de termoplásticos simples, materiales compuestos, hojas obtenidas por coextrusión y materiales laminados.

EMPAQUES CON PELICULA Y TIPO BURBUJA

Los empaques con película son aquellos donde una capa fina de material flexible se estira apretadamente sobre los artículos colocados en una base rígida. Los empaques tipo burbuja son hojas preformadas que siguen la forma del artículo que se ha de empaquetar. Una modificación de la burbuja es el empaque global en el cual se usa una ampolla bastante rígida y de forma regular con frecuencia hemisférica.

MOLDEO POR SOPLADO.

Es la técnica que se usa para producir botellas y contenedores que son generalmente formas huecas simples. Existen dos subdivisiones principales: moldeo por extrusión-soplado y moldeo por inyección-soplado.

MOLDEO POR EXTRUSIÓN - SOPLADO.

En este caso el tubo semifundido, llamado forma intermedia se produce directamente a partir del extrusor del cual es caliente y blando. La extrusión puede ser continua o intermitente, la primera es la más común ya que permite una mayor producción.

En este proceso la forma intermedia se halla bajo la acción de fuerzas de tracción y el tiempo de proceso es de 1 a 5 segundos. El proceso es fundamentalmente de naturaleza elástica. La ventaja de éste método es que no se pierde entre el cierre del moldeo y el soplado; la desventaja es que con frecuencia se crea una cicatriz en el cuello de la botella porque la forma intermedia tiene que ser suficientemente larga para descender sobre la boquilla y se requiere devastar la botella después de moldearla. Por lo que respecta a la parte baja de la botella se forma por estrangulación con el molde.

SOPLADO.

El producto hueco, se elabora a partir de la forma intermedia, expandida con aire. Es clara la similitud con el soplado de película, la uniformidad del espesor de la pared del producto soplado depende de los mismos aspectos estabilizadores. Una vez más el comportamiento elástico es importante.

CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO.

Las consideraciones económicas del procedimiento demandan ciclos rápidos, la pieza tiene que salir del molde en el menor tiempo posible y a la mayor temperatura, pero toda esta tiende a producir contracciones en el producto. Inversamente, un tiempo muy largo de retención dentro del molde crea mejor superficie y dimensiones del producto, incrementa los costos de producción. sin embargo, los procedimientos tienen que adoptarse a las necesidades del producto individual y del mercado.

Por otro lado la apariencia de la superficie debe ser de acabado lustroso y que proviene de la extrusión original que se expande por el aire. Una característica importante de la botella es la rigidez, la cual depende de las paredes y ésta a su vez de su espesor. La rigidez se relaciona con el espesor de pared al cubo así como del módulo de flexión del material para el caso de los polímeros se relaciona con el grado de cristalinidad.

El método más económico sería entonces sacar del molde y empaquetar el material ligeramente caliente porque acorta el tiempo del ciclo y permite elaborar una botella ligeramente más delgada.

El moldeo por soplado es un método general para producir artículos huecos con costura. Estos artículos no pueden elaborarse mediante moldeo por inyección.

MOLDEO POR INYECCION - SOPLADO.

En este caso el tubo conocido como preforma se elabora mediante moldeo por inyección y se vuelve a calentar hasta la temperatura de soplado. Inicialmente la temperatura de transición vítrea y se estira por soplado.

En este caso el polímero que se utiliza más es el Polietileno tereftalato principalmente para botellas de bebidas carbonatadas. La utilización de estos envases se extendió a otros tipos de bebidas, aunque se necesitan recubrimientos especiales para conservar la carbonatación en bebidas alcohólicas menos carbonatadas como la cerveza y la sidra.

ESPECIFICACIONES DE LA BOTELLA.

Los requerimientos de la nueva botella derivan del producto original que contendría coca cola. El requisito fundamental es el de soportar la presión así como:

- Evitar la pérdida de gas.
- Que en envase no se rompa o estalle
- Que no se deforme

El diseño más práctico es el del conocido cilindro con un fondo hemisférico y una parte superior redondeada aproximándose a un hemisférico, pero que incluya un cuello roscado.

CARACTERÍSTICAS DE FABRICACION.

