

300618

22  
20



**UNIVERSIDAD LA SALLE**  
ESCUELA DE QUIMICA  
INCORPORADA A LA U. N. A. M.

**APORTACIONES A LA SOLUCION DE LA CONTAMINACION  
DEBIDA A LOS RESIDUOS DE POLIETILENO DE BAJA  
DENSIDAD EN EL D. F. Y AREA METROPOLITANA**

**TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
**INGENIERO QUIMICO**

P R E S E N T A

**ALFREDO VILLANUEVA ALVARADO**

DIRECTOR DE TESIS:

ING. GUILLERMO JESUS ALCAYDE LACORTE



MEXICO, D. F.

AGOSTO DE 1990



## **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

	PAGS.
<b>I. INTRODUCCION.</b>	
A) Producción de Plásticos Comerciales en México.....	1
B) Generación y Recuperación de Desperdicios Plásticos en México.....	1
C) Conceptos de Reciclable y No Reciclable, Métodos de Reciclado de Desperdicios Plásticos.....	2
<b>II. POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD: PRINCIPAL CONTAMINANTE PLASTICO.</b>	
A) Generalidades.....	6
B) Diversidad de Polietilenos, Transformación y Estructura del Mercado del Polietileno de Baja Densidad.....	7
<b>III. RECUPERACION DEL POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD.</b>	
A) Sistemas de Recuperación.....	12
B) Condiciones Físicas, Selección y Clasificación.....	13
C) Caracterización del Material Recuperado.....	16
<b>IV. PROCESOS SUGERIDOS PARA LA RECICLACION DEL POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD.</b>	
A) Antecedentes.....	17
B) Análisis de las Operaciones que tienen lugar en el Proceso de Reciclado.....	19
C) Criterios a seguir para una adecuada selección del Equipo de Reciclado.....	23
D) Usos del Material Recuperado.....	24
<b>V. ESTIMACION DE LA FACTIBILIDAD FINANCIERA.</b>	
<b>1. Proceso de "Compactación".</b>	
1) Recuperación por el Sistema de "Compactación".....	26
2) Estimación de la Inversión Diferida.....	29
3) Estado de Pérdidas y Ganancias.....	31
4) Estimación del Capital de Trabajo.....	36
5) Estimación de la Inversión Total.....	37
6) Estado de Resultados.....	38
7) Rentabilidad.....	38
8) Punto de Equilibrio.....	39
<b>2. Proceso de "Extrusión".</b>	
1) Estimación de la Inversión Fija.....	44
2) Estimación de la Inversión Diferida.....	47
3) Estado de Pérdidas y Ganancias.....	48

PAGS.

4) Estimación del Capital de Trabajo.....	53
5) Estimación de Inversión Total.....	54
6) Estado de Resultados.....	54
7) Rentabilidad.....	55
8) Punto de Equilibrio.....	55

3. Tabla Comparativa de los Dos Modelos de Reciclado propuestos.	60
--	----

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

A) De lo observado en el Reciclado de Polietileno de Baja Densidad por medio de los Procesos de Extrusión y Compactación, como alternativas para la solución del fenómeno de Contaminación.....	61
B) De lo que todos deberíamos tomar conciencia.....	62

VII. ANEXIO.

A) Anuario Estadístico del Polietileno de Baja Densidad. (1981-1988).....	64
B) Índice Nacional de Precios de la Industria Química. (1981-1988).....	65
C) Índice Nacional de precios para Insumos de la Industria Química. (1981-1988).....	66
D) Índice Nacional de precios al Productor. (1981-1988).....	67
E) Índice Nacional de precios al Consumidor. (1981-1988).....	68
F) Tipos de Cambio Peso-Dólar. (1981-1988).....	69

## I.- INTRODUCCION.

### A) Producción de plásticos comerciales en México.

La investigación y el desarrollo en el campo de los plásticos ha cobrado auge, al grado que se le ha denominado a la segunda parte del siglo XX "La Era del Plástico", estos materiales han encontrado múltiples aplicaciones en todos los órdenes de la vida cotidiana.

El por qué de este fenómeno se debe principalmente a que la rentabilidad de dichos materiales es superior a la que nos brindan aquellos a los cuales los plásticos sustituyen, agregándoles la ventaja, en la mayoría de los casos, de que los materiales sintéticos encuentran uso de nueva cuenta una vez que se han reprocesado.

Es así que los plásticos han elevado en gran medida la calidad de vida del ser humano, ya que en sus múltiples aplicaciones sustituyen a materiales naturales, logran avances en la medicina, se produce en donde la tierra es inhospita, y así podríanse seguir enunciando beneficios que nos otorgan en todos los renglones en donde encuentran aplicación.

En lo tocante a México la industria del plástico se desarrolla día a día, las grandes corporaciones químicas están destinando buena parte de su presupuesto a la investigación y aplicación de los materiales sintéticos, mientras que otras industrias se especializan en ciertos procesos para la obtención específica de algún polímero o bien en el procesamiento de materiales plásticos.

Los polímeros que en la actualidad se producen en mayor volumen dentro de la industria química en México son: polietileno de alta y baja densidad, cloruro de polivinilo, poliestireno y polipropileno. Estos polímeros en su conjunto ocupan aproximadamente el 74% del total procesado en cuanto a plásticos en México. (Tabla 1).

### B) Generación y recuperación de desperdicios plásticos en México.

En México la situación actual en cuanto a la generación de basura ocasionada por desechos plásticos se ha tornado en un grave problema que nos aqueja amargamente. Por las características del mercado de los plásticos que se ha venido desarrollando en México, el uso de estos se ha visto orientado preferencialmente hacia el sector de envase y empaque, calculándose que el periodo de vida útil que tales productos tienen una vez que han salido al exterior para el uso del consumidor es aproximadamente de 72 horas, siendo su destino el ir a parar a los lugares asignados para los desechos, conocidos como basureros.

Es importante hacer notar que la producción de los desperdicios plásticos se inicia desde el momento mismo de la obtención de la materia prima petroquímica hasta que el consumidor final ha hecho uso de los productos manufacturados, pasando por el fabricante de la resina, el transformador y el consumidor industrial.

Se ha llevado a cabo un estudio para estimar los volúmenes de material de diversos plásticos que van a parar a la basura; es decir, aquellos productos sintéticos que han dado ya un servicio a los consumidores en su propósito y son desechados. En la tabla 1 se muestran los resultados obtenidos en dicha investigación.

Estudiando los datos proporcionados se aprecia que el consumo de materiales plásticos producidos en México en el año pasado fue de un millón de toneladas, de las cuales, el 50% se encuentra dentro de vida útil, el 16% corresponde a la recuperación de desperdicios que se produjeron durante el ciclo de producción de los diversos artículos derivados del plástico y el 34% de estos, después de su consumo, se fue directamente a la basura.

Esta cifra puede ser no muy alarmante, pero si se analiza más profundamente se observa que de este 34% de materia de desecho en su conjunto, el 65% corresponde solamente al polietileno de baja densidad, lo cual hace de este material el principal contaminante plástico que se produce en México. Contaminante no en cuanto a su toxicidad, puesto que es un material que no presenta esta característica, sino en cuanto al volumen que es arrojado literalmente a la basura y que, por circunstancias que se analizarán más adelante, no se recupera en su totalidad perdiéndose toneladas de este polímero después de su uso doméstico e industrial.

Es por este motivo que aquí se analizará el fenómeno en detalle y se propondrán alternativas de solución que nos llevarán a ser más eficaces en cuanto a su reconversión en materia prima de segundo uso para su posterior transformación y comercialización.

#### C) Conceptos de reciclable y no reciclable. Métodos de reciclado de desperdicios plásticos.

Por fortuna es un hecho que tecnología genera tecnología y así como se ha desarrollado una inmensa gama de procesos para la creación y mejoramiento de materiales plásticos, también existen tecnologías para su reciclado, algunas de las cuales permiten resolver el problema de los desperdicios generados a corto y a largo plazo.

Para lograr el objetivo de poder reprocesar los desperdicios plásticos para su posterior reutilización, es de vital importancia hacer una precisa clasificación entre los diversos materiales

sintéticos que se producen; es decir, los plásticos que en la actualidad se producen se clasifican como puros (de la misma especie) o bien, mezclados entre sí, y a su vez, estos pueden ser "Reciclables" o "No Reciclables".

Entendiéndose por "Reciclable"<sup>1</sup> cuando los desperdicios al transformarse para volver a usarse como materia prima resultan ser más baratos que el producto nuevo, y por "No Reciclable"<sup>2</sup> cuando el desperdicio resulta más caro transformado que el producto original.

Así pues, habiendo clasificado los polímeros comerciales de acuerdo a estos criterios, se podrá hacer mención de los métodos que se aplican actualmente para llevar a cabo una posible reutilización de éstos como materia prima para transformarlos en nuevos satisfactores para la sociedad. (Tabla 2).

---

<sup>1</sup> "Reciclado de Plásticos, Mercado Actual, Tecnología y Oportunidades de Negocio". INPI, S.C. Encuentro Técnico Comercial del Plástico. p.p. 6, 1988.

<sup>2</sup> Ídem 1.

TABLA 1.

