

74
2ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

T E S I S

"TECNICAS Y PROCESOS PARA RECICLADO DEL POLIETILEN
TEREFTALATO, GRADO ENVASE, APLICADOS A LA
CIUDAD DE MEXICO."

Que para obtener el título de
INGENIERO QUIMICO
p r e s e n t a
OTHON SADO TH HUERTA JIMENEZ



México, D. F.

1993

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

	PAG.
CAPITULO 1 INTRODUCCION.	1
CAPITULO 2 GENERALIDADES.	4
2.1 ¿CUANTA BASURA SE PRODUCE EN EL D.F.?	4
2.2 ¿DE QUE ESTA COMPUESTA LA BASURA EN LA CIUDAD DE MEXICO?	6
2.3 ¿CUANTO PLASTICO HAY EN LA BASURA?	7
2.3.1 CONSUMO DE PET NIVEL NACIONAL.	9
2.4 ¿QUIEN PRODUCE PET EN MEXICO?	10
2.5 PROPIEDADES GENERALES DEL PET.	11
2.6 ¿QUIEN CONSUME Y EN QUE SE CONSUME PET EN EL D.F.?	16
2.7 ESCENARIO DEL MERCADO DEL PET.	18
CAPITULO 3 PROCESOS PARA LA FABRICACION DEL PET.	23
3.1 PROCESO PARA OBTENER PET APARTIR DE DMT-ETG.	24
3.2 PROCESO PARA LA OBTENCION DE PET APARTIR DE TPA-ETG.	27
3.3 PROCESOS PARA OBTENER PET APARTIR DE TPA Y OXIDO DE ETILENO.	28
3.4 FABRICACION DE BOTELLAS DE PET.	31
3.4.1 INYECCION-SOPLADO.	32
3.4.2 INYECCION-PREFORMA.	33
3.4.2.1 CODICIONES DE OPERACION PARA LA ELABORACION DE LAS PREFORMAS.	36
3.4.3 RECALENTAMIENTO Y BIORIENTACION DE PREFORMAS.	38
3.5 MARCAS DE MAQUINAS INYECTORAS-SOPLADO-BIORIENTADO DE PET.	40
CAPITULO 4 TRATAMIENTO DE RESIDUOS PLASTICOS A PARTIR DE BASURA.	41
4.1 RELLENO SANITARIO.	41
4.2 PEPENA.	43
4.3 COMPACTACION.	44
4.4 INCINERACION.	44
4.5 COMPOSTEO.	45

4.6	QUIMICO.	45
4.6.1	PIROLISIS.	45
4.7	DEGRADABILIDAD.	46
4.7.1	FOTODEGRADACION.	48
4.7.2	BIODEGRADACION.	49
4.8	RECICLADO.	51
4.8.1	LEGISLACION.	51
4.8.2	INFORMAR Y MOTIVAR A LA POBLACION.	52
4.8.3	ACTUAR.	52
4.9	SISTEMAS DE CODIFICACION DE ENVASES DE PLASTICOS.	53
CAPITULO 5 TECNOLOGIAS PARA EL RECICLADO DE PET.		55
5.1	PLASTICOS DE LA MISMA ESPECIE.	55
5.1.1	MOLIENDA.	56
5.1.1.1	CARACTERISTICAS EN EQUIPOS DE MOLIENDA CRIOGENICA.	58
5.1.2	ASPECTOS DE SEGURIDAD PARA EL EMPLEO DE MOLIENDA CRIOGENICA.	59
5.1.3	COMPACTADO.	60
5.1.4	GRANULACION (PELLETIZACION).	60
5.1.5	MODIFICACION CON ADITIVOS.	60
5.2	LINEAS COMPLETAS DE RECICLADO.	61
5.2.1	PLASTICOS MEZCLADOS.	62
5.3	EFICIENCIA GLOBAL DE PROCESO DE RECICLADO DE PET.	65
CAPITULO 6 SUGERENCIAS Y RECOMENDACIONES PARA ELEVAR LAS EFICIENCIA EN EL PROCESO DE RECOLECCION DE PET.		67
6.1	RECOMENDACIONES.	69
CAPITULO 7 CONCLUSIONES.		71
7.1	PROBLEMAS DE RECOLECCION Y ACOPIO DE MATERIALES.	71
7.2	CONCLUSIONES FINALES.	72
BIBLIOGRAFIA.		78

1.0 INTRODUCCION

Las sociedades modernas imponen formas de vida en las que el consumo de materias primas se incrementa peligrosamente, muy especialmente las materias primas plásticas, todo esto debido a nuestro afán de vivir más comodamente y hacernos la vida más fácil sin darnos cuenta de que estamos acabandonos los recursos naturales de la Tierra.

La industrialización, producción y venta de toda clase de productos, muchas veces innecesarios, ha traído como consecuencia la basura y contaminación del medio ambiente.

ESQUEMA #1 (REF. #20).



Por otro lado, durante los últimos años, se ha hecho cada vez más evidente que las materias primas no son inagotables. Este hecho incide cada vez más sobre la necesidad de economizarlas, será necesaria la recolección y reutilización de los desechos plásticos generados por las industrias fabricantes y transformadoras así como por el consumidor final.

"Es urgente hacer conciencia de que el cuidado del medio ambiente debe ser parte de nuestra cultura".

El PET es un plástico que combina la ligereza y la resistencia a la corrosión, manteniendo un equilibrio en sus propiedades de rigidez y dureza.

La industria del PET provoca el problema ecológico por la generación de desperdicios ya que los tiempos de utilización de los productos fabricados de este material, son pequeños con respecto a su

ciclo de vida que es largo, por ejemplo botellas de leche, etc. Este tipo de desechos es un factor que afecta la competitividad de los plástico frente a otros materiales como el vidrio.

Este problema no lo generan los plásticos por si mismos, sino que son consecuencia de las tecnologías desarrolladas sin tener en cuenta el entorno ecológico.

El volúmen de residuos que produce cada habitante es un índice que se relaciona directamente con el nivel de vida de la comunidad a la que pertenece y al grado de industrialización del lugar de donde proviene.

El ritmo comercial de nuestra sociedad, la continua conquista de nuevas metas tecnológicas y la errónea creencia de que los recursos naturales son inagotables, son algunos de los factores que contribuyen a la actual producción de residuos en las sociedades de consumo.

Ante esta problemática han surgido ideas que han servido para desarrollar tecnologías que buscan reciclar los desperdicios plásticos recuperando parte de la energía incorporada ó bien desarrollar nuevas tecnologías amigables con el medio ambiente.

Para abatir el problema de la contaminación se han desarrollado diferentes alternativas tecnológicas para el tratamiento y disposición de residuos plásticos; estas alternativas persiguen dos objetivos:

- Protección al ambiente mediante el tratamiento de desechos e implementación de tecnologías menos contaminantes;
- El segundo objetivo es contribuir a la conservación de recursos no renovables compensando la creciente escasez de materias primas.

El presente trabajo tiene como objetivo estudiar los aspectos de fabricación del PET poli(etilen-tereftalato) grado envase,

estudiar la generación de desperdicios de PET, recolección de desperdicios de PET, reciclado de botellas ó envases de PET. Propositiones para mejorar el sistema de reciclado de PET grado envase.

Se enfoca a el tratamiento y disposición del PET porque este es uno de los plásticos más importantes desde el punto de vista económico, por su aplicación como envase en bebidas carbonatadas.

El reciclado del PET, en nuestro país es un dato desconocido, ya que la mayoría de las plantas que se dedican a esta actividad son pequeñas y no existe información reportada que sea confiable. Sin embargo es un factor que hay que considerar para el establecimiento de nuevas plantas, ya que el reciclado podría constituirse en una fuente de materias primas, de costo más bajo en aquellos casos en que sea posible utilizarse.

Para que sea viable el reuso de material de postconsumo se deberá grabar en moldes y materiales el código internacional para reciclado y hacer estudios de los ciclos abiertos y cerrados que sigue el material en su recuperación y posterior reciclado.

Agradezco a la compañía Celanese Mexicana S.A., la información proporcionada y facilidades para poder obtener el proceso de fabricación y reciclado de PET.

Agradezco la información proporcionada en Celanese Mexicana S.A., al Ing. Alfonso Vaca, Jefe de la sección de PET.

2.0 GENERALIDADES

2.1 ¿ CUANTA BASURA SE PRODUCE EN EL D.F. ?

En México como en el mundo, no sólo se produce maquinaria, bienes de inversión y de consumo, y como consecuencia de estos procesos también residuos y desechos que en conjunto producen el desequilibrio ecológico que hoy padecemos, aunado a lo limitado de los recursos renovables y no renovables, que se emplean para producir los satisfactores de uso breve, pasando después a formar parte de grandes cantidades de basura.

Existen ciertas causas para que la basura se acumule, puede ser por incultura, hábito, pereza ó simple irresponsabilidad, pero hasta la fecha en ninguna parte del mundo se ha dado la solución efectiva:

La basura no es nada más un problema por la contaminación que produce o por ser fuente de enfermedades diversas; sino que también es una carga para toda la sociedad por el costo económico que representa.

En el año de 1982 por ejemplo, se produjeron aproximadamente 48,000 toneladas diarias de basura en la ciudad de México, en 1990 fueron 62,000 toneladas diarias y se estima que para el año 2000 serán 100,000 toneladas/día. (REF. #5).

De acuerdo con las referencias consultadas alrededor del 30% de la basura que se genera en la República Mexicana se encuentra localizada en el área metropolitana ocupando un volumen equivalente a 3 veces la magnitud del Estadio Azteca cuando se acumula durante un mes, es decir, 3 millones de metros cúbicos y en todo el país son un total de 10 millones de metros cúbicos mensuales.

En el mundo, el total de basura producida es de 775 millones de

toneladas por año, siendo los países más industrializados y las ciudades de mayor población los mayores aportadores con una generación per cápita al día que va desde 2.5 kilogramos los países de menor población, hasta 4.5 kilogramos en los países altamente industrializados.

Los estudios realizados acerca de la variación en la composición de la basura, nos indica que dependen de factores como el estrato social, las costumbres de la población, la ubicación geográfica, los sistemas de servicio de limpia y la actividad económica.

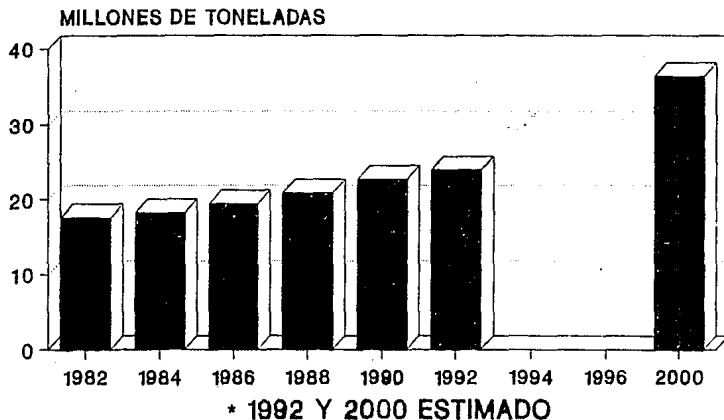
Los plásticos representan menos del 6% del total de basura y se considera, creemos nosotros que equivocadamente, se piensa un material de alto riesgo para el medio ambiente.

Es cierto que los desechos plásticos provenientes de envases como bolsas, botellas, películas, vasos desechables, jeringas, causan problemas en el manejo de la basura por ocupar grandes volúmenes debido a su baja densidad, pero lo que es cierto es que si estos se separan representan una valiosa fuente de materias primas y esto implica una gran oportunidad para el desarrollo de nuevas industrias, ya que su reciclado se puede efectuar y este tipo de negocios son altamente rentables.

En la gráficas #1 y #2 se muestra la producción de basura en México por años y por día respectivamente.

En la gráfica #3 y #4 se muestra la producción de basura por estados, y la producción de desechos plásticos a nivel mundial respectivamente.

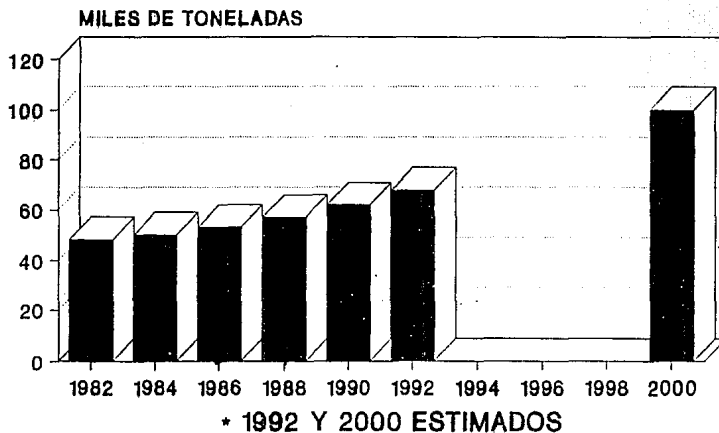
PRODUCCION DE BASURA EN MEXICO MILLONES DE TONELADAS/ANUALES



■ MILLONES TON.

GRAFICA #1 (Ref. #5)

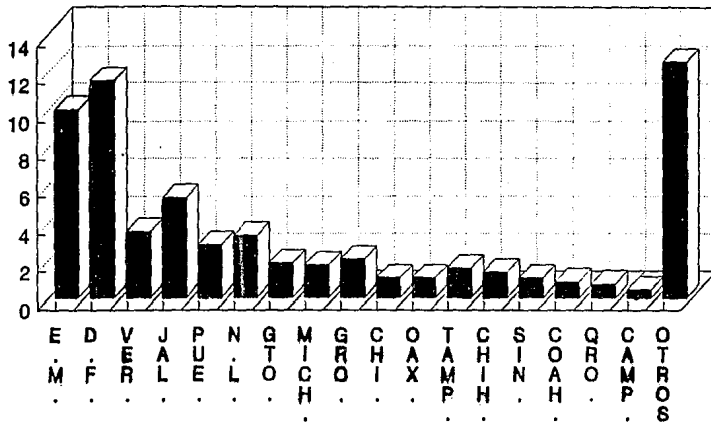
PRODUCCION DE BASURA EN MEXICO POR DIA MILES DE TONELADAS



■ MILES DE TON.

PRODUCCION DE BASURA POR ESTADO DE LA REPUBLICA MEXICANA. MILES DE TONELADAS/DIA (MEXICO 1990)

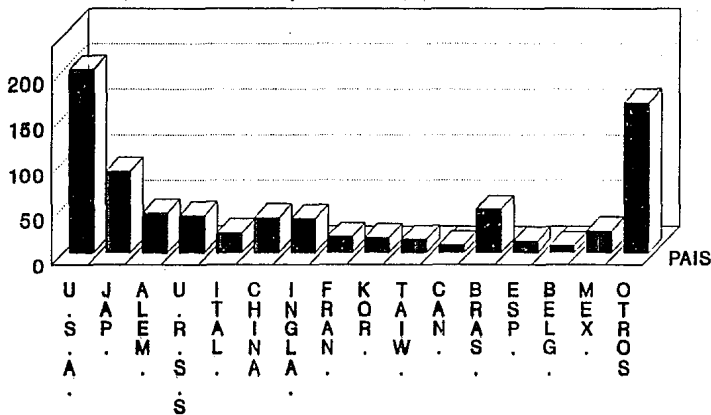
Miles de Ton. (1.7 kg/hab-día)



Total 62 000 ton/día (85 Mill. habitan.)

PRODUCCION DE DESECHOS PLASTICOS NIVEL MUNDIAL EN 1990

MILL. DE TON. Total plast. 42 MTon./año



BASURA TOTAL: 775 MILLONES DE TON/AÑO

GRAFICA #4 (Ref. #5)

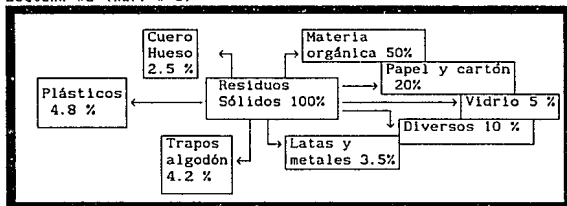
2.2 ¿ DE QUE ESTA COMPUESTA LA BASURA EN LA CIUDAD DE MEXICO ?

COMPOSICION DE LA BASURA DOMESTICA EN LA CIUDAD DE MEXICO
TABLA #1 (REF. #5)

MATERIAL	% BASURA	MATERIAL	% BASURA
Material orgánico	49.507	Vidrio color	2.619
Papel	15.306	Trapo, algodón	4.210
Cartón	4.202	Plástico rígido	1.085
Lata	2.803	Plástico película	2.718
Envases Tetrapack	1.187	Fierro	0.347
Cuero	1.023	Poliétileno exp.	0.030
Papel estaño	0.107	Hueso	1.293
Mat. construcción	1.280	Fibras	0.307
Madera	0.801	Hulespuma	0.036
Vidrio blanco	5.640		

En lo que respecta a la generación total de desechos en el D.F., la vivienda ocupa el primer lugar con el 67%, en segundo se encuentra la industria con el 24 % y en tercero la vía pública con el 9%.

ESQUEMA #2 (REF. # 5)



2.3 ¿ CUANTO PLASTICO HAY EN LA BASURA ?

Debido a que el consumo de plástico está orientado en México principalmente al sector de envase ocupando este el 47% el cual a su vez tiene un período de utilización muy corto de menos de un año, en la actualidad en él se centran los mayores problemas.

En México, como en otras partes del mundo la principal fuente de desechos plásticos son las familias aportando el 70%, segundo las industrias con un 20% y finalmente comercios e instituciones con el 10% dando un total de 625,000 Toneladas/Mes.