Durante este proceso de fabricación, la velocidad de inyección se limita mediante el control de la presión de inyección para evitar la formación de cristales esferulíticos en el polímero. También es importante controlar la temperatura de fusión, para asegurar que se fundan los cristales, pero hay que evitar la formación de acetaldehído ya que cause mal sabor en las bebidas.

El espesor de la pared de la preforma se limita a 4.2 mm. por medio de la rapidez de enfriamiento. La razón de que el Polietileno tereftalato sea el polímero más empleado para efectuar soplado por extrusión es que este es impermeable y soporta la presión del CO_2 .

MOLDEO POR INYECCION.

El fundamento del moldeo por inyección es inyectar un polímero fundido en un molde cerrado y frío, donde solidifica para dar el producto. La pieza moldeada se recupera al abrir el molde para sacarla. Una máquina de moldeo por inyección tiene dos secciones principales:

- La unidad de inyección
- La unidad de cierre, o prensa, que aloja al molde.
- La unidad de inyección, el procedimiento es virtualmente el mismo que el procedimiento de extrusión. Esta es la parte plastificante del método. el comportamiento del polímero es el mismo; los diseños del tornillo, el calentamiento de la camisa o barril, etc., son muy parecidos. la única diferencia importante es que el tornillo puede tener un movimiento de vaivén, como si fuera un pistón, dentro del barril, durante la parte de inyección del ciclo de producción.

Durante la fase de plastificación, el extremo de salida está sellado por una válvula, y el tornillo acumula una reserva, o "carga" de material fundido frente a él, al moverse hacia atrás en contra del frente de presión.

Cuando se completa ésta etapa, abre la válvula de sellado, el tornillo detiene su giro y se le aplica presión que lo convierte en un empujador mecánico o pistón que impulsa el material fundido acumulado, a través de

la boquilla conectora hacia el molde, que se encuentra en la unidad de cierre. Esta es la etapa de inyección del procedimiento.

La unidad de cierre una prensa que se cierra con un sistema de presión hidráulico o mecánico. La fuerza de cierre disponible debe ser bastante grande para contrarrestar la resistencia que genera el material fundido cuando se inyecta. la presión que se aplica a este material fundido, puede ser de alrededor de 145 Mpa, de modo que para las piezas moldeadas que tiene una gran área se requiere bastante fuerza.

El moldeo se ajusta mecánicamente (con tornillos) en la unidad de cierre, pero es intercambiable para permitir el moldeo de diferentes productos. Las características fundamentales de un molde son:

1. La cavidad o impresión, en la cual se moldea el producto. Una herramienta puede contener una cavidad simple o varias.
2. Los canales, a lo largo de los cuales fluye el material fundido al inyectarse. estos son el canal de alimentación, que es el conducto que sale de la boquilla y los bebederos, que van del canal de alimentación a las cavidades individuales. El bebedero se hace más estrecho y tiene una compuerta de entrada de la cavidad.
3. Los canales de enfriamiento, a través de los cuales se bombea el agua de enfriamiento para eliminar el calor del material fundido. El tamaño y localización de éstos es muy especial para que haya un enfriamiento uniforme de las piezas moldeadas.
4. Los pernos expulsores, los cuales sacan la pieza moldeada por la cavidad. Funcionan automáticamente a abrir el moldeo

EL CICLO DE MOLDEO

La secuencia de operación para producir piezas moldeadas por inyección es como sigue:

1. El moldeo esta cerrado. En esta etapa la unidad de inyección esta llena de material fundido.
2. Se inyecta el material. La válvula abre y el tornillo, actúa como un pistón, fuerza el paso del material fundido por la boquilla hacia el molde.

3. **Etapas de retención.** Es donde se mantiene la presión mientras el material se enfría para evitar la contracción. Una vez que se inicia la solidificación, puede eliminarse la presión.
4. **La válvula cierra y se inicia la rotación del tomillo.** La presión se aplica a la boquilla cerrada y el tomillo se mueve hacia atrás para acumular una nueva carga de material fundido frente a él.
5. **Mientras tanto, la pieza moldeada se enfría en el molde; cuando está lista, la prensa y el molde se abren y se bota la pieza moldeada.**
6. **El molde cierra de nuevo y se repite el ciclo.**

ANEXO C (29,30,31)

APLICACIONES DE USO FINAL PARA LA RESINA RECUPERADA MEDIANTE RECICLAJE

Las resinas recuperadas mediante reciclaje pueden ser empleadas en muchos sectores, pues sus propiedades no sufren cambios significativos permitiendo de esta manera alargar su ciclo de vida, siendo la única restricción su empleo en artículos que vayan a tener contacto directo con alimentos.