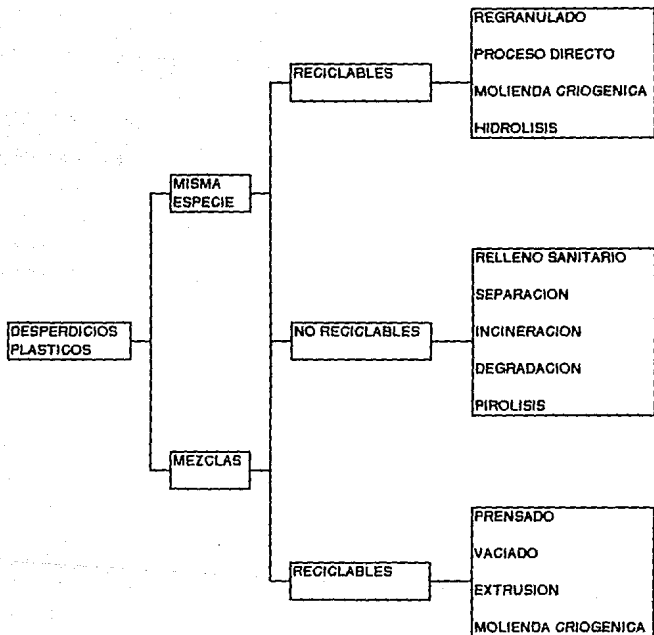
MATERIAL	PROCESA- MIENTO (TONS)	VIDA UTIL		RECUPERACION		BASURA	
		(TONS)	%	(TONS)	%	(TONS)	%
POLIETILENO BAJA DENSIDAD	298.000	20.000	7	56.000	19	222.000	74
POLIETILENO ALTA DENSIDAD	130.000	87.000	67	14.000	11	29.000	22
P.V.C.	130.000	77.000	59	20.000	15	33.000	25
POLIESTIRENO	97.000	69.000	71	16.100	17	11.900	12
POLIPROPILENO	85.000	29.000	34	12.500	15	43.500	51
SUBTOTAL	740.000	282.000	38	118.600	16	339.400	46
OTROS	260.000	220.000	85	37.000	14	3.000	1
TOTAL	1.000.000	502.000	50	155.600	16	342.400	34

Fuente: Encuentro Técnico Comercial del Plástico. 1988.

"Reciclado de Plásticos. Mercado Actual, Tecnología y Oportunidades de Negocio"  
I.M.P.I. S.C. p.p. 2 a 5.



TABLA 2



Clasificación obtenida a partir del Encuentro Técnico Comercial del Plástico. "Reciclado de Plásticos. Mercado actual, Tecnología y oportunidades de negocio", 1988 I.M.P.I., S.C. p.p. 6

## II.- POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD: PRINCIPAL CONTAMINANTE PLÁSTICO.

### A) Generalidades.

En nuestros días es muy común mencionar la palabra "plástico"<sup>1</sup> y con ella abarcar una gran variedad de estos materiales, que a su vez encuentran diversas aplicaciones.

Al emplear la palabra "polietileno" toda aquella gama de productos sintéticos se ve reducida a una especie en particular, la cual, como ya se ha visto en el capítulo anterior, ocupa un primerísimo lugar en cuanto a producción y uso en nuestra vida cotidiana; es así pues, que el polietileno de baja densidad es el plástico de mayor consumo en México y el mundo, y son sus características inequívocas: buena resistencia al impacto, regular a la tensión, buena flexibilidad, superficie blanda, alta resistencia química, bajo peso, no tóxico, facilidad de transformación, etc, las que han propiciado este fenómeno, agregándosele otra gran ventaja de la cual carecen los demás polímeros: bajo precio comparativo.

Dentro de todos los polímeros, el polietileno presenta la fórmula química más simple, debido a que solo está constituido por carbón e hidrógeno; su entidad más primitiva es el etileno, el cual tiene dos átomos de carbono por cuatro de hidrógeno ( $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ ). Preparado en el laboratorio por primera vez en 1898 y adjudicado a Von Pechmann, quien lo llamó polimetileno, era ésta una sustancia blanca que obtuvo a partir de diazometano. A partir del etileno se descubrió, en forma accidental en 1933, al encontrarse un polvo blanco en un recipiente a presión.

Ahora bien, el etileno es un gas derivado del fraccionamiento del petróleo, y debido a esto las cantidades con las que se cuenta para su producción actualmente son elevadas.

Básicamente existen dos procesos industriales para obtener el polietileno. Uno de ellos es el proceso de alta presión; con el se producen polietilenos de baja densidad y bajo peso molecular. Las presiones de operación de los reactores en este proceso son del orden de 1000 a 3000 atmósferas y la temperatura que alcanza oscila entre los 100 y 300 °C.

El otro proceso de obtención industrial es el de baja presión, para la producción de polietilenos de altos pesos moleculares con altas y bajas densidades. En dicho proceso se sustituyen las altas presiones por el uso de catalizadores, como los Ziegler-Natta, organometálicos de aluminio y titanio, así como algunos más. Debido a estos catalizadores se consigue que las presiones sean de 1 a 100 atmósferas y las temperaturas con las que se opera son de 25 a 100

<sup>1</sup> Plástico: Polímero orgánico moldeable con alguna aplicación final.

°C en el reactor de polimerización.

**B) Diversidad de polietileno. Transformación y estructura del mercado del polietileno de baja densidad.**

Para lograr una homogeneidad en cuanto a poder clasificar la gama tan basta de polietileno que se producen se ha considerado a la densidad como factor común para facilitar esta labor. Siendo así, se tiene que en la actualidad se divide este polímero en cinco grandes grupos a nivel comercial, los cuales son mostrados en la tabla 3.

El grupo del cual es objeto este estudio es el que comprende al polietileno de baja densidad, mismo que se sitúa dentro de un intervalo de densidades de 0.910 a 0.940  $\text{cm}^3$  y tiene una fluctuación de pesos moleculares comprendida entre los 100.000 a los 300.000 g/mol, esto nos da una idea de la amplia variedad de resina con que se cuenta para trabajar.

Debido a esto fue necesario introducir un nuevo parámetro que nos auxiliara como una primera elección de material para un proceso en específico, y se tomó al índice de fluidez para este objeto.<sup>1</sup>

Los valores que muestran a la densidad-índice de fluidez se exponen en la tabla 4.

Una vez que se ha seleccionado la resina, se cuenta con varios procesos para su transformación, el más común es el de extrusión-soplado, el cual tiene como objetivo formar la película de polietileno que posteriormente se utilizará como envase industrial y comercial. Un vistazo a la gráfica 1 nos proporcionará una idea clara del por qué este proceso es el más común dentro de la industria de transformación del polietileno.

La maquinaria que se emplea para la fabricación de un tipo de bolsas consta, de manera somera, de una unidad de alimentación, el cuerpo de fundición con su husillo correspondiente y en el cual las temperaturas que se manejan no rebasan los 220 °C, el dado de extrusión y un sistema de ventilación para la formación del "globo", como se le conoce en el medio, el cual esta formado por la película de polietileno a la que se le induce una corriente de aire para posteriormente pasar por una serie de rodillos y cuchillas que le dan los ángulos requeridos para la fabricación de bolsas, si éste es el propósito, o solamente se pasa por los rodillos para terminar en el rodillo principal en donde es captada la película para su posterior tratamiento, mismo que puede consistir en el estampado de emblemas o leyendas a base de tintas de diferente color, según para el uso que se destine la película.

---

<sup>1</sup> "En realidad sería más preciso usar la técnica de cromatografía de permeación en gel (GPC), ya que, permite definir el tipo y nivel de distribución de peso molecular. Otra técnica sería por métodos reológicos".

Para lograr que la tinta quede adherida en la película, ésta es tratada, en su paso por el sistema de rodillos con una descarga de electricidad aportada por dos resistencias paralelas la una de la otra, a la operación se le conoce como efecto "corona". (Debido a que se forman óxidos de etileno "polares" las que promueven la compatibilidad con la tinta).

A continuación se tratará directamente el problema que representa los desperdicios de polietileno de baja densidad en cuanto a la contaminación que se produce por ellos, así como de las posibles soluciones a este fenómeno.

TABLA 3.

GRUPOS DE POLIETILENO	DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )	P.M. (g/gar mol)
POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD (L.D.P.E.)	0.910 - 0.940	100.000 - 300.000
POLIETILENO LINEAL DE BAJA DENSIDAD (L.L.D.P.E.)	0.918 - 0.935	200.000 - 500.000
POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (H.D.P.E.)	0.941 - 0.960	300.000 - 500.000
POLIETILENO DE ALTO PESO MOLECULAR Y ALTA DENSIDAD (H.M.W. / H.D.P.E.)	0.947 - 0.955	300.000 - 600.000
POLIETILENO DE ULTRA PESO MOLECULAR (U.H.M.W.P.E.)	0.940	3.000.000 - 6.000.000

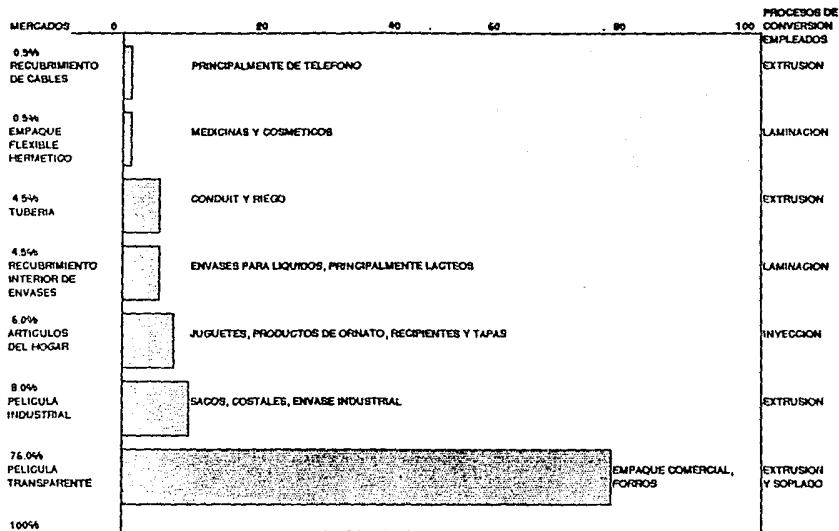
Fuente: Seminario "La Era del Plástico. Conferencia Polietileno"  
p.p. 2. I.M.P.I. 1987.

TABLA 4

DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )	INDICE DE FLUIDEZ (gr/10 MINUTOS)	APLICACIONES
0.917	2.30	EXTRUSION POR DADO PLANO. RESISTENCIA AL IMPACTO. TENACIDAD Y RESISTENCIA AL GOTEÓ.
0.918	2.30	PELICULA DE USO PESADO.
0.920	1.00	PELICULA DE USO GENERAL.
	2.00	PELICULA DE USO GENERAL.
0.921	6.0	PELICULAS DELGADAS.
0.922	0.40 0.65 0.70	PELICULAS DE USO PESADO.
	2.00	PELICULAS DE USO GENERAL DE ALTA CLARIDAD.
0.923	0.40	PELICULA DE USO PESADO.
	0.50	
	2.00 2.10	PELICULA DE USO GENERAL. PELICULA DE USO GENERAL DE ALTA CLARIDAD.
0.924	0.80	PELICULA DE ALTA CLARIDAD Y ALTO IMPACTO.
	6.00	

Fuente: Seminario "La Era del Plástico. Conferencia del Polietileno".  
p.p. 9. I.M.P.I. 1987.