Analizando el consumo total de plástico, que es de 1'270,000 Ton/mes se puede observar que el 49% de este se convierte en basura quedando en vida útil el 51% en aplicaciones de sectores como el de la construcción, eléctrico-electrónico, muebles, automotriz.

En la gráfica #5 se muestra el porcentaje de cada plástico en la basura en el año de 1990 en la ciudad de México.

En el año de 1990 unicamente se registró un reciclaje de materiales plásticos en general de 140,000 toneladas que equivale al 11% del consumo total y cuyas fuentes principalmente provienen de los propios productores de plásticos.

En general, los desperdicios plásticos están básicamente formados por PEBD, PEAD, PVC, PP, PS y PET. Para el PET se presenta un análisis de generación y recuperación de desperdicios.

Nomenclaturas:

PEBD (Polietileno de baja densidad)

PEAD (Polietileno de alta densidad)

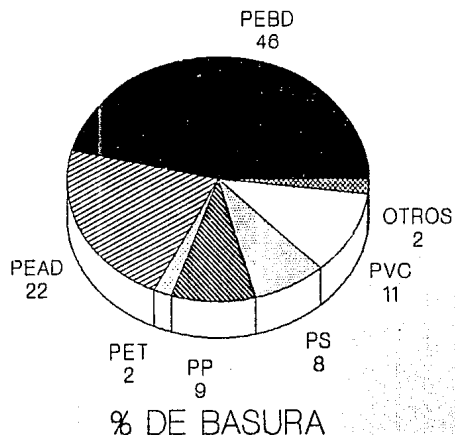
PVC (Cloruro de polivinilo)

PP (Polipropileno)

SITUACION GLOBAL DE LOS PLASTICOS

COMPOSICION DE BASURA DE PLASTICOS

EN LA CIUDAD DE MEXICO.

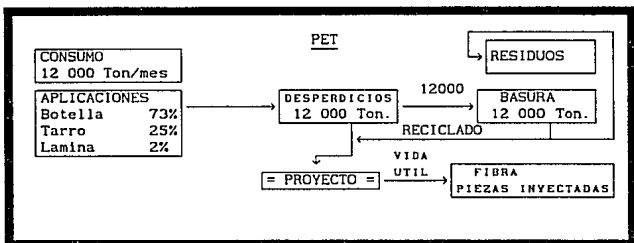


GRAFICA #5 (Ref. #5)

PS (Poliestireno)

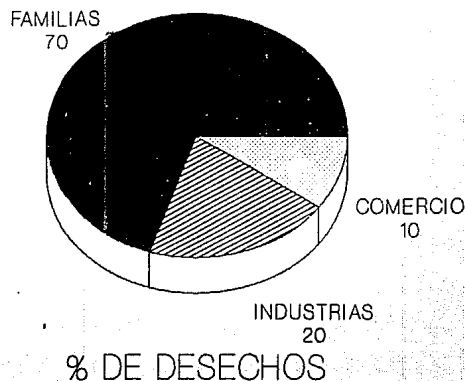
PET (Poli(etilen tereftalato))

2.3.1 CONSUMO DE PET NIVEL NACIONAL
ESQUEMA #3 (REF. #6)



En la gráfica #6 se muestra la contribución en 1990 aportados por las familias, industrias y comercios.

**CONTRIBUCION DE DIFERENTES SECTORES DE
LA COMUNIDAD A LOS DESECHOS PLASTICOS
TOTAL DE TON.: 625 000 TON./MES EN 1990**



GRAFICA #6 (REF. #8)

2.4 ¿ QUIEN PRODUCE EL PET EN MEXICO ?

EMPRESAS QUE PRODUCEN PET GRADO ENVASE EN MEXICO

En México existen dos fabricantes de PET grado envase, son las compañías:

1.- Celanese Mexicana, S.A.

2.- Kimex, S.A.

Así mismo se cuenta con representación de varias empresas productoras a nivel mundial que abastecen el mercado nacional principalmente el PET grado ingeniería y grado envase, entre las más importantes se encuentran:

TABLA #2 (REF. #20)

Empresa:	Marca del envase:
Hoechst Celanese, S.A. de C.V.	Tercel
Kimex, S.A.	Kintex 3600
General Electric Plastics México, S.A.	
Bayer de México, S.A. de C.V.	
Hcpp Mexicana, S.A. de C.V.	Impet
Du pont, S.A. de C.V.	Selar
ICI, S.A. de C.V.	Melinox
Good Year S.A. de C.V.	Cleartuf
Akzo Plastics S.A. de C.V.	Arnite
Eastman Chemical, S.A. de C.V.	Kodak
Rhoun Poulenc Rtp Company Isans/Sasa	PET

La producción de envases de PET soplado, de todo tipo, está 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 está orientada a la producción a gran escala.

2.5 ¿ PROPIEDADES DEL PET ?

A continuación se muestran las principales propiedades físicas, mecánicas, eléctricas y térmicas del PET grado envase (botellas) y del vidrio dado que es el material que actualmente se está reemplazando por el PET.

TABLA #3 (REF. #1)

PROPIEDADES GENERALES	PET	VIDRIO
Densidad esp. g/cm ³ a Temp. ord.	1.37	2.58
% adsorción de H ₂ O a 23 oC después de 24 horas.	0.08	
Al equilibrio.	0.60	
% merma al moldearse.	2.0	
Dureza rockwell.	M106	
Abrasión 1kg, mg/1000 ciclos.	3	
Coefficiente de fricción:		
contra el mismo	0.28	
contra metales	0.17	
Indice de Refracción	1.655	1.4585
RESISTENCIA Y DUREZA A 23 oC		
Resistencia a la tensión kg/cm ²	540	
% elongación a tensión.	300	
Resistencia a la flexión kg/cm ²	1162	
Resistencia a compresión kg/cm ²	1304	
Resistencia al corte kg/cm ²	6016	
Modulo de flexión kg/cm ²	28847	
Modulo de masa kg/cm ²		420000
Modulo de rigidez kg/cm ²		317000
Modulo de Young kg/cm ²		738000
Modulo de elasticidad kg/cm ²		670000
TENACIDAD		
Fuerza de resistencia impac. kg*cm		
Ranurado a 23 oC cm	43.67	94.23
Ranurado a 40 oC	35.78	
Sin ranurar a 23 oC	Sin ruptura	
Sin ranurar a 40 oC	Sin ruptura	
Limite endurecimiento fatig. kg/cm ²	244	

TABLA #4 (REF. #1)

TERMICAS/FLAMABILIDAD

Conductividad térmica Cal/g oC	0.315	0.17
Temperatura de deflexión oC a		690
4.7 kg/cm ²	115	
A 18 kg/cm ²	85	
Coefficiente térmico de expansión lineal x 10 ⁻⁵ /oC	7.2	0.88
Conductividad térmica Cal/(cm ² seg oC/cm)	0.00036	0.00328
Indice de temperatura eléctrico y mecánico con impacto en oC	140	
Mecánico sin impacto.	140	
Indice de oxígeno en %.	21	
Resistencia química.	Excelente	Excelente

ELECTRICAS

Resistencia volumétrica Ω cm* 10 ¹⁶	3.5	>10 ¹⁷
Resistencia dieléctrica Kv/mm	23.6	
Constante dieléctrica a 100 Hz.	3.6	3.7-3.9
A 10 ⁶ Hz.	3.4	
Factor de disipación a 100 Hz.	0.005	<0.0008
A 10 ⁶ Hz.	0.02	<0.0004

La morfología del PET, tiene un efecto determinante en sus propiedades físicas como son las siguientes:

TABLA #5 (REF. # 2)

PROPIEDAD	PET
Transmisión de la luz.	nada
Lubricidad.	alta
Estabilidad dimensional.	alta
Encogimiento al moldeo.	alta
Resistencia a disolventes.	alta
PERMEABILIDAD	
cm ³ -mm(espesor)/100in ² -dia-atm a 25 oC	
CO ₂	12-20
O ₂	5-10
H ₂ O	2-4

El PET, es transparente en estado amorfo; posee un punto de fusión de 260 oC, y una temperatura de descomposición de 290 oC, el índice de

refracción a 25 °C es 1.655 y su factor de área es de 28.44 m²/kg; su calor específico a 25 °C es 0.315 Cal/g °C y a 200 °C es 0.47 Cal/g °C su conductividad térmica es a 100 °C de 0.00036 Cal/cm²seg °C/cm.

El PET presenta excelentes propiedades térmicas, un muy bajo porcentaje de adsorción de H₂O, por lo que permite mantener su estabilidad dimensional; por otro lado sus propiedades mecánicas lo hace ideal para la manufactura de partes pequeñas y muy complejas.

Cualquier reducción en el peso molecular del polímero significa una reducción en la viscosidad intrínseca y si la pérdida es excesiva ocasiona una velocidad de cristalización mayor a la adecuada. La viscosidad intrínseca está en función de la humedad y la temperatura.

Humedad:

El PET es un polímero higroscópico por lo que el nivel de humedad debe estar perfectamente controlado, pues se puede presentar la degradación hidrolítica durante el estado de fusión.

Cristalización:

Cristaliza entre 85 °C y 250 °C, la rapidez de cristalización es muy lenta cerca de los límites de este intervalo y presenta su punto máximo a 175 °C; entre 150 °C y 200 °C puede alcanzar la cristalinidad en menos de un minuto, pero a temperaturas como 95 °C ó 24 °C puede llevar horas. La razón por la cual el crecimiento de los cristales, fuera del intervalo 150-200 °C, es muy difícil, se debe a que temperaturas menores a 85 °C, las moléculas no tienen la suficiente energía y por arriba de 250 °C poseen demasiada para sólo cristalizar en la cantidad que se desea, fenómeno que se traduce con la claridad. Si la rapidez de calentamiento es lenta, se forman

cristales tan grandes que ocasionan que el PET tenga apariencia blanquizca lechosa, además de que provoca que el polímero sea quebradizo.

CORRELACIONES:

Viscosidad intrínseca:

$$\mu = 1.27(10^{-4}) \cdot PM^{0.86}$$

Viscosidad del PET en centípoise

$$\mu = 1.715 + 0.01 \cdot PM^{1/2}$$

A condiciones de temperatura y presión ambiental.

TABLA #6 (REF. #2)

μ	PM	μ	PM
0.237	6000	11076	1000
0.272	7200	18975	3000
0.285	7900	32161	6000
0.326	8900	48213	9000
0.376	10800	67826	12000
0.410	12600	91620	15000
0.442	13000	120242	18000
0.534	16354.9	142349	20000
0.564	17435.3		
0.5909	18037.9		
0.6467	20437.0		

El agua causa la degradación hidrolítica de la macromolécula a la temperatura de fusión del material, como resultado de la reacción completa del agua con el poliéster que se traduce en una modificación de la viscosidad intrínseca.

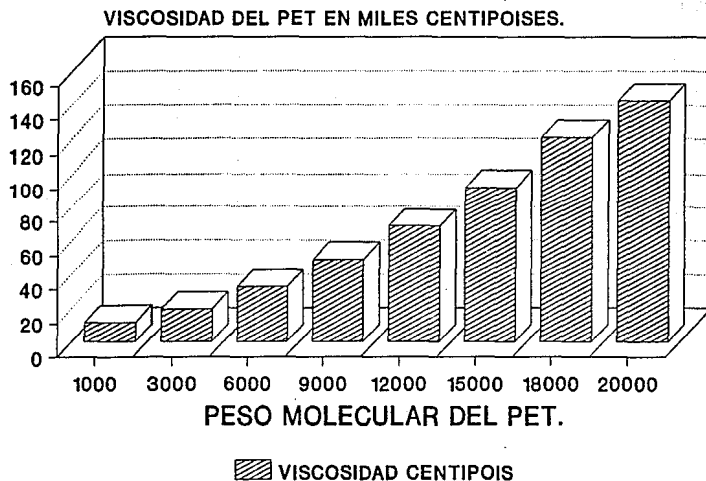
La reducción de la viscosidad intrínseca implica un decremento del peso molecular, debido al rompimiento de las cadenas moleculares del polímero, disminuyendo la dureza y resistencia del producto final; modifica las propiedades de flujo provocando que se peguen partes del material al molde y la aparición de nubes sobre la superficie del

artículo.

En la gráfica #7 y 7.1 se muestra el efecto de la viscosidad y viscosidad intrínseca contra el P.M. del poliéster (PET). (REF. #2).

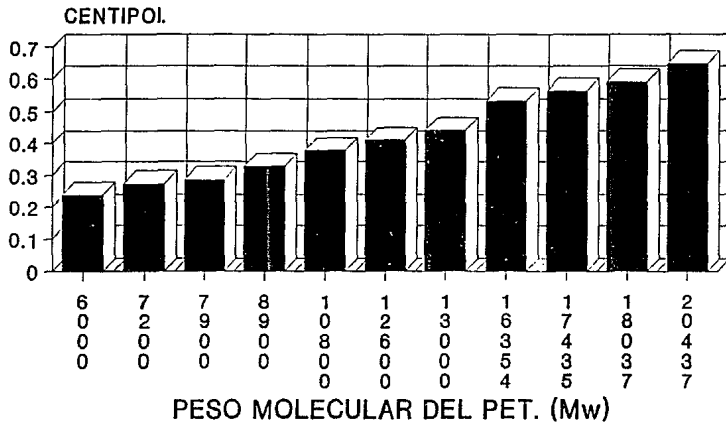
En el esquema #4 se muestra como se fabrica la resina de PET, para envases en bebidas carbonatadas, por el proceso de Celanese Mexicana, S.A.

VARIACION DE LA VISCOSIDAD CON RESPECTO AL PESO MOLECULAR DEL PET.



GRAFICA #7 (REF. 2)

VARIACION DE VISCOSIDAD INTRINSECA CON RESPECTO AL PESO MOLECULAR DEL PET.

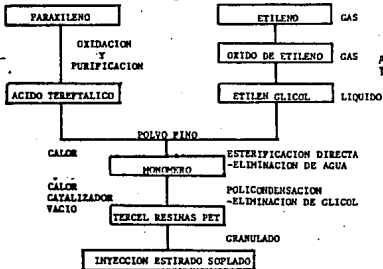
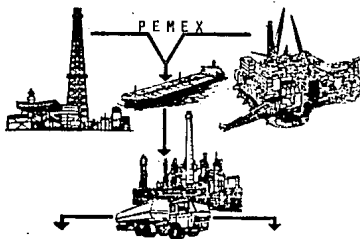


VISCOSID. INTRINSECA

GRAFICA #7.1 (REF.# 2).



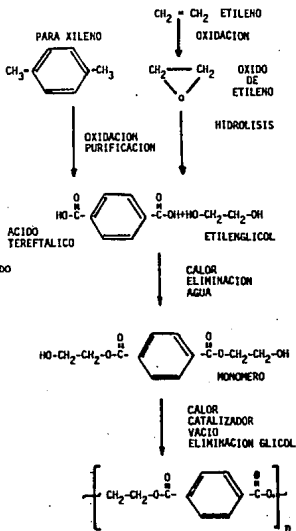
QUE ES Y COMO SE FABRICA.



BOTELLAS

ESQUEMA # 4 REFERENCIA # 25.

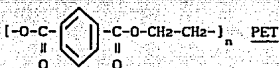
TERCEL RESINA PET.
QUIMICA DEL PROCESO



2.6 ¿ QUIEN CONSUME Y EN QUE SE CONSUME EL PET EN EL D.F. ?

El PET se usa como material para fabricar película para empaque, fotografía, en audio, video y rayos X.

A principios de los 70's el PET se transforma en un material para elaborar botellas y piezas de ingeniería. El PET para su elaboración parte de ácido tereftálico (TPA) ó del dimetil tereftalato (DMT), utilizando un glicol (etilen glicol).



El PET utilizado en la fabricación de botellas, al ser semicristalino y transformarlo bajo condiciones especiales, proporciona piezas altamente transparentes y de gran brillo, semejantes al cristal, además de poseer bajo peso, gran resistencia al impacto y tensión. Otra ventaja es su propiedad de barrera al O₂ y al CO₂, que lo hace ideal para envasar alimentos, cosméticos y bebidas carbonatadas.

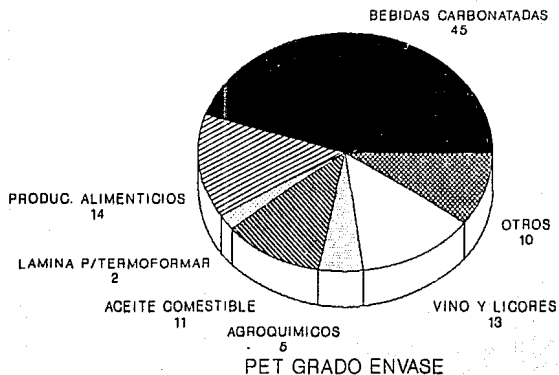
El PET se utiliza en botellas y tarros para aceite, alimentos condimentados, jugos, vinos, bebidas carbonatadas, shampoos, lociones, cosméticos, en fibra para reforzar llantas, telas, cordeles, electrodomésticos, fotocopadoras y computadoras.

El PET grado envase es utilizado principalmente en botella para bebidas carbonatadas debido a su buena barrera al CO₂ y en el envase de alimentos como conservas, mayonesas, mermeladas, contribuyendo a incrementar la vida de anaquel de estos productos.

Otra de las aplicaciones importantes se da en el envase de vinos, licores, insecticidas, detergentes domésticos y cosméticos.

En la gráfica #8 se muestra el % de segmentación de consumo de

% SEGMENTACION DEL CONSUMO DE PET EN LA CIUDAD DE MEXICO 1990 (11 558 Ton.)