En la tabla C.1 y C.2 se indican varias posibles aplicaciones para mezclas de resinas y resinas puras recuperadas a partir de desechos domésticos.

Existen muchos incentivos para el reciclaje de plásticos en la industria de la construcción, dado que esta se está expandiendo, lo que genera un alto potencial de aplicabilidad de los productos plásticos, por ejemplo de acuerdo a la Federal Highway Agency, más del 25% de los pavimentos existentes en los Estados Unidos están en condiciones de deterioro, y más del 40% presentan deficiencias estructurales, el costo de reconstrucción de las carreteras de los estados de esta nación se ha estimado de alrededor de 1.6 trillones.

El plástico reciclado en muchas aplicaciones para construcción no es necesario purificarlo, como sería en el caso de empaque, simplificando esto el proceso de reciclado. Finalmente la larga vida de los productos de construcción de más de 30 años proporciona una mayor durabilidad de los desechos plásticos.

Otros posibles usos de las resinas recuperadas son:

PET: Capas intermedias en laminados para producción de nuevos envases, cintas para embalaje.

PEAD: Películas de alta resistencia para bolsas y sacos, botellas no sanitarias, juguetes y cubetas. Las bases de PEAD y las botellas de PET de 2 y 3 litros se separan y reciclan también, convirtiéndolas en nuevas bases o en otros productos moldeados.

PVC Tuberías para irrigación, mangueras, molduras de ventanas, discos, botellas no sanitarias y accesorios de automóviles.

PEBD: Bolsas, sacos y películas flexibles, botellas no sanitarias por métodos de moldeo y soplado

PP: Se emplea en la elaboración de sillas y otros tipos de muebles, cajas para baterías y otros accesorios de automóvil, tuberías y conexiones, cuerda, hilo cinta, rafia para costales; conos canastillas y otros accesorios para la industria textil.

Otros producto que presenta muchas ventajas en su recuperación es el Polietilenoftalato (PET), el cual puede ser empleado para la elaboración de botellas de bebidas mediante moldeado multicapa, en el que la capa de resina reciclada permanecerá en la parte intermedia de las películas de resina virgen. Este método es llamado Multilayer Repete System, permite el moldeado por coinyección por moldeado de los dos materiales en una estructura de tres capas, en la cual el PET contaminado es laminado entre dos capas de PET virgen para formar la pared del cilindro, en pruebas hechas se muestra que las capas circundantes de material virgen efectivamente previenen la migración de contaminantes que pudieran sobrevivir al proceso de lavado y moldeado.

TABLA C.1 APLICACIONES DE LAS MEZCLAS DE RESINAS RECICLADAS (30)