ESTRUCTURA DEL MERCADO DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD EN MÉXICO. PARTICIPACION PORCENTUAL DEL MERCADO.



FUENTE: Seminario "La Era del Plástico. Conferencia Polietileno" p p. 20 IMPI 1987

### III.- RECUPERACION DEL POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD.

#### A) Sistemas de recuperación.

Al haberse mencionado que el 74% del polietileno de baja densidad va directamente a los basureros y sólo el 19% se recupera de forma casi inmediata, a todas luces este fenómeno se centra en lo que sería una recolección por medio de la pepena.

Ahora bien, una vez localizada la fuente de donde se puede proveer este material y el método adecuado para el caso, pareciese como si este problema fuese de fácil solución y que se puede llevar a cabo de manera inmediata, pero el problema no para ahí sino que diversos factores actúan de manera negativa interponiendo obstáculos difíciles de franquear para el buen cumplimiento de esta labor.

Siguiendo en la línea de la "pepena" es conveniente aclarar que sólo en el Valle de México se cuenta con 350 hectáreas<sup>1</sup> de tiraderos, los cuales se encuentran a cielo abierto; pero en esta cifra solo se concentran los lugares exprofeso localizados para estos basureros, debiendo considerar aquellos parajes en donde también se depositan toda clase de desperdicios y que no han sido designados para tal fin.

Así pues, tenemos que el 30% del total de la basura en general se sitúa en lugares clandestinos como lo son barrancos, alcantarillas, terrenos baldíos, etc., mientras que el 70% restante efectivamente se deposita en los tiraderos designados para el propósito. Ahora bien, de este 70% que llega para la "pepena", un 30% de los desperdicios no podrá recibir los beneficios de esta selección puesto que el estado físico es inadecuado, ya que los productos que están en contacto con el polietileno se encuentran en vías de putrefacción o bien el polietileno está muy deteriorado. Sacando cuentas, se concluye que solo el 40% de los desperdicios, tanto orgánicos como inorgánicos pueden estar en condiciones viables para pensar en su recuperación.

No teniendo datos exactos, se puede estimar que de este 40% de desperdicios de toda clase, del 10 al 15% son plásticos y que de este porcentaje el 80% corresponde al polietileno de baja densidad.

Pasando a otro orden de ideas, se mencionó que el 19% del polietileno de baja densidad ya transformado, y cuya vida útil ha llegado a su fin, se recicla. Una gran parte de este porcentaje lo ocupan los desperdicios que generan las industrias de la transformación del polímero; a este método se le puede denominar "método directo de recuperado", para este efecto las industrias,

---

<sup>1</sup> Datos obtenidos de "La Basura" ;Contaminante sin solución? Carlos Padilla Bassiell. 1988.



aunque no todas, cuentan con un sistema que les permite reciclar sus excedentes gozando del beneficio de poder utilizar la materia que así se obtiene en su proceso de manufactura.

Aunque este sistema presenta algunos inconvenientes, siendo el principal el que consiste en que el reciclado debe ir perfectamente libre de impurezas, pues de otra manera al formar las películas se presentan serios problemas de manufactura, por lo general da buenos resultados y es muy bien aceptado dentro de la industria.

Como se puede inferir el problema más grave con el que se enfrenta el hombre dentro de esta materia es el que representa lo relacionado con la recolección del material para reciclado por medio del sistema de la "pepena", para el cual más adelante se propondrán algunas alternativas de solución que quizá ya se hayan señalado anteriormente, pero que aquí se expondrán con mayor detalle.

#### B) Condiciones físicas, selección y clasificación.

Siguiendo con el sistema de recolección llamado "pepena", encontramos que se suman algunos factores negativos o que en cierto modo impiden la eficacia que se pudiera esperar de este sistema de captación de los desperdicios de polietileno de baja densidad.

Algunos de los factores adversos a los que se hace mención son, a saber:

- \* Al estar expuesto este material a la intemperie, pues hay que recordar que los tiraderos en su gran mayoría se encuentran a cielo abierto, los daños que el material sufre en su estructura son en los más de los casos, muy severos, de manera que el tratamiento de los desechos para su posterior reincorporación a la vida útil se hace poco viable, puesto que las condiciones de operación de los procesos para este efecto (temperatura y presión) son muy rigurosas, dando como resultado una materia prima cuyas propiedades distan mucho de aquellas que exhiben y son aceptadas como estándares para su transformación la materia prima virgen o el material recuperado por un método directo.
- \* Aunado al factor anterior, se encuentra que la mayoría de estos desperdicios van acompañados por materia orgánica e inorgánica adherida a ellos.

Estas condiciones implican que dentro del proceso de recuperación se implemente una operación que permita la remoción eficaz de todo tipo de impurezas para dejar el material en condiciones de ser reprocesado.

La operación que se menciona consiste en separar las impurezas que trae consigo el material primero por medio de unas tinas llenas de agua provistas de agitadores mecánicos, y posteriormente introduciendo estos a un molino, reduciendo los desperdicios a partículas de regular tamaño.

Esto afecta directamente al concepto que se manejó de "reciclable" puesto que al incluir este sistema de purificación es necesario contar con equipo adecuado para lograr el fin requerido, como se verá en el capítulo V, por lo que nuestra inversión fija y costos de operación se verán incrementados sustancialmente.

Por otra parte, en el sistema de recolección directo los desperdicios de material se ven casi libres de partículas inorgánicas y totalmente exentos de material orgánico.

Las partículas inorgánicas que se le han incorporado pueden ser removidas con cierta facilidad dentro de un proceso de reciclado, ya que, como se verá posteriormente, el equipo diseñado para este fin cuenta con mallas intercambiables que eliminan totalmente tales partículas. Esta operación no tiene mayor repercusión dentro de los costos de operación, quizá sólo el que representa la adquisición de las mallas para la retención del material indeseable. Una característica que presentan estos filtros es que una vez que se "tapan" por el material que retienen pueden ser limpiadas y vueltas a reutilizar hasta que por fuerza del uso se lleguen a agujerar o desprender del marco que las sujeta y tengan que ser reemplazadas.

En cuanto a la selección del material, la tendencia más marcada es en cuanto a la preferencia de reciclar desperdicios provenientes directamente de las industrias de la transformación, primero porque su recolección y transporte es más accesible, lo cual redundaría en un menor costo y ahorro de tiempo, y en segundo término debido a que las condiciones físicas que presentan los desperdicios son más aceptables para su transformación como materia prima de segundo uso.

En la actualidad, en México el reciclado de desechos de polietileno provenientes de la pepena es muy limitado debido a las causas ya mencionadas anteriormente, aunque este proceso de recuperación no se descarta del todo, puesto que existen países europeos que sí lo llevan a cabo con una buena rentabilidad, pero parece ser que todo el éxito estriba en la educación sanitaria que poseen los habitantes de los países en los cuales opera el sistema.

Una vez seleccionado el material propicio para recuperar, se clasifica para llevar a cabo los "concentrados" ("Master Bach"), esto es: se separa manualmente la película de acuerdo a los pigmentos con el o los cuales ha sido tratada.

Así pues los concentrados primarios son el blanco y el negro,

haciendo hincapié en que dependiendo de la cantidad de pigmento que contenga la película dará ciertas características en cuanto a la tonalidad de la materia prima, por esto el color final se ve reforzado con cargas de pigmento que se incorporan y plastifican con el material a reciclar dentro del proceso. Las cantidades de pigmento incorporadas varían en un rango del 20 al 50% en peso respecto a la cantidad de polietileno que se va a tratar.

### C) Caracterización del material recuperado.

Como consecuencia de una falta de cultura ecológica se encuentra que este material de fácil reciclado al no ser discriminado cuando se le desecha sufre de deterioro tanto en sus propiedades físicas como químicas.

Es por esto que el reciclado del material proveniente de la pepena en la mayoría de los casos es muy difícil de usarse para este fin.

En este trabajo se expondrán diversos sistemas de reciclado basados en el supuesto de que la materia prima se encuentra en un grado óptimo y no ha sufrido deterioro por intemperismo ni por esfuerzos mecánicos excesivos.

Al tomar como verdadero este supuesto, se estará hablando de material proveniente de primera mano, es decir, del que se recupera inmediatamente después de su transformación o uso final.

Es así que el material recuperado conservará propiedades y características muy similares a la materia prima virgen y por lo tanto sus usos finales también serán parecidos.

Tal vez el único uso en el cual se vea restringido su uso sea en el área de extrusión y soplado para empaque comercial, en donde en un alto porcentaje se requiere de materia prima virgen. No obstante, el material recuperado tiene una tendencia marcada para su utilización en sacos, costales y envase industrial, donde se requieren espesores de película y resistencia mecánica mayores.

#### IV.- PROCESOS SUGERIDOS PARA LA RECICLIZACION DEL POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD.

##### A) Antecedentes.

Para resolver el problema de los residuos producidos por las industrias después de transformar la materia prima, se han diseñado procesos que hacen posible la recuperación de estos residuos regranulándolos por medio de equipo que cumple con esta función y al cual se le ha denominado "compactadores", y cuyo producto final es la materia prima que tiene propiedades cercanas a aquélla que es virgen; la materia prima obtenida por este método ha encontrado un campo de aplicación que se ha visto en constante expansión debido a los muy variados usos que se le ha encontrado.

Como era de esperarse el interés primario que despertó este método de recuperación dentro de la industria procesadora y manufacturera fue debido al factor económico; al poder recuperar sus desperdicios, los industriales tienen un ahorro en cuanto a materia prima virgen se refiere, y más aún, las propiedades del material reciclado pueden ser comparadas, hasta un cierto límite, con aquellas de la materia prima original, dando una buena calidad en los productos finales.