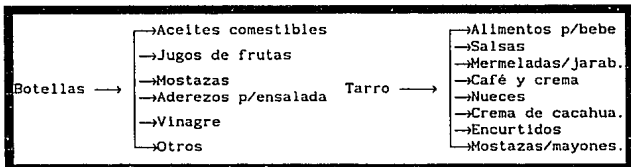
GRAFICA #8 (Ref. #5)

PET grado envase.

A continuación se dan las aplicaciones más importantes del PET en el sector de envases y empaques:

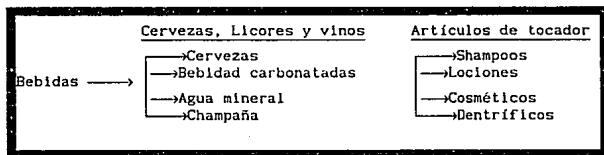
a) Envases y empaques.

ESQUEMA #5 (REF. #5)



Para productos que requieren un llenado en caliente, jugos, salsas, se utilizan envases moldeados con varias capas, PC + PET, PET + PAN, PET + PVC.

ESQUEMA #6 (REF. #5)



2.7 ESCENARIO DEL MERCADO DEL PET

TABLA #7 (REF. #19)

PET GRADO ENVASE (TON) 1991.					
AÑO	CAPACIDAD INSTALADA	PRODUCCION	IMPORTACION	EXPORTACION	CONSUMO APARENTE
1986	17100	11550	170	7000	6094
1987	17100	15672	37	10570	5101
1988	19400	17650	34	11000	5678
1989	19400	18600	81	9380	8240
1990	24500	19000	80	11036	5136
1991	24500	23900	188	5597	11836

En la gráfica #9 se muestra la variación de la producción contra el consumo aparente.

En la gráfica #10 se muestra el escenario del mercado del PET grado envase durante los últimos años.

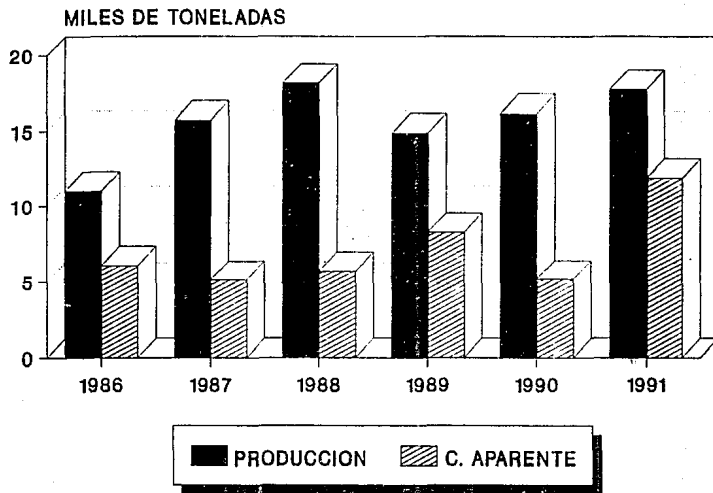
De acuerdo a la tabla #7 el consumo de PET grado envase aumenta cada año, se estima que para 1995 la producción pueda ser de alrededor de 31000 Ton., teniéndose que aumentar la capacidad instalada o en su caso teniendo que importar más PET para satisfacer la demanda.

TABLA #8 (REF. #19)

% SEGMENTACION Y TENDENCIA DEL CONSUMO 1990				
SEGMENTO	MUNDIAL		MEXICO	
	%	Tend.	%	Tend.
Envase	80	(+)	92	(+)
Automotriz	6	(+)	1	(+)
Elec.-Electr.	7	(+)	5	(+)
Planchas	7		2	
Consumo Total	1.6 MM Ton		13 M Ton	

De acuerdo a la tabla #8 se ve que en México el consumo de PET se

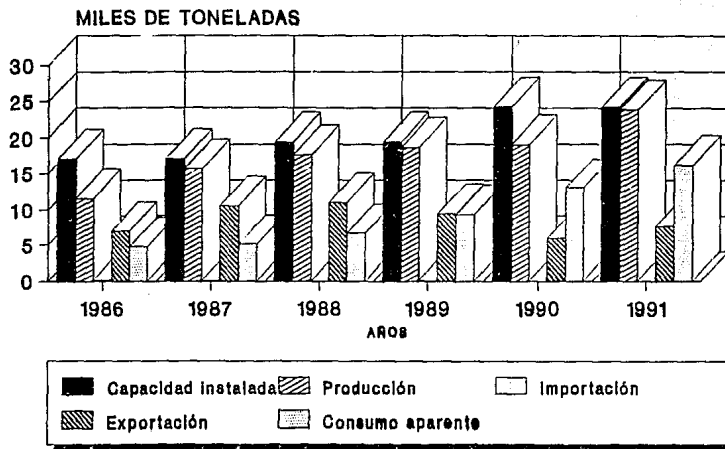
CONSUMO APARENTE VS PRODUCCION POLIETILEN TEREF TALATO GRADO BOTELLA



GRAFICA #9 (REF. #17)

ESCENARIO DEL MERCADO DEL PET EN EL PAIS DE MEXICO.

PET GRADO ENVASE (TONELADAS) 1991.



GRAFICA #10 (Ref. #19).

destina casi totalmente a la elaboración de envases, siendo está su principal aplicación.

El reciclamiento, presenta algunos obstáculos que necesitan ser superados, uno de ellos es la recolección del material bruto. Algunas proposiciones sugieren que los carros de la basura deben realizar varios viajes o tengan varios compartimientos para recolectar basura separada. Los depósitos de basura industriales, presentan otro tipo de problema y se están buscando alternativas.

La tabla #9 muestra la estimación de los costos del proceso de reciclado. No existe costo para el plástico usado como materia prima pero, si un reciclador tiene que pagar por el plástico para ser reciclado, este debe ser sumado al costo total.

TABLA #9 (REF. #9)

DATOS ECONOMICOS DEL RECICLADO DE PLASTICOS 1990	
COSTOS	Cents. USD/lb
Costo del material bruto	0
Recolección del plástico	5-6
Clasificación por tipo de plástico	2-3
Molienda (Pulverización)	4-6
Lavado y secado	6-10
Costo de reciclado	17-25
Granulación (Pelletización)	20-31
Precio en el mercado (hojuela de resina)	8
Entrega de bolsas y sacos	2
Costo en el mercado por gránulo reciclado	30-41

De acuerdo a la tabla #9 se pretende que el costo por reciclado de envase sea el menor posible; pero esto depende de varios factores, uno es la recolección, lavado, granulación (pelletizado), etc.

Para bajar el costo se recomienda aumentar las botellas recolectadas principalmente.

TABLA N10 (REF. 89)

PROYECCIONES DE RECICLADO DE PET					
MERCADO AL MAYOREO (MILL. DE LB).	1987		1993 PROYECCION		
	ACTUAL	%	VOLUMEN	POTENCIAL	
	VENTAS	RECICLADO	RECICLADO	VENTAS	RECICLADO
POLIESTER TERMOPLAS. (PET)					
MOLDEO POR SOPLADO					
BOTELLAS DE BEBIDA SUAVE	740	0%	0	1384	0
BOTELLAS COMUNES	135	10%	14	253	25
EXTRUSION					
FILMES	470	10%	47	879	80
BANDEJAS PARA HORNEAR	25	0%	0	47	0
FILMES DE GRABACI. MAG.	75	0%	0	140	0
REVESTIMIENTO EN TABLAS	12	0%	0	22	0
TELAS DE CORTINA	7	10%	1	13	1
ABULTAMIENTO	28	40%	11	52	21
EXPORTACIONES	175	10%	18	327	33
TOTAL PET	1667		90	3118	168
POLIESTER INSATURADO					
POLIESTER REFORZADO					
MOLDEADO	785	2%	16	1468	29
LAMINADO	190	2%	4	355	7
REVESTIMIENTO SUPERFICIAL	18	0%	0	34	0
EXPORTACIONES	10	0%	0	19	0
OTROS	312	0%	0	584	0
TOTAL DE POLIESTER INSAT.	1315		20	2460	36
POLIESTER REFORZADO INSATU.					
AVIONES	33	0%	0	62	0
APARATOS	90	2%	2	168	3
CONSTRUCCION	393	2%	8	735	15
CONSUMO	130	0%	0	243	0
CORROSION	326	0%	0	610	0
ELECTRICAS	55	0%	0	103	0
MARINA	350	2%	7	655	13
TRANSPORTACION	195	2%	4	365	7
OTROS	50	0%	0	94	0
TOTAL DE POL. REFOR. INSAT.	1622		21	3034	38

Al estudiar las posibilidades económicas del reciclado de plástico se deben tomar en cuenta dos factores:

- a) Costos directos e ingresos, en estrecha relación con la tecnología necesaria para llevar a cabo el reciclado.
- b) Limitaciones o reservas, tanto técnicas como institucionales.

Estos costos son independientes del costo del material bruto que se emplea dentro de la elaboración de plásticos. Las recicladoras locales que usan plásticos lo obtienen de la misma planta que recicla la basura, lo que presenta un mayor beneficio en el reciclado, granulación y baja de costos.

Los costos totales están en el intervalo de 17 a 25 centavos US dolar por libra (527 a 775 pesos por kilogramo), si los desperdicios previamente son clasificados, se reducen los costos en 2 ó 3 centavos US dolar por libra (62 a 93 pesos por kilogramo).

Los compradores consideran que el material debe ser vendido con un descuento de 10 centavos US dolar por libra (310 pesos por kilogramo) por debajo del material virgen, ya que existen diferencias en la calidad del producto final, debido a que la materia prima presenta en algunos casos suciedad ó el color puede ser ligeramente opaco. Es posible que haya impurezas en los productos del reciclado que no se encuentran en el material virgen. Estos factores inciden en que el material no cumpla con los estándares para aplicaciones en el contacto de alimentos.

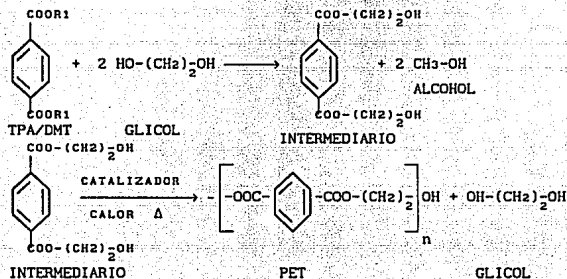
Los ahorros de costos materiales obtenidos por utilizar plásticos reciclados también es una fuerza para acelerar el crecimiento de la industria del reciclado.

3.0 PROCESOS PARA LA FABRICACION DE PET

PROCESOS EXISTENTES:

El poli(etileno tereftalato) forma un grupo conocido como resina poliéster de tereftalato, porque se derivan del ácido tereftálico ó del dimetil tereftalato y se obtienen a partir de una reacción de policondensación.

Este hecho ocasiona que las rutas de procedimiento para obtener la resina sean muy similares. El PET se obtiene mediante las siguientes reacciones.



R1 = CH₃ ó H (DMT ó TPA).

INTERMEDIARIO = BIS(2-HIDROXIETIL)-TEREFTALATO = (BHET).

En virtud de lo anterior, las rutas químicas tecnológicas para obtener

PET son:

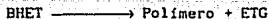
- A partir de dimetil tereftalato y etilenglicol.
- A partir de ácido tereftálico y etilenglicol.
- A partir de ácido tereftálico y óxido de etileno.

3.1 DESCRIPCION DEL PROCESO PARA LA OBTENCION DE PET A PARTIR DE DMT-ETG.

La primera etapa es la reacción de transesterificación :



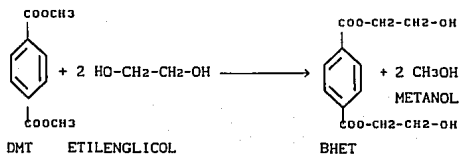
Para desplazar el equilibrio a la derecha, la reacción se lleva a cabo en condiciones que volatilicen el metanol, y que pueda eliminarse fácilmente de los reactores de transesterificación. Se emplea usualmente presión atmosférica y una temperatura que va de 160 oC al inicio de la reacción, hasta 200 oC al final de la misma, produciendose el intermediario de bajo peso molecular (6000).



El etilenglicol formado se elimina como vapor conforme avanza la reacción, y la polimerización final se hace usualmente a menos de 1 mm Hg y a 280 oC, con lo anterior el polímero obtenido tiene un peso molecular que va de 18000 a 20000, aproximadamente.

PROCESO CONTINUO:

El DMT se introduce por medio de un alimentador de tornillo al fundidor (con vapor) de DMT, de aquí se bombea al domo del reactor de transesterificación. El ETG de almacenamiento se calienta y pasa al tanque mezclador donde se mezcla con los catalizadores, el efluente de este mezclado pasa al reactor de transesterificación donde tiene lugar la siguiente reacción:



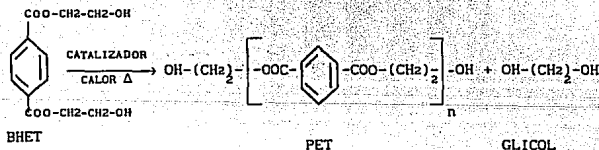
En el diagrama # 1 se muestra el proceso de obtención de PET apartir de DMT y ETG

La relación de alimentación ETG-DMT es de 1.9:1.

El metanol producido en la reacción se recupera en el domo de la columna de metanol. Por el fondo de la misma se obtiene una corriente que contiene principalmente etilenglicol, y algo de metanol, que retorna al reactor de transesterificación.

La corriente que sale del fondo de los reactores de transesterificación se envía a la sección de policondensación. Estos reactores operan a una presión hasta de 0.5 mm Hg y una temperatura desde 235 oC hasta 280 oC.

En estos reactores se obtiene el ETG por la parte superior, el cual se recupera. Con lo anterior se obtiene un polímero de peso molecular aproximado de 20000. La reacción de polimerización es la siguiente:

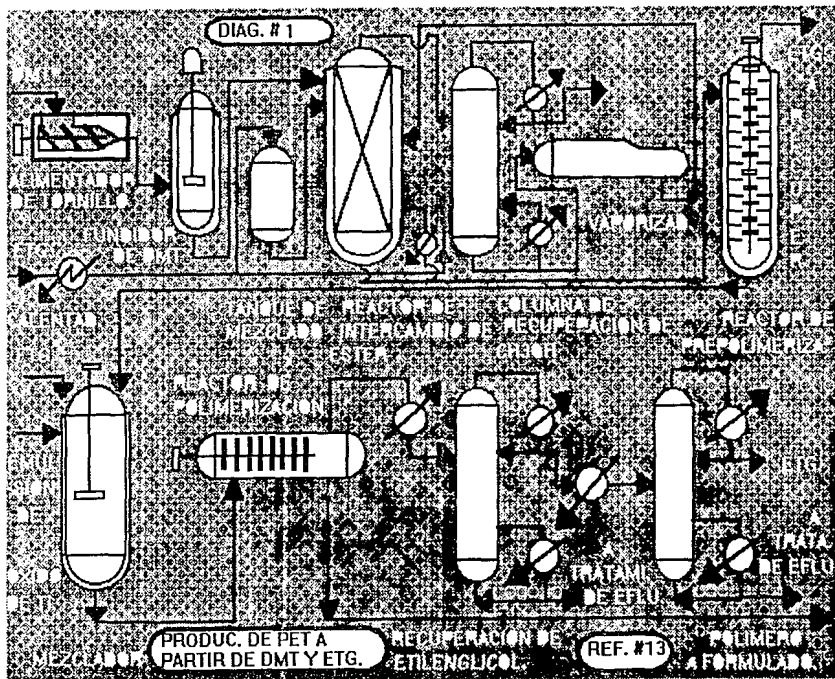


El polímero se envía a manejo de efluentes y formulación final.

PROCESO INTERMITENTE:

Es muy similar al anterior sólo que en este se realiza una disolución del ETG y óxido de titanio y es calentado agregandose entonces el DMT sólido agitando vigorosamente.

La corriente que sale del tanque se pasa al tren de reactores de la transesterificación, no es necesario la inclusión de la columna de



destilación pues el metanol sale facilmente de la reacción a temperaturas menores, que en el proceso continuo.

3.2 DESCRIPCION DEL PROCESO PARA LA OBTENCION DE PET A PARTIR DEL TPA-ETG.

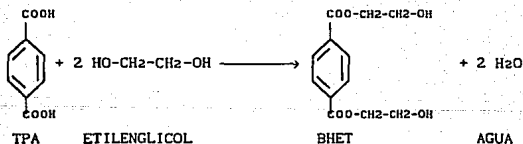
La reacción inicial es la transesterificación:



Nuevamente la reacción se efectúa bajo condiciones que permiten desplazar el equilibrio a la derecha, volatilizar y eliminar el agua producida; la presión es usualmente mayor a una atmósfera con temperaturas de 200-260 oC.

En el diagrama se muestra un esquema simplificado de las secciones de producción del Bis-(2-hidroxietil)-tereftalato (BHET) del proceso para obtener PET.