SECTOR	MANUFACTURA	USOS	NOTAS
Construcción Ing. Civil	Estacas Travesaños en escuadra y circulares. tablas planas mallas ajustables alcantarillas, cajas, rejillas para sifones de agua Postes, bloques para pavimento, vigas de ajuste	delimitaron de senderos y áreas de trabajo, señalización vial y otros. Consolidación de terrenos, pavimentación de caminos, estructuras de contención, empalizadas, berandes, etc. empalizadas, estructuras de contención. consolidación de taludes y terrenos. acueductos, alcantarillado y similares Usados como soportes, fabricación de tarimas. Consolidación de calles y carreteras. Los postes pueden ser usados en cercas y son moldeados por inyección.	Son las principales aplicaciones del plástico más de recuperación, producidos por colado. Presentan mayor estabilidad dimensional que las estacas, se aconseja moldearlas a presión. Se añade polvo de caucho cuando la estructura es sometida a grandes cargas. Es posible moldear tablas dotadas de enganches pre-diseñados (estructuras ajustables). Capacidad óptima de drenaje, livianes y facilidad de montaje en el sitio. Productos de desechos de PE + PP mezclados con cenizas de incineradores de lodos de plantas de purificación de aguas (proceso patentado) o bien con CaCO ₃ como carga. Fabricados por moldeo por extrusión o inyección. Dependiendo del uso aceptan cargas hasta del 50% tales como arena, CaCO ₃ , fibras, vidrio, papel.
PARQUES, JARDINES ESPACIOS URBANOS.	Estacas Tablas, reglas, postes	Cerramientos de plazas, soportes para trasplante de arboles. Elementos de construcción para cerramientos, bancas, empalizadas, cercas para terrenos de fuego.	Producidos por moldeo por colado, desechos molde. Para ciertas aplicaciones se producen redondeles con superficies rugosas (tipo madera). Comúnmente se fabrican de PE + PP a menudo con cargas de serrín. Para algunos modelos de mallas se usa poliestireno expandido y cemento.
AGRICULTURA Y ZOOTECNIA	Estacas, travesaños, redondeles, tablas	Cerramientos, empalizadas, tabiques para establos, estructuras de construcción de terrenos o del agua de irrigación.	Producidos de desechos plástico molde, utilizando la técnica de moldeo por extrusión, inyección y compresión.
TRANSPORTE VIAL Y FERROVIARIO	Bloques perfilados Cunetas Durmientes	Soportes para distribuir la carga entre el plato y el chasis de los camiones y similares. Bloqueo de las llantas durante la detención. Soportes de rieles.	Producidos con PE + fragmentos de neumáticos viejos.

TABLA C.1. APLICACIONES DE LAS MEZCLAS DE RESINAS RECICLADAS (30)

SECTOR	MANUFACTURA	USOS	NOTAS
	Perfiles Cunas	Protección de tubo metálicos durante el transporte. Soportes para barillas.	
ENERGIA ELECTRICA Y TELEFONIA.	Cables para cable. Estacos	Para enrollado de cable señalización de cables enterrados.	Se pueden fabricar de diferentes dimensiones por moldeo por extrusión.
PEBSA	Entarimados	En estaciones portuarias para desalijamiento de productos de embarque y desembarque.	Producidas por moldeo por compresión.

TABLA C.2. APLICACIONES PARA RESINAS PURAS RECUPERADAS MEDIANTE RECICLAJE (30)

SECTOR	MANUFACTURA	USOS	NOTAS
Pesca	Trampas	Captura de pulpos	Productos de descarte de películas de polietileno. Gran duración y eficiencia.
	Estructuras para parques marinos.	Creación de hábitat para peces	Productos de mezcla de PE + Arena.
	Boyas	Redes de Pesca	
CONSTRUCCION E ING. CIVIL.	Tubos agujerados, Canchales perforados en U.	Drenaje de terrenos, obras de desagüe y canalización de aguas de lluvia	Fabricados principalmente de PEAD y PEBD
	Rejillas de orificios estrechos	Conductos de ventilación y aire acondicionado.	Producidas por moldeo por inyección, requieren de materiales de buena calidad.
	Losas y Láminas.	Cubrimientos de techos, pavimentación industrial.	Por calandrado de descartes de PVC.

TABLA C.2. APLICACIONES PARA RESINAS PURAS RECUPERADAS MEDIANTE RECICLAJE (30)

SECTOR	MANUFACTURA	USOS	NOTAS
AGRICULTURA Y ZOOTECNIA.	Cerramientos, empalizadas, tabiques para establos, estructuras de construcción de terrenos o del agua de irrigación. Varios	Planes para cercados, abrevaderos. Drenajes de terrenos, diseño de establos, canales de irrigación. Cebos de maza y martillos.	Ben ligeros t tienen buena resistencia a la corrosión. Construidos de PEBD y PEAD. Usados para plantar estacas en la tierra, resisten los golpes sin fracturarse.
TRANSPORTE VIAL Y FERROVIARIO	Losses Fantasmas	Protección de góndoles y furgones en camiones y trenes. Señalización de Kilometraje.	Producidos con polietileno recuperado de revestimiento de cables con la adición de cargas. Producidos con materiales rígidos como PEAD y PVC.
EMBALAJE Y DE TRANSPORTE MERCANCIAS.	Contenedores	Agua mineral, cervezas, bebidas, frutas y legumbres, etc.	Ligeros y fáciles de superponerse se producen de polietileno por moldeo o bajo presión.
OTROS	Hilo Macetas Juguetes Fibras Tablas Bañeras, Tinas, Mostradores, Suelos, Secciones de hornos, Sillones para bicicletas Ases de equipaje Juguetes para perros Topes de puertas. Animales de juguete Pedales para bicicleta Ruedas de cortadora de césped. Partes de autos	Hilo para tapetes Sustituto de material virgen Material de relleno para abrigo de esquiar (5la partes). Para plataformas, cubiertas, techos, etc.	Botellas de bebida. PET Botellas de bebidas. PET Botellas de bebidas. PET Fabricado de botellas de bebidas. Fabricado de envases y contenedores de leche. De contenedores de bebidas. Desechos de PVC. Desechos de PE, PS, PVC Desechos de PS, PVC Desechos de PE, PVC. Desechos de PP, PVC.

TABLA C.2 APLICACIONES PARA RESINAS PURAS RECUPERADAS MEDIANTE RECICLAJE (31)

SECTOR	MANUFACTURA	USOS	NOTAS
ENERGIA ELECTRICA Y TELEFONIA.	Placas de recubrimiento para cables Paneles, rectangulares, tablas, reglas, postes. Tuberías	Lineas para cables enterrados Construcción de cajas de registro u centrales de distribución. Para redes de tendido de cable.	Elementos livianos fáciles de transportar y manejar. fabricados de PEBD por moldeo por extrusión.

ANEXO D MEMORIA DE CALCULO

SD.1.1 EQUIPO Y MOBILIARIO DE OFICINA

Las ecuaciones de correlación empleadas para la evaluación de los costos de equipo, consideran las variables de diseño de cada uno de los equipos, los cuales se especifican a continuación:

TRANSPORTADOR NEUMATICO

$$C = \exp(3.5612 - 0.0048 \ln W + 0.913 \ln W^2)$$

$$10 < W < 100 \text{ Kb./hr.}$$

MOLINO DE MARTILLOS

$$C = 2.44W^{0.78}$$

$$2 < W < 200 \text{ Ton./hr.}$$

SECADOR ROTATORIO CALENTADO CON AIRE

$$C = 2.38(1 + f_g + f_m) A^{0.63}$$

$$200 < A < 400 \text{ sqft}$$

$$f_g = 0.35; \text{ con combustión de gas (contacto indirecto)}$$

$$f_m = 0.2; \text{ forrado con acero}$$

INTERCAMBIADOR DE CALOR DE TUBOS Y CORAZA

$$C = f_d * f_m * f_p * C_b$$

$$C_b = \exp(8.821 - 0.30863 (\ln A) + 0.066 (\ln A)^2)$$

$$f_d = \exp(-1.1156 + 0.0806 (\ln A)); \text{ tubos en U (tipo)}$$

$$f_m = g_1 + g_2 * \ln A \quad (\text{material})$$

$$g_1 = 0.8303; \text{ acero al carbón 316}$$

$$g_2 = 0.23296$$

$$f_p = 0.7771 + 0.04981(\ln A); \text{ rango de presión de 100 a 300 sig.}$$

$$150 < A < 12,000 \text{ sqft}; A \text{ área de transferencia de calor}$$

BOMBAS CENTRIFUGAS

$$C = f_m * f_t * C_b; \text{ bomba con base de acero al carbón, vsc}$$

$$C_b = 1.55 \exp(8.833 - 0.6019 (\ln Q (H)^{1/2}) + 0.0519 (\ln Q (H)^{1/2}))$$

$$Q (\text{=}) \text{ GPM}$$

$$H (\text{=}) \text{ Ft de calor}$$

$$f_m = 1.35; \text{ bomba de acero al carbón}$$

$$f_t = \exp(b_1 + b_2 (\ln Q (H)^{1/2}) + b_3 (\ln Q (H)^{1/2}))$$

$$b_1 = 5.1029, b_2 = -1.2217, b_3 = 0.0711; \text{ se refiere a una sola etapa 1750 rpm y vsc.}$$