El proceso inicia al introducir el TPA mediante alimentadores tipo tornillo al primer reactor en los que se produce el BHET, junto con el ETG, el cual se precalienta hasta una temperatura de 232 oC, antes de su entrada a dichos reactores, en los reactores la presión requerida es de 4.5 kg/cm² y se efectúa, la siguiente reacción:

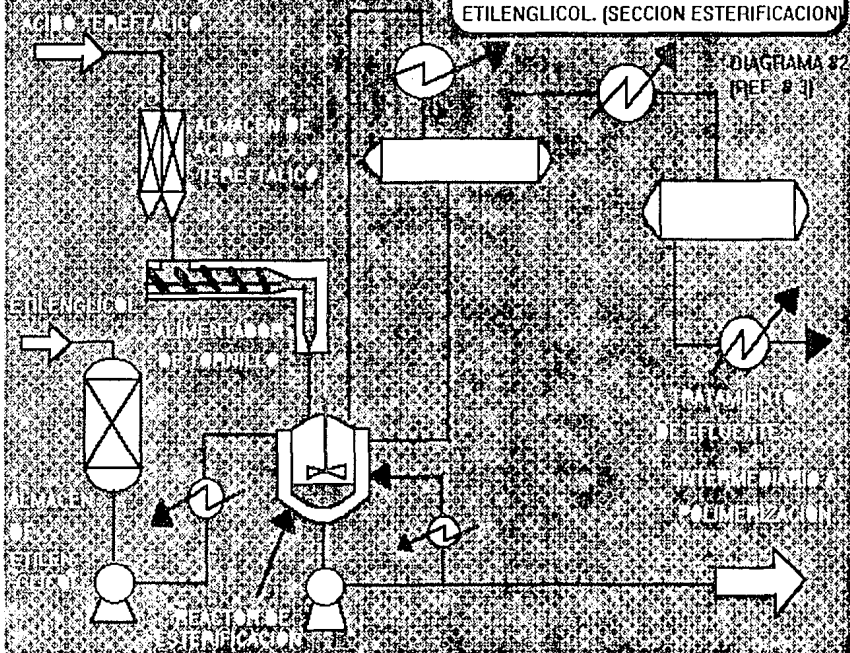


Para que se lleve a cabo la reacción, la mezcla debe ser agitada y a una temperatura de 465 oC a 500 oC.

Conforme avanza la reacción el agua formada se separa en forma de vapor junto con algo de ETG, parte de este ETG se separa y recircula.

En el diagrama #2 se presenta el proceso de obtención de PET

OBTENCION DE PET A PARTIR DE TPA Y ETILENGLICOL. (SECCION ESTERIFICACION)



apartir de TPA y etilenglicol.

El producto formado se envía a la sección de prepolimerización, y después se envía a otra sección en la que se trabaja a vacío de 1 a 5 mm Hg y 285 °C, en donde el exceso de glicol es eliminado, saliendo un poliéster de bajo peso molecular que entra a otro polimerizador.

Después de lo anterior se continua en forma similar a como ocurre en el proceso de DMT.

La Goodyear a Rubber Co., encontro que en este proceso se usa cerca del 15 % menos de TPA en relación al DMT para producir el mismo polímero, siendo los costos de proceso muy similares.

3.3 DESCRIPCION DEL PROCESO PARA OBTENER PET A PARTIR DE ACIDO TEREFTALICO-OXIDO DE ETILENO.

Este proceso involucra la siguiente reacción:

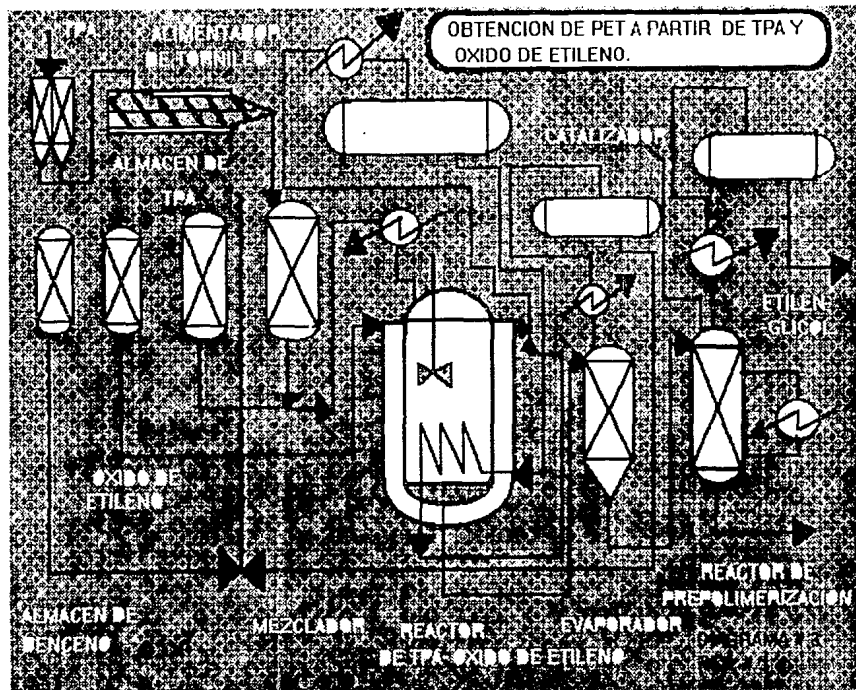


Tal reacción se efectua en un medio orgánico (usualmente benceno), y utiliza una amina como catalizador (trietanol amina), a una temperatura de 116 °C y presiones superiores a la atmosférica (16 kg/cm²). Esta reacción es seguida por la reacción de policondensación.



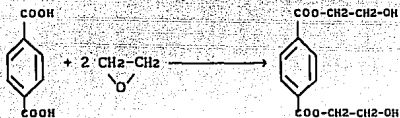
Esta ocurre a una presión cercana a la atmosférica y a una temperatura de 250 °C. Esta ruta ha tenido, hasta ahora una aplicación limitada a escala comercial.

En el diagrama #3 se muestra la fracción del diagrama de flujo de proceso correspondiente a la sección de reacción entre el óxido de etileno y el TPA. El TPA se introduce a través de los alimentadores de tornillo a un tanque de mezclado al que se agrega además, benceno de

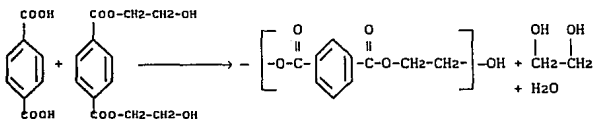


reposición y una mezcla de óxido de etileno-benceno de recirculación, junto con el catalizador (trietanolamina); la mezcla en emulsión formada se alimenta al reactor de ácido tereftálico-óxido de etileno, una parte adicional de óxido de etileno se agrega directamente del almacenamiento.

El reactor utilizado es un tanque agitado provisto de una chaqueta y de unas bobinas internas de enfriamiento para remover el calor de reacción. Las condiciones de reacción son temperaturas de 116 oC y una presión de 16 kg/cm², con un tiempo de residencia de cerca de 100 minutos. La reacción principal es:



En la chaqueta del reactor se evapora benceno (enfriando la reacción), cerca del 60% del TPA se transforma en BHET. El efluente del reactor se pasa a través de un evaporador para eliminar la mayor parte de óxido de etileno y benceno remanentes, para enviarse posteriormente a un segundo reactor en donde se produce la reacción:



Este segundo reactor trabaja a una temperatura de 250 oC y una presión de 1 kg/cm² y tiene un tiempo de residencia aproximado de 2 horas, el prepolímero producido hasta este momento, con un peso molecular promedio de 20000 pasa a la sección de polimerización y el

proceso continua en forma similar al de DMT. Como se menciona, este proceso no se ha implementado a escala comercial.

3.4 FABRICACION DE BOTELLAS DE PET

Los procesos de transformación por los que se pueden obtener distintos productos de poliéster termoplástico (PET) se muestran en la siguiente lista:

- 1.-Extrusión →

→Fibra	
→Película	PET (Grado lámina) y
→Lámina	PETG (Copolíéster)
- 2.-Termoformado → [→Formación de empaques PET
- 3.-Coextrusiones
- 4.-Recubrimientos
- 5.-Inyección-Soplado → [→ Envase y botellas PET (Grado envase)
- 6.-Inyección → [→Piezas PET (Grado Ingeniería)

Antes de que los políesteres termoplásticos y en especial del PET puedan ser moldeados por cualquiera de los procesos arriba mencionados, es necesario que la resina reciba un tratamiento previo. Es decir, debido a que este tipo de materiales se caracterizan por su alto grado de higroscopicidad, absorben humedad del medio ambiente, por lo cual, el tratamiento previo de la resina implica la operación de secado, esta se lleva a cabo mediante el uso de equipos especiales que usan aire seco para extraer la humedad del material. Si el material no recibe este tratamiento, en el momento en que se transforma existe el peligro de que la resina se degrade.

Por tal razón la resina virgen se debe almacenar en bolsas a prueba de agua.

El agua causa la degradación hidrolítica a la temperatura de fusión del material, como resultado de la reacción completa del agua con el poliéster que se traduce en una modificación de la viscosidad intrínseca.

La reducción de la viscosidad intrínseca implica un decremento del peso molecular, debido al rompimiento de las cadenas moleculares del polímero, disminuyendo la dureza y resistencia del producto final; modifica las propiedades de flujo provocando que se peguen partes del material al molde y la aparición de "nubes" sobre la superficie del artículo.

3.4.1 INYECCION-SOPLADO

Este proceso se utiliza para producir piezas huecas como botellas y envases, (tarros, frascos).

En la clasificación de este proceso, tenemos uno denominado inyección-estirado y soplado, que se utiliza para obtener botellas, en este caso, de resinas poliéster PET. Este proceso, se puede llevar a cabo en uno ó dos "pasos".

Se denomina "un paso" cuando las preformas se inyectan, estiran y soplan en la misma unidad, y por lo tanto no se requiere sacarlas de la máquina. La preforma se enfría en el molde de inyección hasta alcanzar el estado termoelástico requerido para el soplado.

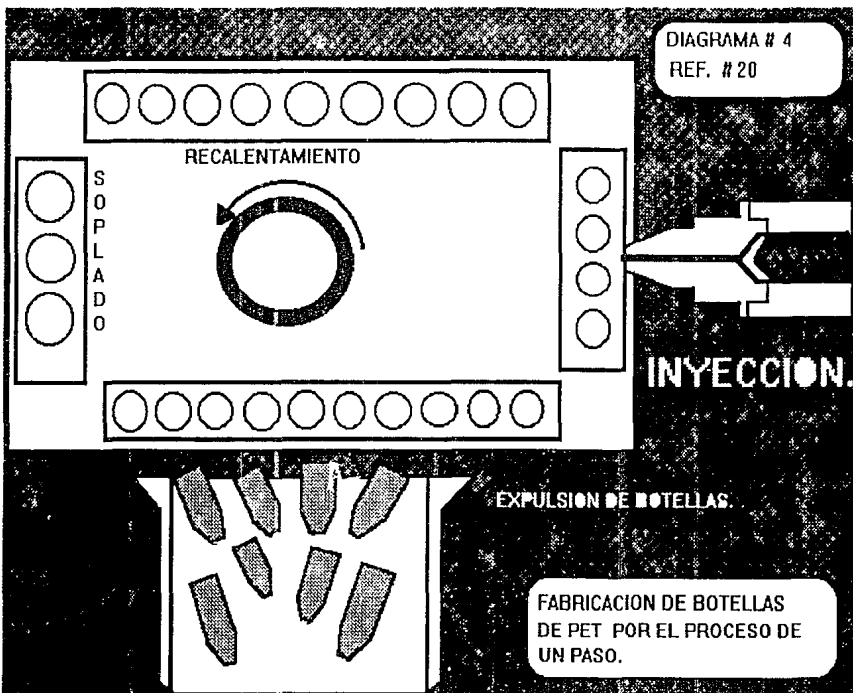
La preforma se enfría en el molde de inyección hasta alcanzar el estado termoelástico requerido para el soplado.

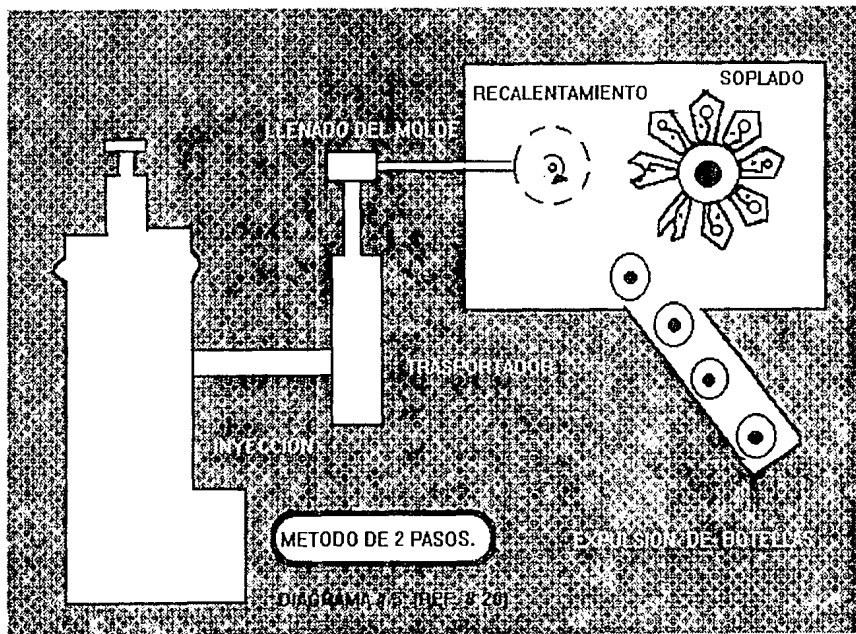
En el proceso de "dos pasos", en una máquina se inyectan las preformas y se enfrían a temperatura ambiente, posteriormente en otra máquina se reblandecen (recalientan) a la temperatura de moldeo para efectuar la orientación.

En el diagrama #4 y #5 se muestran los procesos de fabricación de botellas de PET por el proceso de un paso y de dos pasos.

Se ha comprobado que el proceso de "dos pasos" ofrece mejores ventajas, comparado con el de "un paso", logrando calidades excelentes

DIAGRAMA # 4
REF. # 20





a mínimo costo. La mayoría de las firmas de renombre especialmente aquellas que producen botellas para bebidas carbonatadas, han optado por el proceso de "dos pasos". Los dos procesos usados (uno ó dos pasos), para la fabricación de botellas deben de efectuar las siguientes operaciones:

A) Inyección de la preforma.

B) Recalentamiento, Estirado y Soplado.

En el esquema #7 y #8 se muestra las condiciones de operación recomendadas en el proceso de inyección/estirado/soplado para botellas de PET.

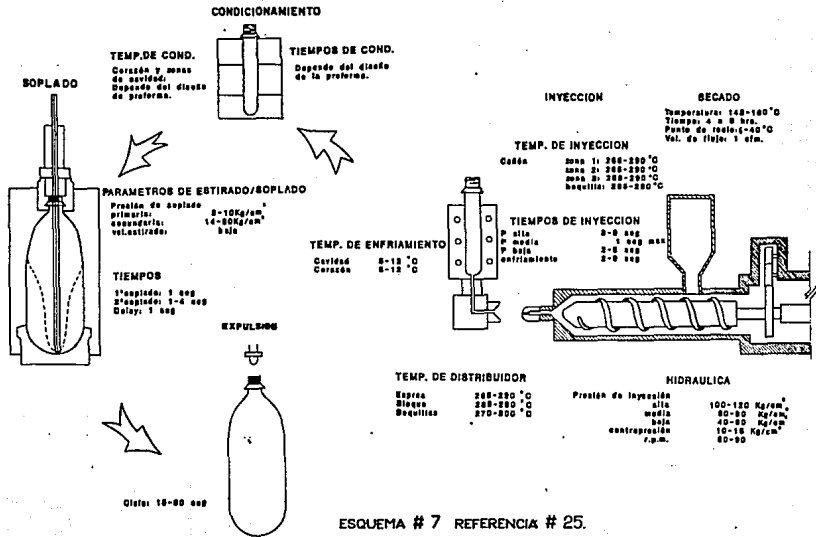
3.4.2 INYECCION DE LA PREFORMA.

El principal objetivo de moldear una preforma es fundir adecuadamente el granulado altamente cristalino y producir una preforma de calidad que sea clara, amorfa y con nivel aceptable de acetaldehído. Cuando se menciona "fundir adecuadamente", no significa que todos los cristales deban ser destruidos por fusión, pero como los cristales de PET son excelentes agentes nucleantes para el crecimiento de las esférulas cristalinas, su presencia, aunque fuera en muy pequeñas cantidades acelera la cristalización durante el enfriamiento de la preforma, por lo que se debe fundir un número adecuado de cristales para no generar nubosidad en la preforma.

La preforma-tubo de diámetro pequeño cerrado en uno de sus extremos se prepara de material inyectable como la resina PET, se moldea con una geometría precisa, con el tamaño, peso y espesor de pared requerido por el artículo final (en diámetro y longitud de las preformas son más pequeñas que las de la botella final).

En el diagrama #6 se muestra el soplado orientacional de botellas

CONDICIONES DE OPERACION RECOMENDADAS EN EL PROCESO DE INYECCION/ESTIRADO/SOPLADO



ESQUEMA # 7 REFERENCIA # 25.

ESQUEMA # 8 REFERENCIA # 25.

La fabricación de los envases de Tercei-Resina PET se lleva a cabo mediante el proceso de inyección-estirado-soplado, en donde se inyecta una preforma que después es soplada, obteniendo un envase biorientado cuyas características ofrecen grandes ventajas.

PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DE POLIÉTER TERCEI-RESINA PET

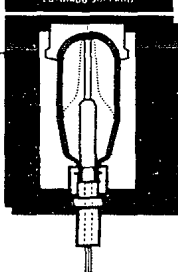
Poli
etileno
tereftalato

INYECCIÓN DE PREFORMA



ALTA UNIFORMIDAD DE DIMENSIONES
EN CORONA Y PESO

ESTIRADO SOPLO



PROCESO DE BIORIENTACIÓN CON LO
QUE SE LOGRAN LAS PROPIEDADES
MECÁNICAS, QUÍMICAS Y DE BARRERA
DEL ENVASE DE PET.

▼
Larga vida de anaquel
Cerrado hermético
No se rellena
Ligero
Seguro
Transparente
Alto brillo
Resistencia química
Color
Facilidad de impresión



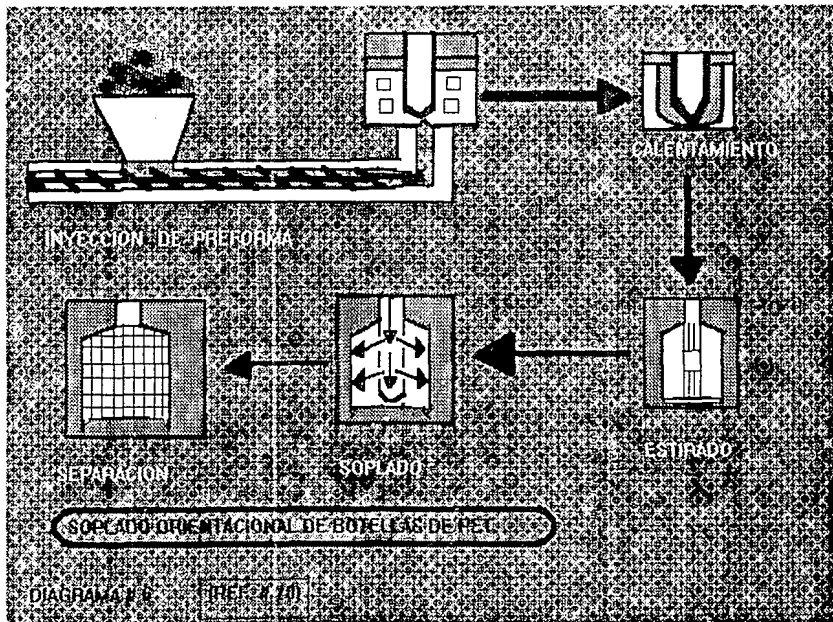
▼
Bebidas carbonatadas
Aceite comestible
Alimentos
Agua potable
Jugos
Licores
Agroquímicos
Farmacéuticos
Cosméticos
Productos industriales
Otras aplicaciones

Tercei-Resina PET está aprobada por la Secretaría de Salud en México y Food and Drug Administration (FDA) en E.U.A., para ser utilizada en envases en contacto con alimentos.

Los envases de PET después de su uso original pueden ser reciclados para la fabricación de productos secundarios base políester en inyección, extrusión o rollo de fibras.

Su alternativa final de aplicación, es como material de combustible sin emitir gases tóxicos a la atmósfera.





de PET.

Las especificaciones de la botella, selección del material y geometría de la preforma son las principales variables de diseño que afectan el peso de la preforma. Se debe discutir minuciosamente con los proveedores de materia prima durante la etapa de diseño de la preforma.

El PET puede ser transformado en botella mediante un proceso de biorientación de preformas, las cuales se moldean en equipos de inyección.

El moldeo de las preformas consiste en la inyección del polímero fundido en la cavidad del molde. que una vez lleno, se enfría rápidamente para obtener una pieza con excelente transparencia, libre de deformaciones y con magnífica exactitud dimensional, lo cual es esencial para obtener botellas de excelente calidad.

El proceso puede ser dividido en las siguientes fases:

- Secado del granulado hasta lograr que el contenido de humedad sea menor de 40 ppm.

- Fusión del polímero en un equipo de inyección, utilizando un husillo diseñado especialmente para PET, aunque un husillo convencional, con $L/D = 20:1$ y una relación de compresión de 3:1, puede ser de utilidad.

- Inyección del material dentro de las cavidades del molde, que normalmente es de colada caliente, aunque los de colada convencional también pueden encontrar alguna aplicación.

- Enfriado rápido del material dentro del molde para obtener piezas transparentes.

- Apertura del molde y expulsión de las preformas.

Durante el moldeo de la preforma, se deben controlar los siguientes aspectos:

- Retención de viscosidad intrínseca.
- Generación mínima de acetaldehído.
- Transparencia máxima de la preforma.

El PET está formulado de tal manera que ofrece un rendimiento óptimo en cada una de las etapas del proceso, sin embargo las ventajas principales inherentes pueden quedar destruidas durante la inyección de la preforma si no se tiene óptima operación.

3.4.2.1 CONDICIONES DE OPERACION PARA LA ELABORACION DE LAS PREFORMAS

Las condiciones típicas de procesamiento para la producción de preformas, para botellas de dos litros, en una máquina de inyección son las siguientes:

TABLA #11 (REF. #18)

MOLDE:

Colada caliente

8 cavidades

Peso total Pellets 520 gramos

Peso Preforma 65 gramos

PERFIL DE TEMPERATURAS

MOLDE:

Colada 1 266 oC

Colada 2 266 oC

Colada caliente 260 oC cada una

líquido enfriador < 5 oC

MAQUINA DE INYECCION:

Alimentación 288 oC

Compresión 282 oC

Dosificación 282 oC

Boquilla 282 oC

Presión:

Inyección 75 Bar

De cierre 40 Bar

Tiempo:

De presión 7 seg.

De cierre 10 seg.

De enfriamiento 11 seg.

Dosificación 10 seg.

Velocidad husillo 50/min

Tiempo descompresión 0.8 seg.

Recorrido dosificación 102 mm.

Amortiguamiento 2 mm.

Diámetro husillo 83 mm.

Los moldes se deben enfriar con agua, lo más rápido posible. En el proceso de un paso, la temperatura del líquido de enfriamiento debe ser menor a 5 oC, para evitar que las preformas se vuelvan nebulosas, y afecten el mecanismo de las piezas moldeadas por estirado soplado

con restos visibles en el artículo final.

Las temperaturas de fusión de 280 a 300 oC son apropiadas para el procesamiento del PET. A estas temperaturas se forma acetaldehído, que es un gas (punto de ebullición 20.8 oC) con olor a frutas. Un contenido elevado de este gas puede afectar el sabor del contenido, ya constituido en el material de envase. Las condiciones de procesamiento se deben elegir procurando que el nivel de acetaldehído formado sea pequeño de 3 ppm. como máximo. Esto se puede lograr, minimizando el tiempo en que el poliéster está en estado de fusión.

Los tiempos de residencia no deben exceder de 3 a 4 minutos.

Otros factores que influyen la formación de acetaldehído son el corte a alta velocidad y la presión de retroceso excesiva, por tanto se deben mantener en valores bajos, dentro de su respectivo intervalo.

Por lo anterior, el tamaño de las piezas inyectadas, el número de cavidades del molde y el tiempo del ciclo se deben corresponder mutuamente.

El peso de la preforma se minimiza y las preformas deben cubrir las especificaciones fijadas para producir botellas con bebidas gaseosas.

Los moldes de las preformas usualmente son de 8, 12, 16 ó 32 cavidades los cuales suelen ir dotados de distribuidores por canal caliente. La calidad del molde juega un papel muy importante en la producción de preforma.

Las coladas calientes y la válvula de compuerta, al ser del tamaño apropiado, reducen el cizallamiento y minimizan la generación de acetaldehído.

3.4.3 RECALENTAMIENTO Y BIORIENTACION DE PREFORMAS

Ya teniendo las preformas, se sacan del molde y se enfrían a temperatura ambiente cuando el proceso es de dos pasos. Se pueden almacenar o enviar, por medio de una banda transportadora a la máquina de estirado-soplado, para su biorientación y formación de botellas.

Una rueda calefactora recibe las preformas, para elevar su temperatura de nuevo hasta 90-95 °C. De esta unidad pasan a la rueda de soplado. Cada unidad de soplado se hace cargo de un mandril de transporte y se cierran ambas mitades del molde. En los moldes ya cerrados, las preformas se estiran con un pistón graduable y simultáneamente se infla y se inyecta aire hasta tomar la forma de la botella.

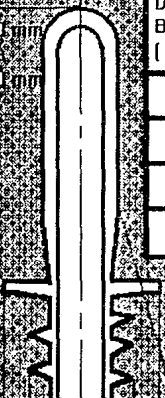
Los pistones de dilatación impulsados por aire comprimido garantizan la formación simétrica de las botellas y su estiramiento, logrando una distribución óptima del grosor de pared. El proceso de soplado se controla en primer lugar por el volumen y en segundo por la presión.

Después de formar a las botellas, se abren los moldes y mediante los mandriles de transporte, las botellas pasan a la rueda de descarga.

En la rueda de descarga se retiran las piezas sopladas. Aquí, unas pinzas sujetan primero las piezas sopladas ya terminadas con la boca hacia abajo y con ventosas accionadas por vacío, adhieren por el fondo los recipientes y los pasan a la cinta de transporte de salida, que a su vez los entrega ya enderezados a los depósitos conectados a ella.

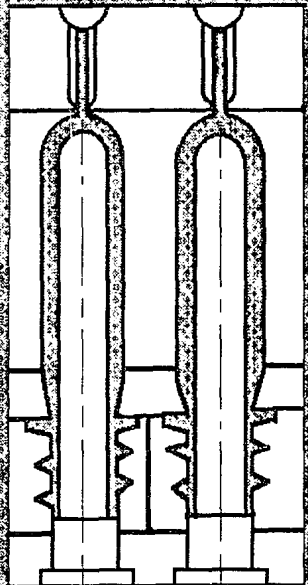
En el diagrama #7 se muestra la geometría de la preforma típica.

LONGITUD TOTAL



TAMAÑO DE LA BOTELLA (Litros).	BOTELLA CON BASE HUECA. (Gramos).	BOTELLA (DE UNA SOLA PIEZA) (Gramos).
1/2	24 - 28	29 - 32
1	36 - 40	41 - 44
1 1/2	45 - 48	49 - 52
2	52 - 48	59 - 66

DIAGRAMA # 7 REF. # 20



LONGITUD FINAL DEL FILETE
22 mm. a 25 mm.

GRADO DE ESPESOR DE PARED
3.6 mm. a 4.9 mm.

DIAMETRO FINAL DE FILETE
28 mm. a 30 mm.

DIAMETRO DE LA PROYECCIÓN DEL SOPORTE
30 mm. a 40 mm.

GEOMETRIA DE LA PREFORMA TIPICA

Esta forma de procesar el PET trae varias ventajas: Los envases poseen propiedades mecánicas superiores, gracias al estirado biaxial de la botella, no hay desperdicio, no hay costuras y la superficie es de alta calidad.

Los envases presentan gran precisión dimensional en la cuerda, longitud y espesor de pared. Se tienen variaciones mínimas de peso y tolerancia.

Las botellas que van a contener bebidas carbonatadas como: refrescos, aguas minerales, cervezas, champaña, sidras, deben ser diseñadas para soportar hasta 5 volúmenes de CO₂, por lo que aparte de la botella con fondo esférico, deberá adicionarse una base de polietileno ó polipropileno. Esta última se fabrica, por inyección, separadamente, y se coloca a la botella. Para productos no carbonatados, el fondo puede ser plano.

3.5 MARCAS DE MAQUINAS INYECTORAS-SOPLADO-BIORIENTADO DE PET

TABLA #12 (REF. # 18)

SISTEMA 1 PASO

Marca:	Tecnología:
Nissel Asb Machine	Japón
A.K. Technical Laboratory	Japón

SISTEMA 2 PASOS

Sidel	Francia
Cincinnati	U.S.A.

Marcas de máquinas de inyección:	
Battenfield	Alemania
Husky	Canada
Krupp Formoplast	Alemania
Krupp Reinfenhauser	Alemania

Marcas de máquina de soplado:	
Krupp corpoplast	Alemania

4.0 TRATAMIENTO DE RESIDUOS PLASTICOS A PARTIR DE LA BASURA

Primeramente se debe tomar en cuenta que en la basura hay dos ó más desperdicios que al ponerlos juntos producen contaminación, enfermedades, hedor y asco y ningún método ha sido efectivo para controlarla, debido a que los primeros sistemas experimentados se fundamentaron en el tratamiento en conjunto de la misma, el resultado fue más contaminación y costo.

En la actualidad en México y en el mundo entero padecemos de enfermedades y contaminación de nuestras aguas, aire y suelo debido al tratamiento inadecuado que se le da a los grandes volúmenes de basura que diariamente producimos.

Atendiendo estos problemas y buscando la forma de aprovechar al máximo nuestros recursos analizamos las técnicas aplicadas a la disposición final de residuos sólidos, así como las ventajas y desventajas que presenta cada una.

4.1 RELLENO SANITARIO. (Ref.#5)

Lamentablemente este es el método más utilizado.

Su definición teórica es: Un lugar legalmente autorizado donde se depósitan las basuras municipales después de la clasificación ó selección de las mismas para su posterior recubrimiento con tierra.

La realidad es que debido al alto número y cantidad de tiraderos incontrolados es seguramente el principal origen de la degradación ambiental sobre todo en la periferia de las ciudades y através de las aguas subterráneas porque puede recorrer miles de kilómetros, lo cuál significa que lo que sucede en un país no va a respetar las fronteras trazadas por el hombre.

Existen dos tipos de relleno sanitario:

a) Relleno sanitario mecánico.

b) Relleno cubierto rústico.

En ambas formas de relleno los residuos se distribuyen en camadas de 20 a 30 cms. de grueso y se compactan formando una celda que deberá recubrirse con una capa de tierra entre 15 y 20 cm., esparcida y compactada igual que los residuos, por lo menos una vez al término de la jornada de trabajo.

En caso de que el terreno destinado para relleno se sature, deberá cubrir la superficie con una capa de tierra de 40 a 60 cm, a la cual llamamos cubierta final; esto se hace con el fin de:

- Soportar el tránsito de vehículos

- Permitir la siembra de vegetación

- Facilitar la instalación de canales superficiales

- Permitir la realización de nivelaciones del terreno con el paso del tiempo.

a).- Relleno Sanitario Mecánico (Ref.#1)

A través de este relleno se deposita la basura en un área determinada con ayuda de maquinaria y equipo mecánico, reduciendo su volúmen, posteriormente se cubre con capas de tierra procurando la recuperación de áreas inundables, la construcción de áreas recreativas, la utilización de aquellas que están inactivas en una forma higiénica y económica.

Para el buen funcionamiento de un relleno sanitario es necesario conocer la capacidad del sitio, para determinar su vida útil; el material disponible que se utilizará en la cubierta de residuos, las limitaciones y características del suelo, y de los residuos sólidos,

los líquidos que originan estos; el drenaje del mismo relleno, las pendientes, la cubierta final que resulte erosionada por las lluvias; además es importante programar las actividades de acuerdo al régimen de lluvias, vientos dominantes, humedad y temperaturas extremas.

b). - Relleno Sanitario Rústico (Ref. #1)

Este consiste en el acomodamiento de los residuos en el terreno para el relleno, cubriéndolas con capas de tierra diariamente ó a la mayor frecuencia posible, dependiendo de la disponibilidad del área y tierra.

El relleno sanitario rústico es una forma de controlar la disposición final de residuos, ya que su aplicación no necesariamente requiere la utilización de maquinaria costosa, sino simplemente con palas, o bien con un tractor que por lo menos una vez cada 15 días compacte los residuos dispersos.

Esta forma de relleno se justifica en poblaciones pequeñas, donde las cantidades de residuos sólidos no son mayores de 50 toneladas/día.

4.2 PEPENA. (Ref.#5)

La pepena es un sistema de clasificación mecánica y/o manual de la basura en sus diferentes componentes, tales 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 poderla seleccionar facilmente, y otro para transportar los desperdicios clasificados a las industrias recicladoras; además de un área que quede 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 en 30% de la

basura producida se queda en barrancas, ríos, calles, etc. y de el 70% que llega a los tiraderos y que con está técnica deberían ser recuperados sólo el 40% se aprovecha debido a que el otro 30% no se pueden separar por ser materiales destruídos y en vías de putrefacción.

4.3 COMPACTACION. (Ref.#5)

Es un método de tratamiento de residuos sólidos que reduce el volúmen que estos ocupan, con la aplicación de altas presiones ejercidas sobre ellas.

Este sistema de compactación a alta presión para elaborar el tabique de construcción no ha dado resultado porque con el tiempo se ha observado que estructuralmente falla a la compresión y que con el tiempo la degradación de materiales va rompiendo el mismo tabique.

4.4 INCINERACION. (Ref.#5)

Es una técnica de tratamiento que consiste en eliminar la mayor parte del volúmen 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 volúmen y aprovechar la energía producida en esta.

La eliminación de residuos por está técnica requiere de una planta de tratamiento adecuada a la cantidad producida. Su costo es elevado por lo que sólo se recomienda a industrias farmacéuticas y hospitales ya que las bacterias e insectos se destruyen en forma rápida, así como otras materias que funcionan como combustible del proceso.

Las fases de una incineración completa son: recepción del material adecuado, quemado de este y extracción de cenizas y escorias,

así como depuración de los gases de combustión.

4.5 COMPOSTEO. (Ref.#5 y #20)

Mediante la fermentación de las materias orgánicas contenidas en los residuos sólidos, se produce la composta, en presencia de aire por la acción de gran cantidad de bacterias ofreciendo propiedades para la agricultura.

La composta tiene carácter de abono, ya que es un producto que contiene diversos elementos fertilizantes como nitrógeno, fósforo, potasio, que aunque sus porcentajes son bajos, existen en una proporción equilibrada; además representa un buen elemento regenerador de suelos.

Existen dos procedimientos para la producción de Composta, que son:

- a).- Terminación natural
- b).- Fermentación acelerada
- a) Terminación natural

Después de molidos y reganados con agua, los residuos se colocan en pilas de dos metros de altura durante tres meses. Durante el primer mes se remueven cada diez días y una sola vez al mes durante los dos meses siguientes.

- b) Fermentación acelerada

Los residuos se almacenan en torres ó cilindros donde se inyecta aire a los residuos y se ponen en movimiento. Con la aplicación de este proceso, la fase de fermentación se reduce a 15 días.

4.6 QUIMICO. (Ref.#5)

4.6.1 PIROLISIS. Se llama así a la descomposición de los elementos orgánicos contenidos en los residuos sólidos, realizado a altas

temperaturas y en ausencia de oxígeno, durante el proceso de descomposición la materia orgánica se convierte en líquidos, gases y demás residuos que representan la mitad del volumen inicial.

La ventaja de esta técnica es que posibilita el control de gases emitidos además de la recuperación de los subproductos que es posible obtener.

La pirólisis se emplea para producir carbón sintético, para la recuperación de metanol, ácido acético y turpentina de madera. Su proceso requiere de reactores diseñados especialmente para tratar los residuos.

En la gráfica #11 se muestra el tratamiento de desechos sólidos en el mundo en 1990.

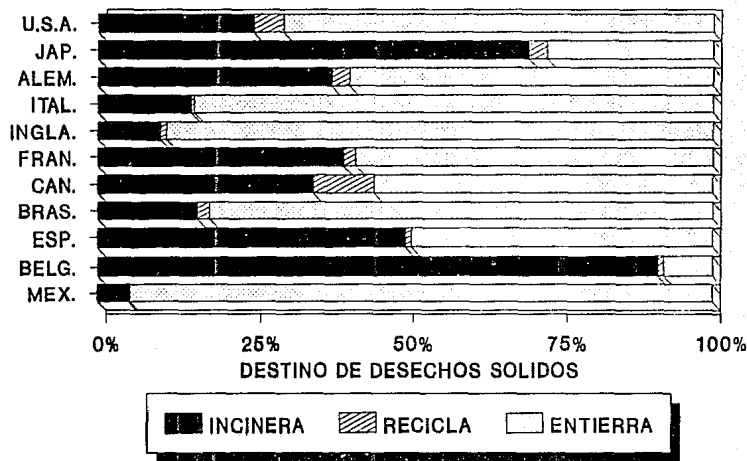
4.7 DEGRADABILIDAD. (Ref.#5 y #20)

En la actualidad en muchas comunidades el principal método utilizado en el tratamiento de basura es el relleno sanitario ó entierro y una opinión común es que el plástico degradable simplemente desaparecería y comenzaría el problema de los desechos sólidos. Desafortunadamente esta es sólo una suposición.

Existe una confusión acerca del desarrollo del plástico degradable o cualquier otro tipo de material para envase, en cuanto a su generación así como el de los rellenos sanitarios. Estudios recientes en Nueva York y Alemania (Ref.#1) muestran que más del 60% del material presente que se deposita en los rellenos sanitarios, es considerado como degradable, estos incluyen desechos de comida, desechos orgánicos, papel y madera. Las películas plásticas representan menos de 4% del total de desechos sólidos generados, por lo tanto es difícil creer que el problema de

TRATAMIENTO DESECHOS SOLIDOS

NIVEL MUNDIAL EN 1990



GRAFICA #11 (Ref. #5)

los desechos sólidos se resolvería haciendo degradables a los plásticos.

¡Absolutamente nada se degrada rápidamente! La degradación de hecho, es un proceso complejo y lento y para que este se lleve a cabo, la materia degradable debe estar expuesta a la luz, calor, aire, agua y bacterias.

Bajo las condiciones de los rellenos sanitarios muchos de los materiales genéricamente considerados como degradables como son la láminas de acero de latas y productos de papel, sufren un deterioro lento e inclusive incompleto. La descomposición de la película de celulosa del papel es significativamente retardada si esta ha sido teñida o fuertemente impresa. Por ejemplo, los encabezados del periódico pueden ser fácilmente leídos después de 10 años de haber sido enterrado en un relleno sanitario.

A causa de la ignorancia se considera también que los tiraderos son un problema causado por los plásticos, más que por la misma acción de los consumidores.

Las envolturas plásticas son ciertamente una parte visible en los tiraderos y las envolturas degradables pueden ser de gran ayuda para reducir el problema de los tiraderos.

Como resultado se han impuesto diversas legislaciones para el desarrollo de plásticos degradables, principalmente en algunos países de Europa y U.S. lo cual a su vez ha propiciado el desarrollo de tecnologías para la fabricación de plásticos degradables y ahora los científicos que durante muchos tiempo han trabajado arduamente con el objetivo de incrementar la durabilidad del plástico, tienen a corto plazo el reto de hacer algunos plásticos degradables.

Los resultados obtenidos actualmente se basan en la adición al plástico de ciertas sustancias que provoquen su desintegración distinguiéndose de acuerdo al medio que ocasiona, de tal forma que existen dos tipos de degradación.

El PET es un plástico cuyas aplicaciones tienen un promedio de vida útil medio, ya que sus principales aplicaciones son las de envase artículos del hogar etc. Constituyendo problemas de generación y acumulación de los residuos plásticos que llegan finalmente a formar parte de los residuos urbanos.

La tabla #13 muestra el porcentaje de vida útil de diferentes plásticos.

TABLA # 13 (REF. # 20)

VIDA UTIL DE LOS TERMOPLASTICOS			
RESINA	% DE VIDA UTIL	% RECUPERADO	% BASURA
PEAD	67	11	12
PEBD	7	19	74
PVC	60	15	25
PS	71	17	12
PP	34	15	51
PET	45	19	14

El porcentaje de recuperación se refiere a la reutilización de los desperdicios generados en el proceso de manufactura.

4.7.1 Fotodegradación.- Se apoya en la luz ultravioleta del sol, la cual rompe la estructura química del plástico.

Los aditivos utilizados son sustancias altamente oxidantes denominadas fotoactivas, algunos ejemplos son:

- * Sales de Cobre (CuCl , CuCl_2 , CuSO_4)
- * Copolímeros de Monóxido de Carbono

▪ Copolímeros de Carboxil Cetona

Existen compañías que fabrican master batch de estos aditivos.

AMPACET, PLASTIGON, SHULMAN, ECOPLASTIC.

Para que la fotodegradación ocurra con mayor facilidad se recomienda el uso de pigmentos oscuros para incrementar el rango de absorción de las radiaciones.

Se utilizan en proporciones del 5 al 10 % en la formulación.

4.7.2 Biodegradación.- Implica el rompimiento y consumo del material plástico mediante organismos vivos.

Los plásticos biodegradables se clasifican en dos tipos:

- Sistemas basados en aditivos
- Polímeros de origen natural

Los aditivos para el primer sistema está basado en sustancias como glucosa y almidones los cuales logran el rompimiento de la estructura cuando son consumidos por microorganismos. El principal proveedor de estos aditivos es: ECOPLASTIC y la marca comercial es ECOSTAR.

Los polímeros de origen natural actualmente tienen un alto costo de fabricación, sin embargo, existen algunos ya desarrollos por parte de la compañía ICI con su material denominado "Biopol".

Se debe tener mucha precaución con ambos métodos de degradación, como por ejemplo en los envases para productos alimenticios puede provocarse contaminación del producto a causa de una degradación prematura durante su comercialización ó consumo.

Foto y biodegradación de los plásticos dependen de la luz solar, y de la humedad. Para empezar, los plásticos fotodegradables tomarán un mayor tiempo para su degradación en Alaska, si se comparan con

el tiempo de degradación en los estados donde existe una abundancia de la luz solar como es el caso de México.

De igual manera, la humedad debe estar presente en los rellenos sanitarios, para que los microorganismos penetren al material plástico y destruyan su estructura química. El almidón ha sido propuesto como un aditivo biodegradable para los plásticos, particularmente para bolsas de plástico y envolturas de alimentos de rápido consumo.

Algunos de los problemas técnicos del sistema que emplea almidón es que se pueden sobrepasar los niveles de fragilidad, teniendo entonces la presencia de problemas mecánicos, especialmente si los productos son expuestos a altos niveles de humedad, con la posibilidad de que el almidón ayude al crecimiento de microorganismos.

Por otro lado, los plásticos degradables pueden detener el reciclado, y el medio ambiente prefiere una solución directa al problema de la crisis de los desechos sólidos. Muchas de las aplicaciones del reciclado de plásticos, dependen de la dureza y durabilidad de los materiales, propiedades que no son tomadas en cuenta para los productos degradables en términos prolongados de uso.

Los plásticos bio ó fotodegradables, no podrán ser mezclados con plásticos sin ningún tratamiento, para el reciclamiento, sin que las cualidades del plástico final reciclado se vean afectadas. Los métodos para el tratamiento de plásticos degradables son de mayor importancia en relación a las necesidades del desarrollo del reciclamiento, pero al final, ambas sólo incrementarán el costo de reciclado, deteniendo el crecimiento.

Las investigaciones y desarrollo dentro de los plásticos degradables deben continuar. Sin embargo, está claro que ni los

plásticos foto ó biodegradables son estupendos remedios para la crisis de los desechos sólidos; sólo son auxiliares.

4.8 RECICLADO. (Ref. #20)

Después de analizar todos los métodos que se han utilizado para el tratamiento y manejo de la basura, como conclusión se ha definido que la única solución es "no hacer basura", para lo cual afortunadamente en algunas ciudades de países como U.S., Japón, Alemania, Canada e Italia se han implementado diversos sistemas de reciclado con éxito, basados en la recolección diferenciada y separación de materiales reciclables como el vidrio, el papel, metales y plásticos para transformarlos en productos útiles nuevamente.

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

La problemática de la recuperación de los materiales aprovechables de las basuras en México y en particular de los plásticos contenidos en las mismas, ha de abordarse mediante la íntima colaboración del gobierno a través de sus secretarías (SEDUE, SECOFI, SSA, DDF) con asociaciones de fabricantes de materias primas, de transformadores y escuelas y universidades quienes deberán tomar medidas sobre los puntos siguientes:

4.8.1 Legislación.- Se deben actualizar todas las normas y leyes existentes sobre recolección, aprovechamiento y eliminación de basuras urbanas para adecuarlas a las existentes en países desarrollados. Por ejemplo, en México se propone la privatización en la recolección de basura.

4.8.2 Informar y Motivar a la Población.- Mediante la utilización de todos los medios educativos, de comunicación y publicitarios, se debe conseguir la comprensión y colaboración de toda la población desde la infancia para aprender a clasificar y separar los diferentes desperdicios.

4.8.3 Actuar.

a) Instalando centros de acopio y la recolección diferenciada en los domicilios.

b) Crear empresas especializadas en reciclado de materiales.

c) Controlar los tiraderos a cielo abierto.

d) Instalar plantas incineradoras exclusivamente para desechos no reciclables y de control sanitario.

El reciclado de materiales no representa una tarea fácil en su etapa inicial sin embargo, en el área de reciclado de plásticos, se puede ser completamente optimista ya que además de que se contribuye en gran escala a la reducción del volumen de las basuras se convierte en una oportunidad para la creación de negocios de alta rentabilidad.

Para que un negocio de reciclado de plástico sea factible se requieren de los siguientes 4 aspectos:

1.- Abasto

2.- Liquidez

3.- Tecnología de vanguardia

4.- Mercado

El reciclado de plástico está en su primera etapa en países como México y America Latina, y afortunadamente se ha desarrollado con éxito en Alemania, Japón, Estados Unidos y Canada.

Para asegurar el abasto de materiales plásticos de preferencia

limpios y de la misma especie facilitando su recolección y reciclaje, en U.S., y en la mayoría de los países Europeos ha sido acoplado un sistema de codificación para envases desarrollado por la Sociedad de la industria del Plástico SPI, Inc. (USA).

4.9 SISTEMAS DE CODIFICACION PARA ENVASES PLASTICOS: (Ref. #10, #18)

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

El sistema basado en una simbología simple 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 con un número en el centro y letras en la base.

Con base en las investigaciones realizadas por la industria del reciclaje en otros países, se ha encontrado que el símbolo propuesto es simple y fácil de distinguir de otras marcas tradicionalmente colocadas en los envases por sus fabricantes.

El triángulo de flechas (símbolo universal del reciclaje) fué adoptado para aislar ó distinguir el código numérico de otras marcas en el envase. El número y las letras indican la resina usada para la fabricación del envase, según la siguiente precisión:

- A 1.- PET (Poli(etilen Tereftalato))
- A 2.- PEAD (Polietileno de Alta Densidad)
- A 3.- PVC (Cloruro de Polivinilo)
- A 4.- PEBD (Polietileno de Baja Densidad)
- A 5.- PP (Polipropileno)
- A 6.- PS (Poliestireno)

A 7.- Otros

El código es moldeado mediante un inserto ó grabado en el fondo, o lo más cerca de este, de la botella ó del envase, según lo permita la geometría del artículo. El tamaño mínimo recomendado es de 2.5 cms. (1 pulgada), para lograr su reconocimiento rápido. Envases con bases pequeñas pueden llevar el símbolo en un tamaño proporcional.

De acuerdo con la experiencia de otros países, la meta es que los fabricantes de productos plásticos decidan voluntariamente utilizar el sistema a corto plazo:

- Artículos nuevos:

Colocar el código en todo

- Moldes existentes:

En seis meses el 30%

En doce meses la totalidad

Si un envase es fabricado en un nuevo modelo y con resinas diferentes a las tradicionalmente empleadas, es responsabilidad del transformador ó 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 elabore el envase.

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

5.0 TECNOLOGIAS PARA EL RECICLADO DE PET GRADO ENVASE

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.

- Mezclas de plásticos.

5.1 PLASTICOS 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.

Para que este sistema tenga buenos resultados se requiere seguir las siguientes reglas básicas para el manejo de desperdicios dentro de la industria que los genere.

- a) Los desperdicios deben tener un lugar especial dentro del ciclo de producción. Ponga sus desperdicios en manos de expertos. Desafortunadamente muchas compañías delegan este trabajo a empleados sin experiencia lo que da como resultado mezclas, materiales contaminados que ya no se pueden reciclar.

- b) Elimine la palabra "Desechos" para sus desperdicios ya que significa sustancia inservible.

- c) Mantenga limpios sus desperdicios libres de contaminación de materiales diferentes como metal, papel, vidrio, otros plásticos, ó sustancias extrañas. Los desperdicios mezclados y sucios pierden inmediatamente su valor.

- d) Clasifique los desperdicios por tipo de plásticos y tamaño, debido a que cada uno presenta características particulares como punto de fusión, fluidez, densidad y estructura química, lo que significa

que cuando se mezclan presentan incompatibilidad y dificultad de reciclado.

En el diagrama #8 y 9 se representan los procesos de reciclado de PET en plásticos resistentes al impacto.

Cuando se llevan a cabo correctamente las reglas anteriores, entonces se obtienen desperdicios adecuados para regranularse y reincorporarse al ciclo de producción que los genere o bien para la fabricación de otros productos que no requieran de alta calidad.

Los desperdicios obtenidos de la recolección diferenciada también requieren estar libres de contaminación por ejemplo, aceites, detergentes, bebidas, y azúcar. Estos generalmente requieren de un proceso de lavado posterior a la molienda para lograr un regranulado de buenas características.

El proceso de regranulado consiste básicamente en los siguientes pasos:

- 1.-Molienda.
- 2.-Lavado/Separación.
- 3.-Compactación.
- 4.-Granulación (Pelletizado).
- 5.-Modificación con aditivos.

5.1.1 Molienda.

Las piezas de gran tamaño, tortas de material fundido, cuerpos huecos, madejas de hilo, exige según el tipo de material y la forma, la utilización de instalaciones de corte y molienda especiales. Las fabricas de maquinaria de este sector, ofrecen instalaciones adecuadas para cada caso.

Existen diversos factores que se deben tomar en cuenta para la

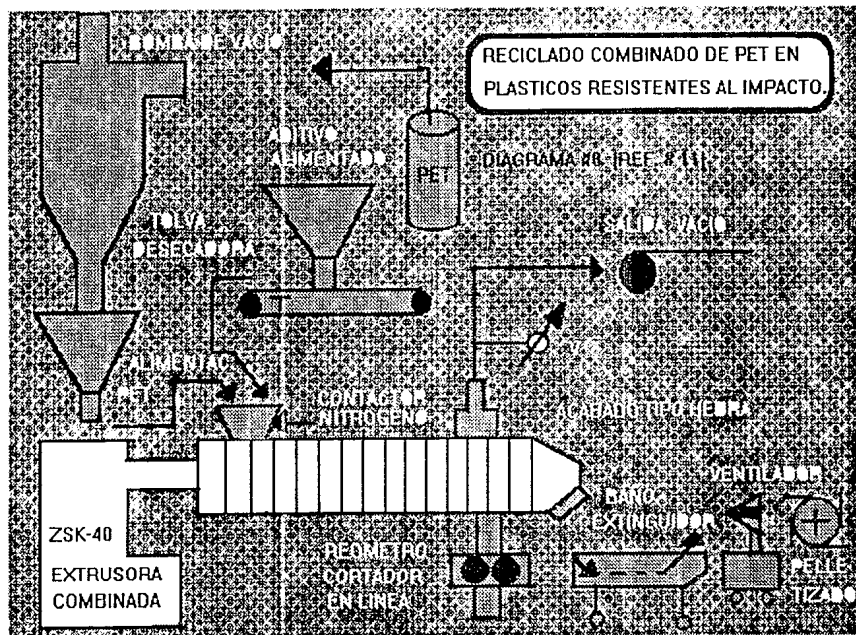
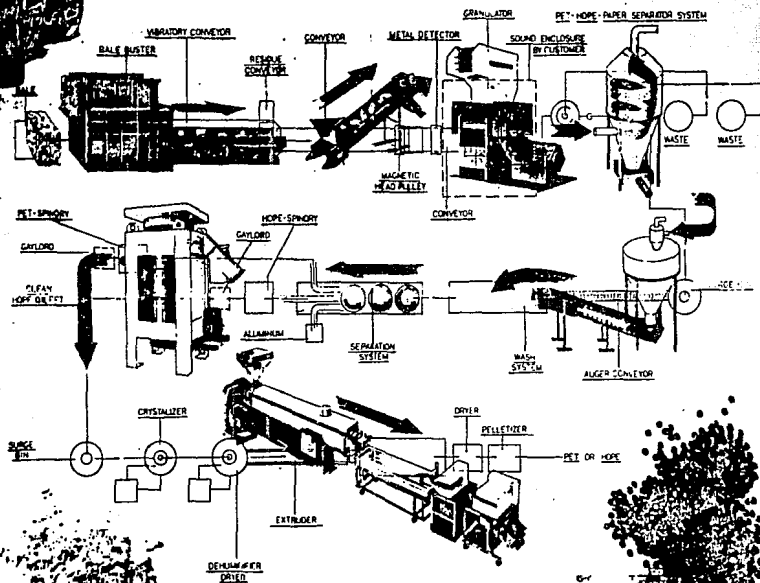


DIAGRAMA # 9 REFERENCIA # 10.



elección de un molino:

TABLA #14 (REF. # 7)

- a) Tipo de plástico.
- b) Estado del material:
 - Piezas de inyección.
 - Cuerpos huecos.
 - Piezas compactas.
 - Rebabas.
 - Coladas.
 - Masas fundidas.
- c) Dimensiones del material a triturar.
- d) Humedad media.
- e) Granulometría final requerida.
- f) Densidad del plástico.
- g) Contaminación por cuerpos extraños.
- h) Tipo de alimentación.
- i) Producción.

Las principales firmas del mundo y con representantes en México son las siguientes:

TABLA 15 (REF. # 6)

FIRMA	TECNOLOGIA
Lessona Latinoamericana plastimac, S.A.	Italiana.
Mateu & Sole, S.A.	Española.
Pallmann Maschinenfabrik Wenco, Inc.	Alemana.
Alpine.	Italiana.

Existe un novedoso sistema recientemente desarrollado para alcanzar tamaño de partícula ideales para posterior granulación y mejor incorporación de aditivos denominado molienda Criogénica.

El principal propósito de la molienda criogénica es el obtener polvos con tamaño de partícula adaptable a revestimiento, 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 oC.

El gas criogénico de más uso es el nitrógeno, ya que este hace contacto con el material de alimentación que se encuentra a -78 oC proporcionando una excelente transferencia de calor. La mayoría de los polímeros presentan fragilidad por debajo de -78 oC y, por tanto, requieren enfriamiento con nitrógeno líquido.

El ciclo de reciclado criogénico involucra una serie de etapas esquematizadas y ordenadas como se ven en el diagrama # 10.

5.1.1.1 CARACTERISTICAS EN EQUIPOS DE MOLIENDA CRIOGENICA

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

A continuación se muestra una tabla donde se especifican estos valores:

TABLA #16 (REF. #20)

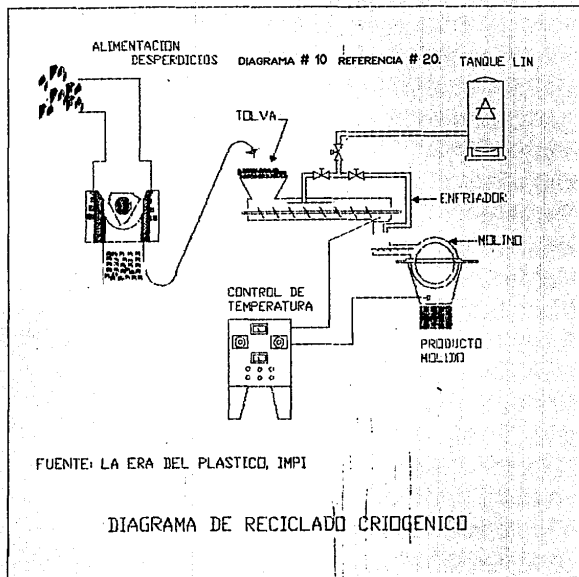
MATERIAL	CONSUMO LIN	kg N2	TEMPERATURA DE FRAGILIZACION oC	TAMANO DE PARTICULA (MALLAS)
		kg co2		
LDPE	2.5-3.5	0.75-1.05	-56	80
HDPE	1.0	0.3	-45	40
PP	1.2	0.36	-51	40
ABS	0.5	0.15	-65	20
PVC Flexible	0.7	0.21	-45	40
PA	2.0	0.6	-73	80
PC	1.5	0.45	-101	40
PET	1.0	0.3	-60	40

A nivel mundial fabrican equipo de molienda criogénica las siguientes compañías:

-Pallmann Pulverizers Co, Inc.

-Wenco, Inc.

-Air Products and Chemicals, Inc.



Ventajas de la molienda criogénica:

-El tamaño de partícula es homogéneo y mínimo, aún cuando se alimenten materiales diferentes.

-Se recomienda para molido de termoplásticos debido a que no existe calor que los puede degradar.

-Para hules es el único proceso que existe para su micropulverización.

5.1.2 ASPECTOS DE SEGURIDAD PARA EMPLEO DE MOLIENDA CRIOGENICA

(LIMPIEZA)

A partir de los desperdicios de material plástico, que se producen de una forma continua y clasificada, se puede obtener por medio de un procedimiento de limpieza una materia prima secundaria, que desde el punto de vista de las propiedades de la pieza acabada, es comparable con la materia prima virgen. Sin embargo, se requiere que la limpieza se realice en dos fases. En la primera fase se separa la suciedad poco adherida, por ejemplo, arena ó piedritas, 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 ello 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 ó tamices intercambiables colocadas dentro del cilindro del extrusor.

5.1.3 COMPACTADO

Se aplica a los desperdicios de película, fibras y materiales espumados, los cuales por su baja densidad aparente requieren equipos especiales que funcionan a elevadas velocidades dando como consecuencia un aumento en la temperatura de molienda ocasionando a su vez la aglomeración del material. Los compresores se ofrecen generalmente formando parte de una instalación combinada formada por un molino previo al compactador.

5.1.4. GRANULACION (PELLETIZACION).

La granulación consiste básicamente en un proceso de extrusión con un dado especial a base de un plato perforado con orificios de aproximadamente 2 cm. y por ellos sale fundido el material y homogenizado el plástico para posteriormente ser cortado.

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

La tecnología de granulado (pelletizado) difiere principalmente en tipo de diseño de husillos de extrusión y prácticamente todas las firmas que fabrican extrusores ofrecen líneas para granulado.

5.1.5 MODIFICACION CON ADITIVOS

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

La clave para lograr un beneficio en el reciclado de plásticos es hacer productos con un valor agregado a partir del desecho.

Los aditivos que pueden utilizarse para reformular plásticos reciclados son los siguientes:

TABLA #17 (REF. # 11)

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

Con tales reformulaciones, los residuos de plástico, están en posición de competir en algunas aplicaciones de alta tecnología industrial, por ejemplo, las botellas de PET para bebidas carbonatadas podrán terminar algún día en las defensas y otras partes de los automóviles.

5.2 LÍNEAS COMPLETAS DE RECICLADO

Existen en el mundo diversas empresas especializadas en la fabricación de líneas completas para el reciclado de plásticos, a los cuales incluyen todos los pasos del proceso descrito anteriormente y que diseñan sus equipos a la medida de las necesidades de cada tipo de desperdicio.

Algunas de estas firmas son:

TABLA #18 (REF. 15)

EMPRESA	TECNOLOGIA
Sikoplast	Alemana.
Sorema	Italiana.
Erema	Austriaca.
Weiss Gmbh	Alemana.
Prealpina	Italiana.
Fbm	Italiana.
Mioto	Brasileña.
Tecnova	Italiana.

5.2.1 PLASTICOS MEZCLADOS

Cuando se tienen mezclas de distintos materiales plásticos las cuales resultan difíciles de separar física y económicamente, se han desarrollado métodos especiales para su reciclamiento 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 trituración alcánzandose 8 mm de malla.
- 3.- La mezcla puede ser pre-lavada si esta contiene un alto nivel de contaminación de materia orgánica.
- 4.- El material es alimentado a un silo perforado cuya función es mezclar y almacenar; aquí el material es secado y homogenizado. En esta fase pueden agregarse los aditivos por ejemplo pigmentos y el silo está rotando continuamente para prevenir la aglomeración 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 se maneja hidráulicamente para

lograr altas velocidades que calienten a la mezcla de 200 a 300 oC por fricción durante un corto período de residencia dentro del cilindro para evitar su degradación. Posteriormente la mezcla es llevada por compresión hacia los moldes.

7.- El corto período de residencia dentro de la máquina y el diseño de la misma evita la posibilidad de que se liberen sustancias volátiles.

8.- Diez ó veinte 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 aireados horizontalmente durante 8 a 10 horas para alcanzar el enfriamiento del centro y la estabilización total del producto.

Debido a que unos plásticos resultan ser incompatibles entre si en estado fundido, existen dificultades durante el proceso y esto no permite la obtención de productos de buena calidad. Por esta razón, se requiere una clasificación previa de los desechos de tal forma que uno de los plásticos componentes de la mezcla ocupe más del 50%, este plástico generalmente es polietileno.

A pesar de que las tecnologías desarrolladas permiten amplias tolerancias en la composición de la mezcla se presentan ciertas recomendaciones que deben tomarse en cuenta referentes a las cantidades de PET en la mezcla.

- El índice de fluidez de este plástico es considerablemente más grande que cualquiera de los demás incluidos en la mayoría de las mezclas probables y que ocupan un mayor porcentaje.

El PET debe primero ser granulado finamente de tal forma que actúe como una carga en los productos moldeados para proporcionar tenacidad la mezcla no debe exceder el 80% del PET.

5.3 CALCULO DE LA EFICIENCIA GLOBAL DE PROCESO DE RECICLADO DE BOTELLAS DE PET

Tamaño de la botella (lt).	Botella 1 sola pieza (gramos).
1/2	29-32
1	41-44
1 1/2	49-52
2	59-66

Costo de 1 botella = 1.6 Nuevos pesos/botella

$$\frac{1.6 \text{ N pesos}}{50 \text{ gramos}} \cdot \frac{1000 \text{ gr}}{1 \text{ kg}} \cdot \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton.}} = 32'000 \frac{\text{N pesos}}{\text{ton. de botellas PET}}$$

Suponiendo que se fabriquen 15'000'000 botellas/año se obtendría lo siguiente:

$$15'000'000 \frac{\text{botellas}}{\text{año}} \cdot \frac{1 \text{ año}}{365 \text{ días}} \cdot \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ hr}} \cdot \frac{1 \text{ hr}}{60 \text{ min.}} = 28.53 \frac{\text{botellas}}{\text{min.}}$$

50 gr pesa 1 botella y suponiendo que se fabriquen a partir de resina virgen 15'000'000 botellas/año tendríamos lo siguiente:

$$15'000'000 \frac{\text{botellas}}{\text{año}} \cdot \frac{50 \text{ gr}}{1 \text{ botella}} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ gr}} \cdot \frac{1 \text{ ton.}}{1000 \text{ kg.}} = 750 \frac{\text{ton. de PET}}{\text{año}}$$

Suponiendo que se recuperan un 60 % según el artículo referente a reciclado de PET se obtendría lo siguiente:

$$750 \frac{\text{ton. de PET}}{\text{año}} \cdot 0.6 = 450 \frac{\text{ton. de PET recuperadas}}{\text{año}}$$

$$450 \frac{\text{ton de PET recup.}}{\text{año}} \cdot \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton,}} \cdot \frac{1000 \text{ gr.}}{1 \text{ kg}} \cdot \frac{1 \text{ botella}}{50 \text{ gr}} = 9'000'000 \frac{\text{botellas recuperadas/año}}{\text{año}}$$

Suponiendo que nuestra eficiencia de reciclado es del 95% tendremos lo siguiente: $450 \frac{\text{ton de PET recuperadas}}{\text{año}} \cdot 0.95 = 427.5 \frac{\text{ton PET recicl.}}{\text{año}}$

$$427.5 \frac{\text{ton PET recicl.}}{\text{año}} \cdot \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton,}} \cdot \frac{1000 \text{ gr.}}{1 \text{ kg}} \cdot \frac{1 \text{ botella}}{50 \text{ gr}} = 8'550'000 \frac{\text{botellas recicladas/año}}{\text{año}}$$

$$427.5 \frac{\text{ton PET recicl.}}{\text{año}} \longrightarrow \boxed{\begin{array}{c} \text{PROCESO} \\ \eta = 90 \% \end{array}} \longrightarrow \text{Resina procesada}$$

$$427.5 \frac{\text{ton PET recicl.}}{\text{año}} \cdot 0.9 = 384.75 \frac{\text{ton. procesadas}}{\text{año}}$$

$$384.75 \frac{\text{ton. procesadas}}{\text{año}} \cdot \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton.}} \cdot \frac{1000 \text{ gr.}}{1 \text{ kg}} \cdot \frac{1 \text{ botella}}{50 \text{ gr}} = 7'695'000 \frac{\text{botellas}}{\text{procesadas/año}}$$

Perdiéndose por recolección principalmente y por el proceso 7'305'000 botellas/año.

6.0 SUGERENCIAS Y RECOMENDACIONES PARA ELEVAR LA EFICIENCIA EN EL PROCESO DE RECICLADO DE PET

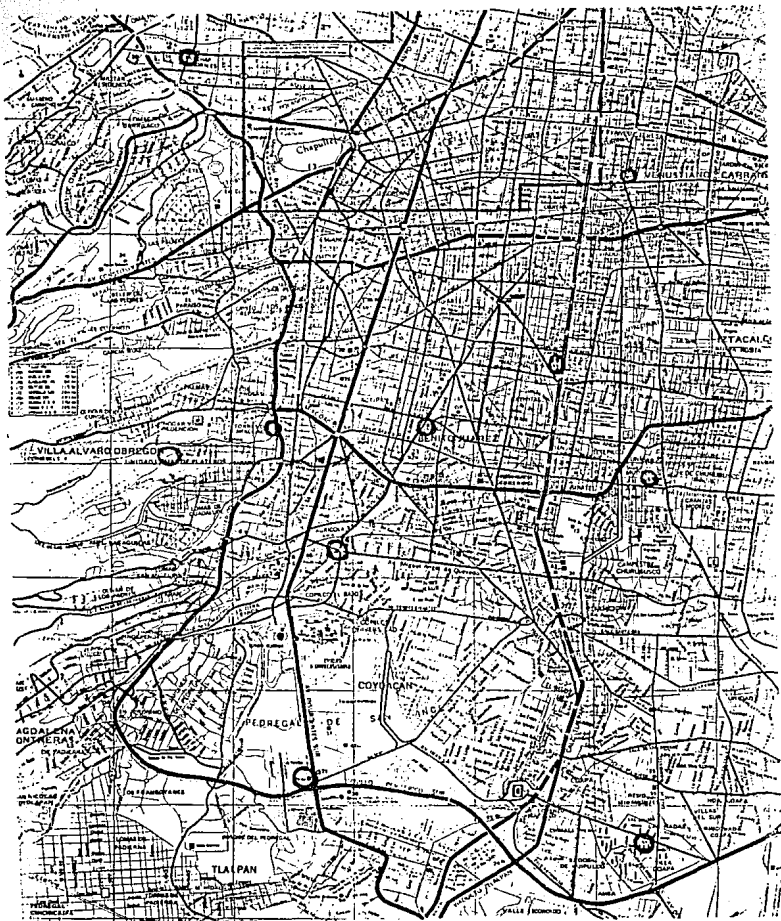
Debido a que el problema mayor que encontramos en todo el proceso de reciclado de botellas de PET es la recolección, pusimos especial atención en este punto haciendo un pequeño estudio de recolección de botellas de PET.

Se escogió para el estudio a las tiendas de autoservicio Aurrera para poder saber aproximadamente cuantas botellas de PET se recolectan al día, y se escogio como marca de envase el de Coca-Cola, ya que es la botella de refresco que más se recolecta en las tiendas de Aurrera.

Se encuestarán a 10 tiendas Aurrera haciendoles las siguientes preguntas.

- 1.- ¿Cuanto se paga por la devolución de la botella?
- 2.- ¿Cuantas botellas se recolectan al día de Coca-Cola?
- 3.- ¿Cuantas botellas cambia cada persona como promedio?
- 4.- ¿Que tipos de botellas de PET manejan que sean retornable?
- 5.- ¿Manejan botellas incoloras ó de color y que marcas?

La localización de las tiendas encuestadas se muestra en el mapa del D.F.



Los datos obtenidos de la encuesta se muestran en la siguiente tabla.

TABLA #19

precio envase \$	cajas de botellas/día 1caja=12 bot	botellas cambiadas/persona	botellas retornables marcas	botellas incoloras ó de color
1600	60-70	2-3	pepsi/coca	bot. incol.
1600	40-50	1-2	pepsi/coca	bot. incol.
1600	50-60	2-3	pepsi/coca	bot. incol.
1600	40-50	2-3	pepsi/coca	bot. incol.
1600	30-40	2-4	pepsi/coca	bot. incol.
1600	30-40	1-2	pepsi/coca	bot. incol.
1600	40-50	2-3	pepsi/coca	bot. incol.
1600	30-40	1-2	pepsi/coca	bot. incol.
1600	50-60	2-3	pepsi/coca	bot. incol.
1600	40-50	1-2	pepsi/coca	bot. incol.

El análisis estadístico de los datos obtenidos se muestra a continuación.

TABLA # 20

promedio No cajas/día	promedio No botellas/día	promedio No botellas/persona
65	780	3
45	540	2
55	660	3
45	540	3
35	420	3
35	420	2
45	540	3
35	420	2
55	660	3
45	540	2
Promedio	X = 552	Y = 2.6
Desviación stand.	119.3314	0.5163

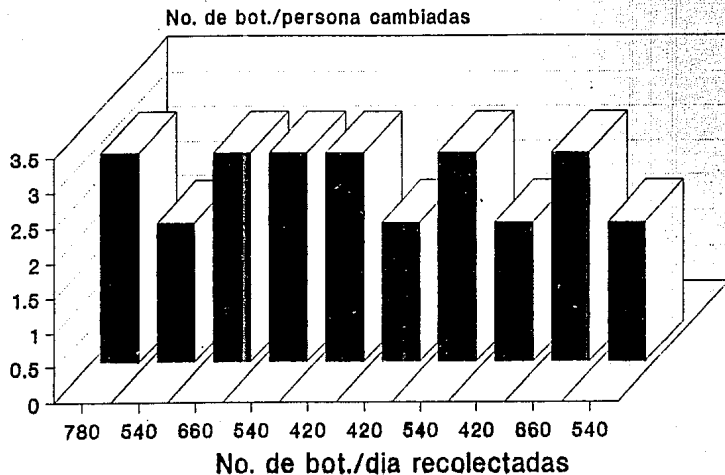
La ecuación que representa los datos analizados es la siguiente:

$$Y = 1.359550562 + 2.247191011E-03 \cdot X$$

$$r = 0.51929078$$

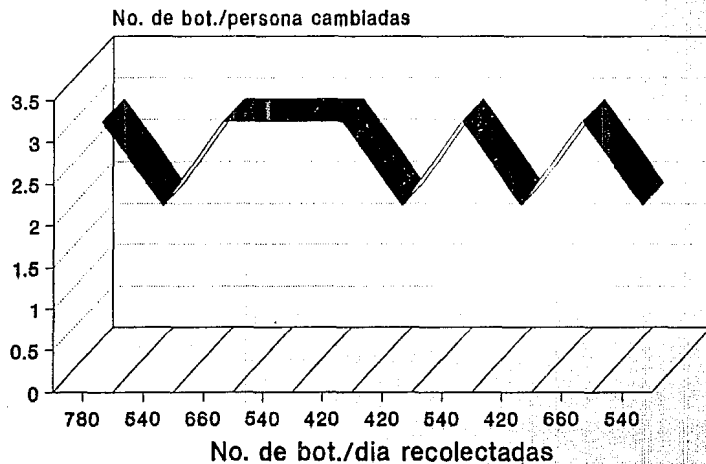
A continuación se muestran las gráficas #12 y #12.1 en la cual se presentan el # de botellas/día vs # de botellas cambiadas/persona.

NUMERO DE BOTELLAS/DIA VS NUMERO DE BOTELLAS/PERSONA



GRAF. #12 (Fuente encuestas de tiendas)

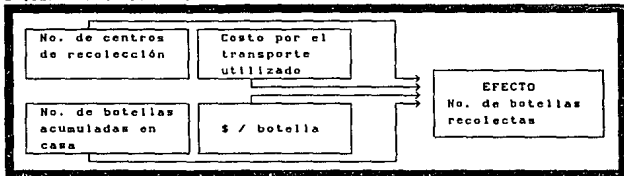
NUMERO DE BOTELLAS/DIA VS NUMERO DE BOTELLAS/PERSONA



GRAF. #12.1 (Fuente encuestas a tiendas)

De acuerdo a la gráfica #12 y 12.1 se ve cuantas botellas al día son colectadas en los diferentes centros de canje Aurrera y se observa que la variación de una tienda a otra es de un 25% $\pm$ respecto una tienda con la otra. El número de botellas cambiadas por persona no varía mucho ya que se encuentra en un intervalo de 2 a 4 botellas por persona como promedio.

En el esquema siguiente se muestran las causas que afectan a la recolección de botellas:
ESQUEMA #9 (REF. # 5)



6.1 RECOMENDACIONES.

De acuerdo al estudio que se hizo, nosotros recomendamos aumentar los No. de centros de recolección, dado que nos dimos cuenta que es el punto más bajo en el cálculo de la eficiencia.

Para aumentar el No. de botellas recolectadas, recomendaríamos hacer más poco de publicidad sobre el reciclado de envases de plástico, también como clasificar su basura de acuerdo al material que se trate y hacer conciencia entre la población de que el reciclar el plástico es una forma de reducir volumen dentro de la basura.

Otra recomendación sería aumentar el precio/botella para que así no hubiera tantas botellas arrojadas a la basura.

El No. de botellas acumuladas en una casa por semana, depende de

que tanto se compre refrescos.

De la encuesta se puede decir que cada persona compra entre 2 ó 3 botellas/viaje.

Para disminuir este tiempo y evitar la acumulación se recomienda estimular a la gente de algún modo, para que devuelva el envase de plástico rápido al centro de recolección, fomentando por algún medio de publicidad.

De acuerdo a los hábitos de consumo de refrescos se observo que por semana se consumían entre 10-12 botellas de 1 1/2 litros por semana entre una familia y por persona al día 1 botella de 1 1/2 como promedio.

7.0 CONCLUSIONES

Los residuos de materiales plásticos constituyen un problema creciente desde el punto de vista económico y ecológico. Los desechos plásticos representan una fuente potencial de materias primas, en un mundo que enfrenta problemas de escasez de recursos.

Generar cero residuos plásticos o sustituir productos plásticos por otros materiales es una solución pero a un plazo no predecible. El mejor camino para el aprovechamiento máximo de los residuos es la reincorporación de los mismos al proceso productivo.

Existen diversos sistemas para el tratamiento de residuos plásticos de los que destacan: relleno sanitario, compactación, incineración, composteo, degradabilidad, y reciclado.

El proceso más recomendado es el reciclado por ser una alternativa tecnológica poco contaminante, sencilla y que permite la reutilización de los residuos.

El reciclado de plástico en nuestro país es una actividad que se inicia, por lo que es necesario crear una conciencia ecológica tanto en los consumidores como en los empresarios, sobre todo los industriales, para promover y fomentar la recolección el procesamiento y la reutilización de productos plásticos.

7.1 PROBLEMAS DE RECOLECCION Y ACOPIO DE MATERIALES RECICLABLES

Los desechos generan una economía, ilegal ó subterránea, ya que en la cadena de reciclaje de los subproductos hay enormes sumas de impuestos que se evaden.

Costos por limpieza. Es un absurdo pagar un altísimo precio por la limpieza, recolección y disposición final de desechos que se considera un servicio público y que genera otros problemas todavía más

graves como la contaminación de acuíferos subterráneos.

Las condiciones actuales y los vicios y mafias existentes alrededor de la basura, no permiten recuperar una mayor cantidad de subproductos inorgánicos, que son los que más fácilmente se comercializan, los que no se alcanzan a pepear se entierran.

Si se recuperaran el 80% de las 7,500 toneladas diarias, se obtendrían 6,000 toneladas al día de residuos inorgánicos se recuperarían 1000 millones de pesos diarios en la venta de materiales recuperados.

La inutilización del 100% de la materia orgánica que se lleva a tiraderos ó a rellenos sanitarios.

La basura es un gran negocio, aunque sólo para unos cuantos; entonces su manejo implica el control sobre las posibilidades de comercialización.

De esta forma el Sindicato de Limpia y Recolección de la Ciudad de México, conjuntamente con los pepenadores "acapan la basura" y si sienten peligro de perder aunque sólo sea una parte, inmediatamente toman represalias, que consisten simplemente en no recoger la basura en la zona que les cause problemas, en pocas palabras es una "mafia".

7.2 CONCLUSIONES FINALES.

Las conclusiones del estudio realizado son las siguientes:

1.- Los sectores de distribución, industria y agricultura son las fuentes de mayor cantidad de residuos para reciclado.

2.- La mezcla de plásticos contenidos en los residuos urbanos podría ser fácilmente recuperables si es separada antes de la recogida.

3.- Aproximadamente sólo un 22 por 100 de los plásticos se están recuperando.

A estas conclusiones, se nos ocurren algunos comentarios.

En primer lugar que, el futuro del reciclado puede y debe ser optimista desde el punto de vista económico, pues si actualmente existen negocios rentables con sólo una recuperación del 22 por 100 hay que esperar, y es necesario, crear una política de recuperación que incremente considerablemente este porcentaje, ya que, en muchos casos, la rentabilidad de las instalaciones depende de las cantidades mínimas de material a tratar.

En segundo lugar, es necesario desarrollar la investigación, tanto en sistemas de tratamiento y separación, como en modificaciones y la incorporación de aditivos al producto con el fin de mejorar las calidades y poder ser utilizado en aplicaciones con mayores exigencias, dando un valor agregado mucho mayor.

En relación con los residuos urbanos, nos parece un poco utópico el pretender una separación previa a la recolección. Es decir, que cada ciudadano, en su casa, haga la separación. Es posible, que en pequeños núcleos urbanos, seleccionados, mentalizados, con características muy específicas de construcción (casas de poca altura ó unifamiliares, jardín, etc) pudieran tener éxito, pero dudamos que en grandes urbes esto tuviera resultado. Más aún, suponiendo esto una realidad, nos evitaría determinados procesos de lavado, separación y reciclado de los distintos materiales plásticos que vienen mezclados en el residuo.

El problema económico de las plantas de recuperación integral no son los materiales plásticos. El problema está, en primer lugar, en el

costo de transporte a las plantas y en el transporte de retirada de los productos separados.

Por ello, es necesario una estrategia en la disposición de las plantas de recuperación para evitar largos recorridos.

Las empresas de reciclado de botellas de PET están de acuerdo en que para conseguir que el negocio merezca la pena se requiere algo más que la simple recuperación de la resina inicial de las botellas y su posterior venta. El verdadero beneficio potencial está en los productos mejorados y con valor agregado que pueden ser fabricados a partir de la resina recuperada.

Esta mejora implica normalmente composiciones con PET recuperado con aditivos que lo hacen más procesable o refuerzos añadidos para mejorar sus propiedades físicas; o incluso la producción de extruidos ó partes acabadas a partir de resina recuperada.

El PET reciclado puede ser también químicamente transformado en materia prima para la fabricación de resina de poliéster insaturado ó en polioles para la producción de resinas de poliuretano.

Desde el punto de vista psicológico es muy importante la actitud del consumidor de distintos artículos; gracias incluso a la adopción voluntaria de estándares de calidad, el uso del material de recuperación no se considera como una renuncia a la calidad, sino como una contribución a la mejoría del ambiente.

La mayoría de los plásticos contenidos en la basura son termoplásticos y son, por otro lado, materiales combustibles con un alto valor energético.

El hecho de que sean termoplásticos nos permite fundirlos nuevamente y reutilizarlos como materia prima que, con un ligero

acondicionamiento, pueden ser reciclados.

Los termoplásticos representan el 80% del total de los desechos plásticos. El reciclado representa, entonces, una alternativa para ahorrar materiales y energía.

Si el material es combustible se podrá quemarlo, obtener energía para mover turbinas y generar electricidad, o para algún otro equipo industrial que requiera calor en su operación. Esta alternativa tiene la desventaja de que la combustión de los plásticos se desprenden gases tóxicos que deben ser tratados antes de dejarlos salir libremente a la atmósfera.

Las materias primas que se utilizan en la producción de envases se encuentran entre las que hoy se consideran "recursos limitados en el tiempo", diferentes tipos de madera, arenas, calcáreas, sales, carbón y hierro. Los plásticos van contra las reservas de petróleo.

Otro argumento suplementario para la recuperación de las materias de los envases es su corta vida en comparación con otros productos industriales.

La participación ciudadana en un plan recuperación selectiva de los residuos sólidos domiciliarios para su reciclaje, es el punto de partida para lograr el éxito.

Todo consiste en no mezclar los desperdicios generados en un sólo recipiente, con el objeto de evitar el gasto de selección, limpieza y lavado de los subproductos en una planta de tratamiento y para obtener una mejor calidad de materia recuperada con residuos limpios y clasificados.

Para lograr un éxito completo con la selección en los hogares, es muy importante mantener la regularidad en la recolección; las

recolecciones eventuales provocan desorden y la gente pierde el hábito de la selección previa.

El vidrio, por ejemplo que es el material a sustituir, representa el 5% en la basura del total y para producir una tonelada de vidrio se requieren 600 kg de arena sílica, 200 kg de cloruro de potasio, 200 kg de caliza, 70 kg de feldespato y 4,500 kw/hora de energía, y en su fabricación se generan 200 kg de desechos, producto de la extracción, y 15 kg de partículas y contaminantes en el aire.

Las posibles soluciones al problema que representa la producción de empaques y envases innecesarios, que se revierten en el incremento del volumen de desechos una vez consumido el producto que contiene, consiste en lo siguiente:

- Reducir el volumen del envase, para evitar el sobreempaque.

- Reusar el envase desechable, siguiendo la práctica del retornable.

- Utilizar envases para usos diferentes a los originales.

- Diseñar envases que sean fácilmente reciclables y desechables lo cual implica que se contemple desde la estructura del envase hasta la composición química de los materiales.

- Limitar la variedad de materiales usados para facilitar el reciclaje.

- Implementar medidas gubernamentales que fomenten el reuso y reciclaje.

Volviendo al principio de este trabajo, aún queda mucho por hacer, pero existe un buen futuro, y en aquellos casos en que la rentabilidad sea dudosa, las administraciones tienen la obligación de ayudar, pues los problemas sociales y ecológicos son de su

competencia.

BIBLIOGRAFIA

- 1.-Ignacio Cruz Claudia. Anteproyecto para la instalación de una planta de PET. Grado ingeniería en México. Tesis U.N.A.M., Fac. Química. México, 1991.
- 2.-Hidalgo Peralta Luis. Diagnóstico de la situación económica de los plásticos de ingeniería, PET y PBT en México. Tesis U.N.A.M., Fac. Química. México, 1990.
- 3.-Esquivel Quiroz Jorge. Métodos de reciclado para desechos de materiales plásticos. Tesis U.N.A.M., Fac. Química. México, 1984.
- 4.-Rodríguez Martínez Ricardo. Manufactura usos y propiedades del polietileno tereftalato. Tesis U.N.A.M., Fac. Química. México, 1988.
- 5.-Deffis C.A. La basura es la solución. Editorial Concepto S.A. p.p. 9-277 México, D.F. (1989).
- 6.-G. Matthes. Reciclaje de materiales plásticos. Plásticos Universales. No. 10, julio-agosto, 33, 1991.
- 7.-G. Matthes. Regenerado de materiales plásticos y de desperdicios de material plástico. Plásticos Universales. No. 34, 50, 1990.
- 8.-C. Roca. Reciclado de envases plásticos. Plásticos Universales. No. 34, 56, 1990.
- 9.-Special Report. Plastic's 90's. Chemical Marketing Reporter 237, p.p. 22-26 (1990).
- 10.-Market Research on plastics recycling. Plastics recycling foundation. Center for plastics recycling research. Technical report No. 31 p.p. 1-8 (1989).

11.-J. Curry and Arash Kiani. Compounding recycled PET into impact-resistant plastics. *Plastics engineering*. No. 11, p.p.37-39 (noviembre 1990).

12.-Leaversuch R. Reciclado de PET. *Revista de plásticos modernos*. No. 415 p.p. 130-132 (enero 1991).

13.-Jack K. Rogers. Blow molding industry takes on recycling. PET extrusión. *Modern plastics international*. p.p. 46-49 (septiembre 1990)

14.-Witwer, E.D. L.D.C. (Lumnus Development Corp.) Plastics reclamation system. *Boletín técnico*, (16) (1990).

15.-Housley C. Composición de los desperdicios domesticos en Japón y proporción de plásticos. *Revista de plásticos modernos*. No. 417 p.p. 400-403 (marzo 1991).

16.-Marilyn Bakker. The forecast is cloudy for plastic bottles. *Plastics engineering*. p.p. 23-27 (enero 1992).

17.-Gilead D. Reciclado de plástico I. Futuro de los plásticos degradables. *Revista de plásticos modernos*. No. 397 p.p. 104-106 (Julio 1989).

18.-Paul Donald. Reciclado tecnologías. *Revista de plásticos modernos*. No. 418 p.p. 520-526 (abril 1991).

19.-Poliéster termoplástico. Anuario estadístico del plástico. Instituto mexicano del plástico industrial. S.C. México, D.F. p.p. 105-112 y 247-254 (1990).

20.-Seminario : La era del plástico. Instituto mexicano del plástico industrial. S.C. México, D.F. (1991).

- 21.-Tom Tomaszek. In recycling, cold is getting hot. *Plastics technology*. p.p. 35-38 (junio 1991).
- 22.-Basta N. and Johnson E. *Plastics recycling picks up momentum*. *Chemical engineering*. (96) No. 7 p.p. 30-33 (julio 1989).
- 23.-C. Perrone. Reciclaje : El "modelo" japonés. *Tecnología del plástico*. No. 29 p.p. 20-28 (marzo 1990).
- 24.-Leaversurch R. *Chemical recycling brings real versatility to solid-waste management*. *Modern plastics international*. p.p. 26-29 (julio 1991).
- 25.-Boletines técnicos proporcionados por Celanese Mexicana, sobre la elaboración de botellas de PET (Tercel), (1990 y 1991).