RECIPIENTES VERTICALES

$$C = f_m * C_b + C_a$$

$$f_m = 1.7; \text{ acero inoxidable}$$

$$C_b = \exp(9.1 - 0.2889(\ln W) + 0.04576 (\ln W)^2)$$

$$5,000 < W < 226,000 \text{ lb.}$$

$$C_a = 246 \cdot D^{0.7398} L^{0.7068}$$

$$D = \text{diámetro, } 6 < D < 10 \text{ ft}$$

$$L = \text{longitud tangente tangente, } 12 < L < 20 \text{ Ft.}$$

CICLON

$$C = 0.65 Q^{0.91}; 2 < Q < 40 \text{ scfm.}$$

Para actualizar el costo de los equipos calculados se utilizaron los índices económicos publicados en el Chemical Engineering de los años 1970, 1981 y 1994 utilizándolos en la siguiente ecuación:

$$\text{Costo Actual} = \text{Costo Anterior} (\text{Índice del Costo Actual} / \text{Índice del Costo Anterior}).$$

Los costos evaluados de esta manera se obtuvieron en dólares, para obtener los precios en miles de nuevos pesos se utilizó una paridad de 6 nuevos pesos por dólar.

El costo actual de la extrusora fue evaluado directamente considerando 10 toneladas de presión de cierre, incluye un porta molde, equipo de alimentación, tablero de control, así como un molde en acero tratado, bipartido.

Con respecto a los costos de mobiliario y equipo de oficina mostrados en el cuadro 5.2, así como la báscula, montacargas y equipo de transporte estos se obtuvieron directamente de distribuidores nacionales.

Todos los costos tanto de maquinaria equipo y mobiliario se actualizaron con respecto del año de 1994.

El pronóstico de crecimiento de producción de resina recuperada es como sigue:

AÑO	% INCREMENTO DE LA PRODUCCION
1	0
2	5
3	8
4	10
5	10
6	10
7	12
8	15
9	15
10	15

8D.1.2 SERVICIOS AUXILIARES

ANO	PRONOSTICO DE VENTAS (%)	NUMERO DE TARIMAS	VALOR DE VENTAS " (M N\$)	VOLUMEN DE RESINA RECUPERADA (Kg)	CONSUMO DE PEAD COMO M.P. (Kg)
1995		5,729	1,148	94,523	137,308
1996	5	5,872	1,174	96,886	141,256
1997	8	6,101	1,220	100,666	146,766
1998	10	6,387	1,277	105,393	153,656
1999	10	6,674	1,335	110,119	160,548
2000	10	6,960	1,392	114,845	167,437
2001	12	7,304	1,461	120,518	175,705
2002	15	7,734	1,547	127,605	186,041
2003	15	8,163	1,633	134,695	196,376
2004	15	8,593	1,719	141,784	206,712

ANO	SOLUCION (l) ²	CONSUMO DE AGUA (l) ²	DETERGENTE CONSUMIDO (Kg)	VALOR DEL DETERGENTE (MNS) ⁴	COMBUSTIBLE ⁵	VALOR DEL COMBUSTIBLE (MNS)
1985	275,616	261,535	13,781	96	4,180	4.3
1986	282,308	269,351	14,125	99	4,285	4.5
1987	283,531	278,854	14,877	103	4,463	4.6
1988	307,312	291,949	15,388	108	4,666	4.8
1989	321,093	305,038	16,055	112	4,688	5.0
2000	334,873	318,130	16,744	117	5,091	5.3
2001	351,410	333,840	17,571	123	5,343	5.6
2002	372,032	353,478	18,604	130	5,686	5.9
2003	362,752	373,115	19,638	137	5,971	6.2
2004	413,424	392,753	20,871	145	6,288	6.5

1/ El costo de venta por tarima, propuesto, es de 200 N\$/tarima.

2/ Se requieren dos litros de solución por detergente para lavar 1 Kg de PEAD.

3/ La solución es al 5% en peso del detergente, se considera su densidad de 1.

4/ Precio unitario del detergente es de 7 N\$/Kg.

5/ Precio unitario de PEAD es de 0.45 N\$/Kg.

6/ Costo unitario de combustible es 1.04 N\$/l.

8D.2 ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA