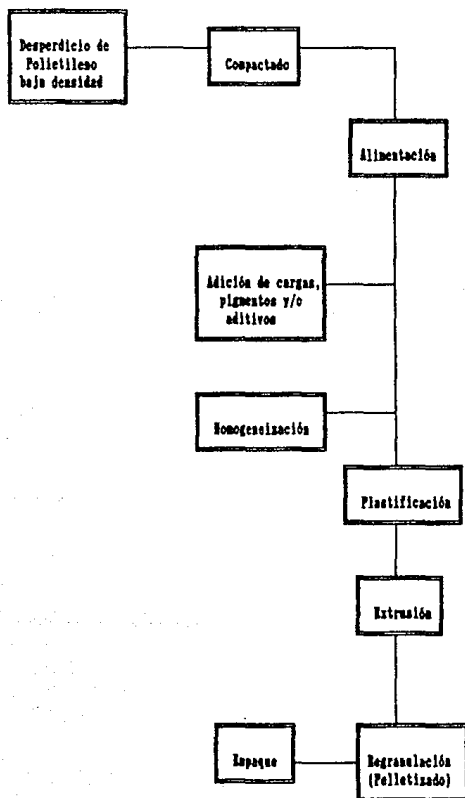
De una manera generalizada, el proceso que se lleva a cabo para reciclar el polietileno de baja densidad es el que se indica en la gráfica 2, para lograr este objetivo en la actualidad se aplican dos procesos con ventajas muy marcadas uno respecto al otro; estos procesos son llamados respectivamente "compactación" y "extrusión".

La "compactación" (compresión= plastificado y regranulación) es un método de recuperación muy efectivo debido a las condiciones favorables que se obtienen por medio de la temperatura con la que se trabaja, por lo que el material no sufre daño significativo en su estructura. Esto contrasta con el proceso de "extrusión", en el cual la materia prima pasa por un rango de temperaturas de fusión y el material se queda en este estado por un cierto período de tiempo, lo que afecta directamente las propiedades del producto final en cuanto al deterioro de aquellas. En comparación en el método de compactación la plastificación se lleva a cabo en un rango de temperaturas más benévolas. Después el material pasa a través de una zona de compresión en cuestión de segundos y, por esto, el efecto de la temperatura esta restringido a un período más corto de tiempo.

El resultado es un material reprocesado con una mejor calidad y con propiedades que permiten el poder ser tratado para su transformación en algún producto o bien de consumo.

GRAFICA 2.

PROCESO DE RECICLADO DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD.



## B) Análisis de las operaciones que tienen lugar en el proceso de reciclado.

### 1. Compactación y alimentación.

El material de desecho en forma de película es introducido a un molino de cuchillas en el cual es triturado hasta la formación de virutas o escamas. En el proceso, el material adquiere calor sensible por efecto de la acción del roce de este con las cuchillas y el cuerpo del molino, lo que a su vez permite que la humedad que acompaña al material se elimine y no afecte la siguiente operación del proceso formando burbujas de aire, con lo que el material pudiese salir defectuoso. Aunque se ha previsto este fenómeno y se elimina mediante un tornillo de "venteo" (etapa de extrusión). El compactado puede formar parte integral del equipo de recuperación o puede ser un paso del proceso que se lleva a cabo de forma independiente como se hacía tradicionalmente; una vez llevada a cabo esta operación se introduce el "compactado" al cilindro de extrusión, la desventaja que presenta alimentar el compactado cuando esta operación se lleva a cabo en forma independiente es que los riesgos de una posible contaminación adicional a la que puede llevar el material por alguna circunstancia y pérdida de tiempo por lo que supone el acarreo de material a la unidad de reciclado.

Cuando el material molido alimenta a la extrusora se lleva a cabo por gravedad o bien por una operación de alimentación es forzada, es decir, se lleva a cabo por medios mecánicos, el orden de las operaciones se invierte: primero se alimenta el material que se va a reciclar por medio de una tolva, la cual en su sección inferior esta equipada con un tornillo sinfín de velocidad variable, éste mueve continuamente la masa y la fuerza hacia la unidad de compactación, la cual está directamente conectada al cilindro de extrusión en donde el material será plastificado. Las ventajas que nos ofrece este tipo de alimentación son las que el suministro del compactado sea continuo en cuanto no se acabe el material, así como que no se formen espacios o huecos en donde puedan encontrarse burbujas de aire, que en el peor de los casos, como ya se dijo, afecten la calidad del material final, aunque en todas las unidades de reciclado se cuenta con un sistema de venteo en donde escapan el aire los gases que se llegasen a formar durante el proceso.

A la par que se alimenta el polietileno molido (compactado) también se adicionan los aditivos que se requieren para conferir al material las características que se necesitan.

Se ha mencionado anteriormente que el polietileno de baja densidad se selecciona y que al final de este proceso se le clasifica en cuanto a la pigmentación que presenta para posteriormente llevar a cabo los concentrados (Master Bach" por su

nombre común); consiste en agregar pigmentos en diferentes concentraciones (del 20 al 50% en peso) al compactado para reforzar el color que presenta este y que es solicitado a su vez por el comprador del material para fabricar sus bienes de consumo.

En la actualidad existen dos maneras de incorporar los pigmentos al material; el primero de ellos consiste en revolver por medio de una revoladora esta mezcla hasta lograr su homogeneización, y posteriormente alimentar a la extrusora para su plastificación. El segundo método consiste en que la tolva de alimentación tiene consigo un dispositivo que adiciona por medio de un dosificador las cantidades de pigmento que se requieren, el pigmento se encuentra localizado entre la unidad de alimentación del material y el sistema de compactación, en donde la homogeneización se lleva a cabo en un alto grado.

## 2. Fusión y plastificación.

Existen varios factores que hacen de este paso del proceso la parte fundamental para la obtención de un material de buena calidad, se deben conjugar tanto la temperatura de operación, el tiempo de residencia y el sistema de limpieza para lograr las condiciones óptimas de procesamiento.

Por lo que respecta al tiempo de residencia del material dentro de la unidad de fusión y plastificación este ya se encuentra preestablecido y depende directamente de la longitud de los cilindros de extrusión, la presión que se crea dentro de la unidad que esta ligada a su vez con el sistema de mallas que genera la contrapresión en el husillo, con lo cual se realizan dos tareas: primero la de no permitir que el material abandone el cilindro con un alto índice de fluidez y segundo para la limpieza propia de las mallas, por último la velocidad del husillo con que se disponga; que viene dada por la potencia del motor con que viene equipado el sistema de reciclado.

Para que el tiempo de residencia no sea un factor determinante en la calidad resultante, se controla la temperatura a la cual se trabaja; ésta se fija en la consola de instrumentación y por medio de un punto de referencia (set point) se trabaja dentro de un rango limitado de manera automática.

Las zonas de calentamiento a lo largo del cilindro de extrusión dependen de la longitud del mismo, en tanto que la capacidad de calentamiento esta en función directa de la capacidad de procesamiento de la maquinaria.

Como sistemas de apoyo para regular la temperatura a lo largo de esta operación se presentan dos opciones: la primera que regula las condiciones térmicas a base de aire (sistema de ventilación)



y la segunda que cumple con la misma función a base de agua.

Cada uno de estos sistemas tiene sus ventajas y sus desventajas respecto al otro, en la práctica se observa que el método más empleado es el de ventilación ya que aunque se requiere de un gasto de energía adicional para activar las unidades ventiladoras, que por lo general son de baja potencia (1/7 Hp), presenta la ventaja de que el material de construcción del cilindro extrusor no debe tener características más rígidas que aquél en el que se usa agua de enfriamiento para evitar la posible corrosión e incrustaciones debidas a los materiales con que el agua va acompañada, y que se traduce en un incremento en el costo del equipo.

Por último, y para redondear la eficacia del sistema de recuperado, el sistema de limpieza del material que se elija nos dará los resultados deseados.

Así pues, las mallas que funcionan como filtros van montadas en la parte última de la unidad de fundición y delante del dado por donde sale la masa fundida para su posterior corte (pelletización) y empaque.

Una vez más, el sistema de limpieza ofrece dos opciones: una que se lleva a cabo manualmente; y otra, de realizarlo automáticamente.

El cambiador de mallas consta de un dispositivo en el que los filtros van montados dentro de unos marcos que lo sujetan y por los cuales el material fundido pasa quedando atrapadas en el tejido las impurezas que este contiene; dependiendo de la calidad del material, en cuanto a limpieza se refiere, es el apretado del entretejido de las mallas.

Para limpiar los filtros se utilizan tres procesos; uno de ellos, manual, consiste en que se remueven las mallas para llevarlas a calentar, y de esta manera poder remover el material impregnado; por medio de este proceso la vida útil de los filtros se ve reducida drásticamente por la continua presión a la que están sujetas y el calentamiento a la que son sometidas, y es por esto que se rompen o se forman huecos y lo que hace que sean desechadas muy frecuentemente.

El segundo método de limpieza es mecánico y se lleva a cabo de la siguiente manera: cuando se detecta un aumento de la presión por arriba de un máximo permisible, el cilindro en el cual está dispuesto el sistema de limpieza, y que es accionado hidráulica o neumáticamente, corta el suministro de material, y por medio de un vacío que se crea jala una parte de material limpio en sentido contrario al flujo, y retira las impurezas de las mallas; una vez que se ha restaurado el nivel de presión adecuado vuelve el cilindro a su posición original y continúa el proceso.

El usar el sistema automático de limpieza nos reporta una serie de ventajas, para enunciar algunas:

- \* La calidad del producto es considerablemente mejorada, debido a que los cambios de presión y velocidad de descarga son casi insignificantes. Los cambios de presión en el sistema convencional fluctúan dentro de un rango de 100 a 200 bar, mientras que en el sistema automático estos valores se localizan entre 30 a 50 bar.
- \* Los costos de producción se ven reducidos debido a la mayor durabilidad de los filtros.
- \* No se ve interrumpido el proceso de producción, aunque se requiere el reemplazo de las mallas después de 10 a 50 veces de limpiadas dependiendo de la calidad del material que se recicla.

Las limitantes que nos presenta el sistema automático son:

- \* La presión máxima en la cual puede implementarse esta opción es de 500 bar.
- \* La temperatura máxima de operación es de 300 °C.
- \* Las viscosidades de la mezcla deben estar dentro de un intervalo de 100-1000 Pa.
- \* Capacidades de producción de la maquinaria dentro de 50 a 1000 kg/h.
- \* Aplicable solo en materiales termoestables.

Y un tercer método en el cual se limpian las mallas por medio de temperatura y un flujo de arena, el cual no es muy usual.

### 3. Regranulado (Pelletizado).

La presión que se verifica en el proceso de fundición y plastificación hace posible que la mezcla fundida fluya a través de los filtros y posteriormente pase por un dado en donde será extruida y finalmente regranulada (pelletizada). El gránulo ("Pellet") es el último acabado que se le da al material para su comercialización como materia prima. Son pequeños cilindros con un tamaño (volumen) deseado, pudiéndose obtener diferentes medidas de acuerdo a las diferentes medidas de los orificios del dado así como la distancia que guardan las cuchillas respecto del dado y la rapidez de giro.

La unidad de regranulado (pelletizado) como ya se mencionó,

consta de un dado el cual está horadado por un número específico de orificios por los que pasa la mezcla fundida y que además está equipado con un sistema de calentamiento para facilitar el flujo a través de estos; también contiene un sistema de cuchillas.

Para darle el acabado final al polietileno reciclado, existen un par de métodos en los cuales la diferencia básica radica en la velocidad de producción. Ahora bien, la práctica ha demostrado que para producciones de hasta 200 kg/hr es factible producir los gránulos (pellets) por un sistema en el cual al momento de salir el material del dado inmediatamente es cortado por las cuchillas que se encuentran colocadas frente al dado de extrusión; al mismo tiempo en que se efectúa en corte, una corriente tangencial de agua o un sistema de ventilación, enfría los gránulos (pellets) y disminuye el agua residual usada para enfriar, para su posterior empaque. El uso de agua o aire como medio de enfriamiento estriba en la cantidad de material manufacturado, es así que se recomienda para producciones pequeñas (hasta 150 kg/hr) el uso de aire. Cuando se usa agua para enfriar, en el trayecto de salida de la unidad se localiza una centrifuga que retira el agua que aún pudiese acompañar a los gránulos (pellets).

El otro sistema de obtención de gránulos (pellets) para producciones mayores de 200 kg/hr que se lleva a cabo consiste en que al extruir el material se formen hilos llamados spaguetti, estos hilos son enfriados por medio de agua que se encuentra en una tina de longitud variable y que son trasladados hacia la unidad regranuladora (pelletizadora), autónoma al sistema, por medio de unos rodillos, y posteriormente al corte se traslada el material al sistema de empaque, como lo veremos a continuación.

#### 4. Empaque.

El embalaje de la materia prima obtenida se puede llevar a cabo inmediatamente después de que se ha regranulado (pelletizado) o bien transportado neumáticamente a una tolva en donde por un sistema automático de llenado y pesaje, se realice esta operación, la ventaja de esta operación radica en la despreciable pérdida de material que de otra forma se pudiera presentar.

#### C) Criterios a seguir para una adecuada selección del equipo de reciclado.

En la actualidad existen en el mercado una gran variedad de equipos para efectuar esta operación, algunos ofrecen más ventajas aparentemente que otros, los más traen modificaciones "exclusivas" (patentadas o no), marcas nacionales y extranjeras, económicas y

no tanto, etc.

Para elegir acertadamente aquel sistema que se va a adecuar a las necesidades que nos exige el mercado, se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- i. Velocidad de producción requerida.
- ii. Consumo de energía.
- iii. Mantenimiento y refacciones.
- iv. Material de fabricación de la maquinaria y facilidad de limpieza.
- v. Versatilidad de la maquinaria.
- vi. Condiciones de pago y tiempo de entrega de la maquinaria.

#### D) Usos del material recuperado.

Como se ha mencionado anteriormente, el polietileno de baja densidad recuperado pierde ciertas propiedades físicoquímicas debido a las condiciones del proceso de transformación al que fue sometido (presión y temperatura) así como al uso para el cual fue destinado, y por último, su recuperación, la cual implica otro desgaste adicional del material.

Es por esto que su uso se ve restringido hacia ciertas áreas de consumo final, así como son más específicos los procesos de transformación por los cuales será tratado el material. Algunos de estos son el moldeo por compresión, laminación e inyección. Por lo general al recuperado le serán incorporadas ciertas cargas para aumentar su efectividad, o bien, material virgen. Estas cargas son usadas como relleno o consolidantes. Para mencionar algunas:

- \* Fibra de henequén.
- \* Corteza de pino.
- \* Arena de mar.
- \* Fibra de coco, etc.

En cuanto a los productos terminados, se les encuentra con aplicaciones más íntimamente ligadas a la industria de la construcción; algunos de estos bienes son, a saber:

- \* Tableros.
- \* Aglomerados.
- \* Plafones.
- \* Contenedores para empaque.
- \* Láminas.
- \* Fabricación de muebles para oficina, etc.

Como comentario último se recordará que al principio de este trabajo se señaló que afortunadamente "tecnología genera tecnología", así pues, los usos enlistados anteriormente no son los únicos, día a día se estudian nuevos campos de aplicación para el producto del reciclado de este material con la condición última de brindar una mejor calidad de vida al ser humano.

## V.- ESTIMACION DE LA FACTIBILIDAD FINANCIERA.

A continuación se propondrá un par de opciones para la recuperación de polietileno de baja densidad en cuanto a equipo se refiere.

El objetivo de esto es que una vez analizados los costos de equipo, producción, operación y todos los gastos administrativos que se requieran, se tenga un criterio para dilucidar qué tan rentable es el proceso del que se está tratando conforme el nivel de producción.

Como modelos tomaremos los sistemas de "Compactación" y de "Extrusión" previamente explicados. Cada uno de ellos tendrá una capacidad específica de producción que se le asignará en su momento. Para tener un punto de referencia en ambos procesos se asume como base la producción de recuperado con pigmento negro.

### 1) Recuperación por el Sistema de "compactación".

#### a) Especificaciones y Costo del Equipo y Accesorios.

Generalidades	Producción Máxima	120 kg/hr
	Material que procesa	HDPE, LDPE, LLDPE*
Extrusor	Diámetro del Husillo	80 m/m
	L/D Husillo	18:1
	Material Husillo y Cilindro	SACM-1 Acero Reforzado con superficie Nitruada
	Sist. Ventilación del Cilindro	1/2 Hp (2)
	Motor Husillo	6P x 40 Hp
	Capacidad Térmica	27 Kw

\* HDPE: Polietileno Alta Densidad; LDPE: Polietileno Baja Densidad; LLDPE: Polietileno Lineal Baja Densidad.

Dados	PSIG	1 Unidad	
	Cambiador de Mallas	Manual	
Panel de Control	Tipo	Independiente	
	Control de Temperatura	5 Puntos	
Equipo de Enfriamiento	Tipo Enfriamiento	Sist. Ventilación	
	Ventilación	1ro. 3Hp. 2do. 2 Hp.	
	Ciclón	2 Unidades	
Dimensiones del Equipo	Volumen (m <sup>3</sup> )	20	
	Peso (Kg)	2500	
	Dimensiones (l x a x h) (m)	5.9 x 2 x 2.7	
Costo	\$ 55.000 U.S.D. <sup>1</sup>	\$ 127.050.000 M.N.	
Accesorios	Tolva y Alimentador Forzado	\$ 2.400 U.S.D.	\$5.544.000 MN.
	Banda Transp. para Hidráulicas	\$ 3.000 U.S.D.	\$6.830.000 MN.
Flete Estimado (Taiwan/México) L.A.B. Manzanillo		\$ 2.500 U.S.D.	\$5.775.000 MN.
TOTAL (ESTIMADO)		\$ 62.900 U.S.D.	\$145.299.000 MN.

<sup>1</sup> La cotización del dólar se tomó al día 31 de Enero de 1989. Dólares controlados 1 U.S.D. = \$2,310.00

**b) Terreno: Ubicación zona metropolitana.**

* Area requerida: (800 m <sup>2</sup> )	
* Area requerida: (800 m <sup>2</sup> ) x (50.000 \$/m <sup>2</sup> ) =	\$ 40.000.000
* Construcción	
Oficinas (100 m <sup>2</sup> ) x (\$/m <sup>2</sup> 300.000) =	\$ 30.000.000
Almacenamiento (100 m <sup>2</sup> ) x (\$/m <sup>2</sup> 300.000) =	\$ 30.000.000
Area Producción (240 m <sup>2</sup> ) x (\$/m <sup>2</sup> 300.000) =	\$ 72.000.000
Patio Carga/Descarga (280 m <sup>2</sup> ) x (\$/m <sup>2</sup> 300.000) =	\$ 84.000.000
Subtotal.....	\$256.000.000

**c) Instalación del Equipo.**

* Estimación (40% del costo del Equipo)	
(\$145.299.000) x (40%) =	\$ 58.119.600

**d) Accesorios.**

* Tubería (150 m) x (\$/m 14.317) =	\$ 2.147.550
* Válvulas y Acoplamientos	\$ 2.700.000
* Instalación	\$ 3.878.078
Subtotal.....	\$ 8.725.628

**e) Equipo de Oficina.**

* 1 Escritorio Ejecutivo	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000
* 2 Escritorios Secretariales	\$ 700.000	\$ 1.400.000
* 1 Sillón Ejecutivo	\$ 1.300.000	\$ 1.300.000
* 2 Sillas	\$ 1.000.000	\$ 2.000.000
* 2 Sillas Secretariales	\$ 400.000	\$ 800.000
* 2 Sillones	\$ 1.200.000	\$ 2.400.000
* 1 Mesa Centro	\$ 300.000	\$ 300.000
* 1 Archivero	\$ 300.000	\$ 300.000
* 1 Máquina Escribir	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000
* 2 Sumadoras	\$ 350.000	\$ 700.000
Subtotal.....		\$ 13.700.000

**f) Equipo de Transporte.**

Combi o Similar	\$ 40.000.000
-----------------	---------------



**g) Servicios y Estructuras Auxiliares.**

* Cisterna		\$ 3.000.000
* Estructura		\$ 1.500.000
* (4) Extinguidores	\$200.000	\$ 800.000
* (3) Teléfonos (2 Líneas, 2 Extensiones)		\$ 3.000.000
* Instalación Eléctrica		\$ 5.000.000
* (2) Tasas de Baño	\$750.000	\$ 1.500.000
* (2) lavabos	\$500.000	\$ 1.000.000

Subtotal.....\$ 15.800.000

TOTAL ESTIMACION DE LA INVERSION FIJA...\$537.644.228

**2) Estimación de la Inversión Diferida.**

**1. Gastos Preoperatorios.**

a) Pagos Transferencia Tecnología		\$ 0
b) Estudio de Mercado		
(\$9160/día Persona) (2 Personas) (30 días) ( 3 V.S.M.) =		\$ 1.648.800
c) Estudio Proyecto		
(\$9160/día Persona) (2 Personas) ( 7 días) (5 V.S.M.) =		\$ 641.200
d) Organización de la Empresa		
(\$9160/día Persona) (3 V.S.M.) (15 días) (1 Persona) =		\$ 412.200
e) Prueba y Arranque Equipo (3 días)		
(\$/Mes 86.378.258) (1 Mes/30 días) (3 días) =		\$ 8.637.826
Subtotal.....		\$ 11.340.026

**2. Permisos y Escrituración.**

* Escrituras (5% valor terreno)		\$10.800.000
* Contratos (agua, luz, teléfono, etc).		\$10.000.000
* Escrituras para apertura de la empresa		\$ 5.000.000
Subtotal.....		\$25.800.000

**3. Inscripción y Registro ante las Cámaras.**

Subtotal.....\$ 5.000.000

TOTAL.....\$42.140.026

**C) ESTADO DE PERDIDAS Y GANANCIAS (AL PRIMER AÑO DE OPERACION).**

**CALENDARIZACION DE PAGOS.**

- a) Crédito 30% sobre Inversión Fija.
- b) Comisión del Aval 1% sobre saldos insolutos.
- c) Tasa Apertura de Crédito 2% sobre monto total.
- d) Tasa Interés Bancaria Anual 30%
- e) Pago a 5 años.

Crédito: \$ 150,000.000.

CONCEPTO	AMORTIZA- CION	BALDOS INSOLUTOS	INTERES BANCARIO	COMISION ANUAL	COMISION APERTURA	PASIVO CIRCULANTE
PERIODO						
1 AÑO	30.000.000	120.000.000	36.000.000	1.200.000	3.000.000	70.200.000
2 AÑO	30.000.000	90.000.000	27.000.000	900.000	-----	57.500.000
3 AÑO	30.000.000	60.000.000	18.000.000	600.000	-----	48.600.000
4 AÑO	30.000.000	30.000.000	9.000.000	300.000	-----	39.300.000
5 AÑO	30.000.000	0.000	0.000	0.000	-----	30.000.000

Personal requerido para la operación de la empresa:

- \* 1 Gerente
- \* 1 Secretaria
- \* 1 Vendedor
- \* 1 Operario
- \* 1 Chofer
- \* 1 Cargador
- \* 1 Vigilante

1) Valor de ventas (\$/Kg= 6.500) x (20.160 Kg/Mes) =  
131.040.000 \$/Mes

2) Costo de lo producido.

a) Materias primas.

I.- Polietileno de baja Densidad 2.000\$/Kg

II.- Pigmentos

Inorgánicos	\$/Kg
Blanco (TiO <sub>2</sub> )	6.000
Negro de Humo	1.500
Azul Ftalocianina	30.500
Amarillo Cromo	9.500
Naranja Molibdato	13.500
Orgánicos	\$/Kg
Rojo Litol	50.500
Verde Ftalo	50.500
Azul Ultramar	13.500

Fabricación del recuperado con pigmentación negra.  
La formulación será al 2.0% de pigmento.

Resina (0.98) (\$/Kg 2000) = \$/Kg 1960

Pigmento (0.02) (\$/Kg 1050) = \$/Kg 21

Subtotal.....\$/Kg 1981

(Kg/mes 20.160) x (\$/Kg 1981) = \$/Mes 39.936.960

**b) Mano de Obra.**

(1 Operario) x (\$/Día 10.000) x (30 Días/Mes) =\$/Mes 300.000  
(1 Chofer) x (\$/Día 10.000) x (30 Días)/Mes) =\$/Mes 300.000  
(1 Cargador) x (\$/Día 10.000) x (30 Días/Mes) =\$/Mes 300.000  
(1 Vigilante) x (\$/Día 10.000) x (30 Días/Mes)=\$/Mes 300.000  
Subtotal.....\$/Mes 1.200.000

**c) Servicios Auxiliares y Mantenimiento.**

\* (2974 Hp) (\$/Kw·Hr 7.500) (Kw/136 Hp) (8 Hr/Día) (21 D/M)  
\$/Mes 27.553.235  
\* Mantenimiento estimado \$/Mes 500.000  
Subtotal.....\$/Mes 39.861.765

**d) Empaque.**

\* (1008 Sacos/ Mes) x (\$/Saco 850) = \$/Mes 856.800

**e) Seguros e Imprevistos.**

\* 10% del equipo (\$145.299.000) (1/12meses)/\$Mes 1.210.825  
\* 10% del terreno (\$10.000.000) (1/12 meses)  
\$/Mes 333.333  
Subtotal.....\$/Mes 1.544.158

**f) Depreciaciones y Amortizaciones.**

\* Equipo  
(\$145.299.000) x (1/10 Años) x (1 Año/12 Meses) =  
\$/Mes 1.210.825  
\* Amortización de Seguros  
(36.129.900) x (1/10 Años) (1 Año/12 Meses) =  
\$/Mes 301.083  
Subtotal.....\$/Mes 1.511.908  
Total.....\$/Mes 73.103.061

\* Costo Unitario de Producción.  
(73.103.061 \$/Mes)/ (1008 U/Mes) (1 U/20Kg) =  
\$/Kg 3.626

### 3) Incremento de los Inventarios.

\* Inventario de Producto Terminado 1 Semana  
(Una Unidad = Producto (Kg) + Saco)  
(1008 Unidades/Mes) x (1 Mes/4 Semanas) = 152 Unidades/Sem.  
(152 Unidades/Semana) x (\$/Unidad 40.470) =  
\$/Semana 6.151.440

### 4) Costo de lo Vendido (2-3).

[ ' 73.103.061 \$/Mes ] - [ ' 6.151.440 \$/Mes ] =  
\$/Mes 66.951.621

### 5) Utilidad Bruta por Ventas (1-4).

[ ' 131.040.000 \$/Mes ] - [ ' 66.951.621 \$/Mes ] =  
\$/Mes 64.088.379

### 6) Costo de Ventas.

* Secretaria	\$/Mes	850.000
* Vendedor	\$/Mes	900.000
Comisión (1% S.V.N.F.) (1) x (\$/Mes 131.040 x 10 <sup>1</sup> ) =	\$/Mes	1.310.400
* Oficina y Agencia de Mantenimiento. (\$/Día 25.000) x (\$/Mes 30) =	\$/Mes	750.000
* Papelería	\$/Mes	100.000
* Depreciación Equipo de Oficina. (\$ 2.900.000) x (1/5 Años) x (1 Año/12 Meses) =	\$/Mes	48.000
* Viáticos y Gastos de Representación. Gasolina 3 Vehículos (300 lt/Semana) x (4 Semanas/1 Mes) x (500 \$/lt) =	\$/Mes	600.000
* Aceite (12 lt/Mes) x (500 \$/lt) =	\$/Mes	6.000
* Viáticos	\$/Mes	500.000
Subtotal.....	\$/Mes	5.064.400

### 7) Gastos Administrativos.

* Depreciación equipo de oficina (\$13.900.000) x (1/5 años) x (1 año/12 meses) =	\$/Mes	232.000
* Vehículo (\$40.000.000) x (1/3 años) x (1 año/12 meses) =	\$/Mes	1.120.000
* Sueldo Gerente	\$/Mes	3.000.000

* Papelería	\$/Mes	100.000
* Contratación Buffetes	\$/Mes	300.000
* Pago I.M.S.S.		

70% Patrón  
30% Trabajador  
1% Sueldos Totales

Sueldos Totales (\$/Mes 6.350.000) x (1%) =	\$/Mes	63.500
* Pago Servicios	\$/Mes	100.000

Subtotal..... \$/Mes 4.915.500

8) Gastos Financieros.

Pasivo Circulante: (\$70.200.000/año) (1 año/12 Meses) =  
\$/Mes 5.850.000

9) Productos Financieros. (Fondo de renta fija 48% Prom/anual).

\* Depreciación Equipo

a) Oficina  
b) Producción

\* Amortización Seguros

a) Oficina: \$/Mes 48.000 + \$/Mes 232.000 =	\$/Mes	280.000
b) Producción: \$/Mes 1.120.825 + \$/Mes 1.120.000 =	\$/Mes	2.330.825
c) Amortización Seguros:	\$/Mes	301.083

-----  
\$/Mes 2.911.908

(\$/Mes 2.911.908) (48%) (1 año/12 meses) =

Subtotal..... \$/Mes 1.397.716

10) Utilidades antes del Impuesto.

\$/Mes [ (5) - (6) - (7) - (8) + (9) ] =  
(64.888.379) - (5.064.400) - (4.915.000) - (5.850.000) + (359.135)  
= \$/Mes 48.618.114

11) Utilidad después del Impuesto y Reparto de Utilidades a los trabajadores (50%).

(\$/Mes 48.618.114) (50%) = \$/Mes 24.309.057

#### 4) Estimación del Capital de Trabajo.

##### 1. Inventario de producto terminado (1 Semana).

- \* Costo de Ventas  
(\$/Mes 5.064.400) (1 mes/4 Semanas) = \$/Semana 1.266.100
  - \* Gastos Administrativos.  
(\$/Mes 4.915.500) (1 Mes/4 Semanas) = \$/Semana 1.228.875
- Subtotal.....\$/Semana 2.494.975

##### 2. Inventario Materia Prima y Envase.

###### a) Materia prima (1 Mes); inventario (1 Semana).

- Costo Inventario Materia prima =  
Costo 1 mes Materia Prima - Costo cantidad usada en  
producto usado.
- \* Se supone que trabajará al 70% de producción el equipo  
instalado.  
(120 Kg/Hr) (70%) (8 Hr/Día) (30 Días/Mes) =  
Kg/Mes 20.160
- Formulación: (Master Batch) negro al 2% peso.  
(20.160 Kg/Mes) (0.98 Kg resina/Kg) (\$2000/Kg resina) =  
Kg/Mes 39.513.600  
(20.160 Kg/Mes) (0.02 Kg pigmento/Kg) (\$1050/Kg pigmento) =  
Kg/Mes 423.360  
-----  
Kg/Mes 39.936.960
- Costo Inventario Materia prima =  
(\$/Mes 39.936.960) - (\$/Mes 39.936.960) (1 Mes/4 semanas)
- Subtotal.....\$/Mes 29.952.720

###### b) Inventario Envase (15 Días).

- Costo Inventario Envase =  
Costo Envase 15 Días - Costo Envase usado en 1 semana  
producto terminado.
- Costo Envase 15 Días =  
(1008 Sacos/Mes) (1 Mes/4 Sem.) (2 Sem.) (\$850/Saco) =  
\$ 428.400
- Costo Envase 1 Semana =  
(1008 Sacos/Mes) (1 Mes/4 Sem.) (\$850/Saco) =  
\$ 214.200



Costo Inventario Envase =  
\$428.400 - \$214.200

Subtotal.....\$ 214.200

Total.....\$ 30.166.920

3. Cuentas por cobrar \$ 0

4. Cuentas por pagar \$ 0

Total Capital Trabajo.....\$ 32.661.895

5) Inversión Total (Estimación).

a) Capital de Trabajo.

\* Inventario Producto Terminado (1 Semana)\$ 2.494.975  
\* Inventario Materia Prima y Envase.....\$ 30.166.920  
\* Cuentas por Cobrar.....\$ 0.000.000  
\* Cuentas por Pagar.....\$ 0.000.000

Total.....\$ 32.661.895

b) Inversión Fija.

\* Costo Equipo y Accesorios.....\$145.299.000  
\* Terreno y Construcción.....\$256.000.000  
\* Instalación Equipo.....\$ 58.119.600  
\* Accesorios.....\$ 8.725.628  
\* Equipo Oficina.....\$ 13.700.000  
\* Equipo Transporte.....\$ 40.000.000  
\* Servicios y Estructuras Auxiliares.....\$ 15.800.000

Total.....\$537.644.228

c) Inversión Diferida.

\* Gastos Preoperatorios.....\$ 11.340.026  
\* Permisos y Escrituración.....\$ 25.800.000  
\* Inscripción y Registro ante las Cámaras.\$ 5.000.000

Total.....\$ 42.140.026

6) Estado de Resultados.

1) Valor Ventas.....	\$/Mes	131.040.000
2) Costo de lo Producido.....	\$/Mes	73.103.061
3) Incremento de los Inventarios.....	\$/Sem	6.151.440
4) Costo de lo Vendido.....	\$/Mes	66.951.621
5) Utilidad Bruta por Ventas.....	\$/Mes	64.088.379
6) Costo de Ventas.....	\$/Mes	5.064.400
7) Gastos Administrativos.....	\$/Mes	4.915.500
8) Gastos Financieros.....	\$/Mes	5.850.000
9) Productos Financieros.....	\$/Mes	1.397.716
10) Utilidades antes del Impuesto.....	\$/Mes	48.618.114
11) Utilidades después del Impuesto y Reparto de Utilidades.....	\$/Mes	24.309.057

Inversión Total.

Capital de Trabajo.....	\$	32.661.895
Inversión Fija.....	\$	537.844.228
Inversión Diferida.....	\$	42.140.026
	\$	<u>612.446.149</u>

7) Rentabilidad.

Utilidad líquida (anual)/Inversión Total x 100  
 (\$291.708.684/\$612.446.149) x 100 = 47.63%

8) Punto de Equilibrio.

I.- Desgloce de costos.

1. COSTO DE PRODUCCION (MILES DE PESOS) ANUAL

	C.T.	C.F.	C.V.
1.1 Mano de Obra	14.400	14.400	-----
1.2 Materia Prima	479.244	-----	479.244
1.3 Mantenimiento y Servicios Auxiliares	330.639	99.192	231.447
1.4 Empaque	10.284	-----	10.284
1.5 Seguros e Imprevistos	18.530	16.677	1.853
1 Depreciaciones y amortizaciones	18.144	18.144	-----
Subtotal	871.241	146.413	722.828

2. COSTOS DE VENTA (MILES DE PESOS)

ANUAL

	C.T.	C.F.	C.V.
2.1 Secretaria	10.200	10.200	-----
2.2 Vendedores	26.520	10.800	15.720
2.3 Oficina y Mantenimiento	9.000	2.700	6.300
2.4 Papelería	1.200	-----	1.200
2.5 Depreciación Equipo de Oficina	576	576	-----

2.6 Viáticos y Gastos de Representación	13.272	-----	13.272
Subtotal	60.768	24.276	36.492

**3. GASTOS ADMINISTRATIVOS (MILES DE PESOS) ANUAL**

	C.T.	C.F.	C.V.
3.1 Deprecia- ción Equipo de Oficina y Mantenimiento	16.224	16.224	-----
3.2 Sueldo Gerente	36.000	36.000	-----
3.3 Papelería	1.200	-----	1.200
3.4 Contrata- ción Buffetes	3.600	3.600	-----
3.5 Pago I.M.S.S.	768	768	-----
3.6 Servicios	1.200	1.200	-----
Subtotal	58.992	57.792	1.200

**4. GASTOS FINANCIEROS (MILES DE PESOS) ANUAL**

	C.T.	C.F.	C.V.
4.1 Pasivo Circulante	70.200	70.200	-----
Subtotal	70.200	70.200	-----

5. PRODUCTOS FINANCIEROS (MILES DE PESOS) ANUAL

	C.T.	C.F.	C.V.
5.1 Depreciación Equipo de Oficina y Producción	(31.332)	(31.332)	-----
5 . 2 Amortización Seguros	(3.612)	(3.612)	-----
Subtotal	(34.944)	(34.944)	-----

II) SUMARIO (MILES DE PESOS)

ANUAL

CONCEPTO	SUBTOTAL	C.F.	C.V.
1. Costo Producción	871.241	148.413	722.828
2. Costo Venta	60.768	24.276	36.492
3. Gastos Administrativos	58.892	57.792	1.200
4. Gastos Financieros	70.200	70.200	-----
5. Productos Financieros	34.944	34.944	-----
Total	1.096.145	335.625	760.520

III. Solución Matemática del Punto de Equilibrio.

a) Ecuación de ventas totales.

$$Y = mx + b$$

$$b = 0$$

$$m = (1.572.480 - 0) / (12.096 - 0)$$

$$m = 130.000$$

Precio Unitario \$ 130.000

$$Y = 130.000 x$$

b) Ecuación de costos totales.

$$Y = mx + b$$

$$b = \text{Costos fijos} = 335.625.000$$

$$m = (760.520.000 - 0) / (12.096 - 0)$$

$$m = 62.874$$

Costo Marginal \$/Unidad 62.874

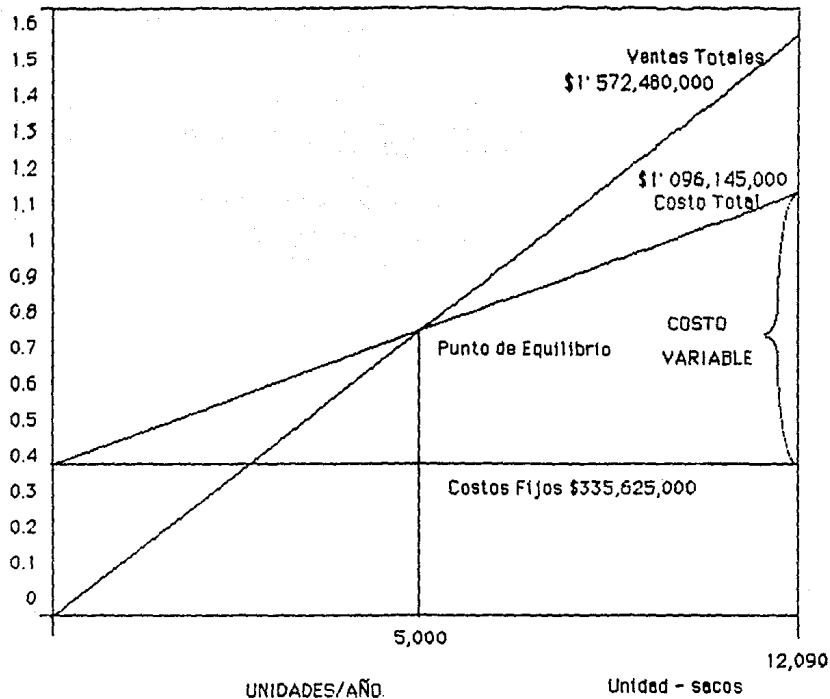
$$Y = 62.874 X + 325.625.000$$

c) Punto de equilibrio.

$$X = 5.000 \text{ Unidades/Año}$$

$$Y = 650.000.000 \text{ \$/Año}$$

VENTAS (MILES DE MILLONES DE PESOS/AÑO)



## 2.- PROCESO DE "EXTRUSION".

### 1) Estimación de la Inversión Fija.

#### a) Especificaciones y Costo del Equipo.

Generalidades	Producción Máxima	500 Kg/Hr
	Tipo	Salida Tipo Spaguetti
	Material Reciclado	LDPE. HDPE. PP. PS. ABS. <sup>1</sup>
Extrusor	Diámetro del Husillo	150 m/m ø
	L/D Husillo	30:1
	Material Husillo y Cilindro	SACM-1 Acero Reforzado con tratamiento de N <sub>2</sub>
	Ventilador para Enfriamiento del Cilindro	1/2 HP x 6
	Motor Husillo	6P x 100 HP
	Capacidad Térmica	67 KW
Dados	Tipo	Cerrojo
	No. Hilos Extruidos	36
Panel Control	Tipo	Independiente
	Control Temperatura	7 Puntos

---

<sup>1</sup> LDPE: Polietileno baja densidad; HDPE: Polietileno de Alta Densidad; PP: Polipropileno; PS: Poliestireno; ABS: Acrilobutadieno Estireno.



Equipo de Enfriamiento	Tanque c/agua Enfriamiento	Acero Inoxidable	
	Tamaño (LxAxH) (m)	0.6 x 4.0 x 0.3	
Rodillos y Granuladora (Pelletizador)	Motor	5 HP v.s.	
Dimensiones del Equipo	Volumen (m <sup>3</sup> )	32	
	Peso (Kg)	8500	
	Dimensiones (l x a x h)	13.0 x 2.5 x 3.0	
Costo	\$105.000 U.S.D.	\$ 242.550.000 M.N.	
Accesorios	Tolva y Alimentador de Gusano	\$ 3.000 U.S.D.	\$ 6.930.000 M.N.
	Cambiador de Mallas Hidráulicas	\$ 5.000 U.S.D.	\$11.550.000 M.N.
Flete Estimado (Taiwan/México) L.A.B. Manzanillo	\$ 7.900 U.S.D.	\$18.249.000 M.N.	
<b>TOTAL (ESTIMADO)</b>	<b>\$120.900 U.S.D.</b>	<b>\$279.279.000 M.N.</b>	

**b) Terreno: Ubicación zona metropolitana.**

* Area requerida:	(1404 m <sup>2</sup> ) x (50.000 \$/m <sup>2</sup> ) =	\$ 70.200.000
* Construcción	Oficinas (144 m <sup>2</sup> ) x (\$/m <sup>2</sup> 300.000) =	\$ 43.200.000
	Almacenamiento (242 m <sup>2</sup> ) x (\$/m <sup>2</sup> 300.000) =	\$ 72.600.000
	Area Producción (312 m <sup>2</sup> ) x (\$/m <sup>2</sup> 300.000) =	\$ 93.600.000
	Patio Carga/Descarga (615 m <sup>2</sup> ) x (\$/m <sup>2</sup> 300.000) =	\$184.500.000

Subtotal.....\$464.100.000

**c) Instalación del Equipo.**

* Estimación (40% del costo del Equipo)		
(\$279.279.000) x (40%) =		\$111.711.600

d) Accesorios.

* Tubería (300 m) x (\$/m: 14.317) =		\$ 4.295.100
* Válvulas y Acoplamientos		\$ 2.731.396
* Instalación		\$ 5.621.197
Subtotal.....		\$ 12.647.693

e) Equipo de Oficina.

* 2 Escritorios Ejecutivos.	\$ 2.500.000	\$ 5.000.000
* 4 Escritorios Secretariales.	\$ 700.000	\$ 2.800.000
* 2 Sillones Ejecutivos.	\$ 1.300.000	\$ 2.600.000
* 4 Sillas.	\$ 1.000.000	\$ 4.000.000
* 4 Sillas Secretariales.	\$ 400.000	\$ 1.600.000
* 2 Sillones.	\$ 1.200.000	\$ 2.400.000
* 1 Mesa Centro.	\$ 300.000	\$ 300.000
* 1 Archivero.	\$ 300.000	\$ 300.000
* 2 Máquinas Escribir.	\$ 2.000.000	\$ 4.000.000
* 3 Sumadoras.	\$ 350.000	\$ 10.050.000
Subtotal.....		\$ 23.050.000

f) Equipo de Transporte.

Combi o Similar		\$ 40.000.000
-----------------	--	---------------

g) Servicios y Estructuras Auxiliares.

* Cisterna		\$ 5.000.000
* Estructura		\$ 2.500.000
* (4) Extintores	\$200.000	\$ 800.000
* (7) Teléfonos (2 Líneas)		\$ 3.500.000
* Instalación Eléctrica		\$ 7.000.000
* (2) Tasas de Baño	\$750.000	\$ 1.500.000
* (2) Lavabos	\$500.000	\$ 1.000.000
Subtotal.....		\$ 21.300.000

TOTAL ESTIMACION DE LA INVERSION FIJA...\$953,088.293

## 2) Estimación de la Inversión Diferida.

### 1. Gastos Preoperatorios

a) Pagos Transferencia Tecnología	\$ 0
b) Estudio de Mercado	
(\$9160/día Persona) (2 Personas) (30 días)	
(3 V.S.M.) =	1.648.800
c) Estudio Proyecto	
(\$9160/día Persona) (2 Personas) (30 días)	
(5 V.S.M.) =	2.748.000
d) Organización de la Empresa	
(\$9160/día Persona) (3 V.S.M.) (15 días) (1 Persona)	412.200
e) Prueba y Arranque Equipo (3 días)	
(\$/Mes 278.194.346) (1 Mes/30 días) (3 días)	27.819.435
Subtotal.....	\$32.628.435

### 2. Permisos y Escrituración.

* Escrituras (5% valor terreno)	\$23.205.000
* Contratos (agua, luz, teléfono, etc).	\$10.000.000
* Escrituras para apertura de la empresa	\$ 5.000.000
Subtotal.....	\$38.205.000

### 3. Inscripción y Registro ante las Cámaras.

Subtotal.....	\$ 5.000.000
TOTAL.....	\$75.833.435

C) ESTADO DE PERDIDAS Y GANANCIAS (AL PRIMER AÑO DE OPERACION).

CALENDARIZACION DE PAGOS.

- a) Crédito 30% sobre Inversión Fija.
- b) Comisión del Aval 1% sobre saldos insolutos.
- c) Tasa Apertura de Crédito 2% sobre monto total.
- d) Tasa Interés Bancaria Anual 30%
- e) Pago a 5 años.

PRESTAMO: \$ 290,000.000.

CONCEPTO	AMORTIZACION	SALDOS INSOLUTOS	INTERES BANCARIO	COMISION ANUAL	COMISION APERTURA	PASIVO CIRCULANTE
1 AÑO	58.000.000	232.000.000	69.600.000	2.320.000	5.800.000	135.720.000
2 AÑO	58.000.000	174.000.000	52.200.000	1.740.000	-----	111.940.000
3 AÑO	58.000.000	116.000.000	34.800.000	1.160.000	-----	93.960.000
4 AÑO	58.000.000	58.000.000	17.400.000	580.000	-----	76.980.000
5 AÑO	58.000.000	0.000	0.000	0.000	-----	58.000.000

Personal requerido para la operación de la empresa:

- \* 1 Gerente
- \* 2 Secretarias
- \* 2 Vendedores
- \* 1 Operario
- \* 1 Chofer
- \* 1 Cargador
- \* 1 Vigilante
- \* 1 Contador

1) Valor de ventas (\$/Kg= 6.500) x (84.000 Kg/Mes) =  
546.000.000 \$/Mes

2) Costo de lo producido.

a) Materias primas.

I.- Polietileno de baja Densidad 2.000\$/Kg

II.- Pigmentos

Inorgánicos	\$/Kg
Blanco (TiO <sub>2</sub> )	6.000
Negro de Humo	1.500
Azul Ftalocianina	30.500
Amarillo Cromo	9.500
Naranja Molibdato	13.500
Orgánicos	\$/Kg
Rojo Litolo	50.500
Verde Ftalo	50.500
Azul Ultramar	13.500

Fabricación del recuperado con pigmentación negra.  
La formulación será al 2.0% de pigmento.

Resina (0.98) (\$/Kg 2000) = \$/Kg 1960  
Pigmento (0.02) (\$/Kg 1050) = \$/Kg 21

Subtotal.....\$/Kg 1981

(Kg/mes 84.000) x (\$/Kg 1981) = \$/Mes 166.404.000

**b) Mano de Obra.**

(1 Operario) x (\$/Día 10.000) x (30 Días/Mes) = \$/Mes 300.000  
(1 Chofer) x (\$/Día 10.000) x (30 Días)/Mes) = \$/Mes 300.000  
(1 Cargador) x (\$/Día 10.000) x (30 Días/Mes) = \$/Mes 300.000  
(1 Vigilante) x (\$/Día 10.000) x (30 Días/Mes) = \$/Mes 300.000

Subtotal.....\$/Mes 1.200.000

**c) Servicios Auxiliares y Mantenimiento.**

\* (7.376 Hp) (\$/Kg-Hr 7.500) (Kw/136 Hp) (8 Hr/Día)  
(21 D/M) = \$/Mes 68.336.471  
\* (576 Lt/día) (0.30 \$/Lt) (21 días/Mes) \$/Mes 3.629  
\* Mantenimiento estimado \$/Mes 250.000

Subtotal.....\$/Mes 68.590.100

**d) Empaque.**

\* (4200 Unidades/ Mes) x (\$/Unidad 850) \$/Mes 3.570.000

**e) Seguros e Imprevistos.**

\* 10% del equipo (\$279.279.000) (1/12 Meses) = 2.327.325  
\* 10% del terreno (70.200.000) (1 Año/12m) \$/Mes 585.000

Subtotal.....\$/Mes 2.912.325

**f) Depreciaciones y Amortizaciones.**

\* Equipo  
(\$279.279.000) x (1/10 Años) x (1 Año/12 Meses) =  
\$/Mes 2.327.325  
\* Amortización de Seguros  
(74.337.900) x (1/10 Años) (1 Año/12 Meses) =  
\$/Mes 619.483

Subtotal.....\$/Mes 2.946.808

Total.....\$/Mes 245.623.233

\* Costo Unitario de Producción.  
[(245.623.233 \$/Mes)/ (4200 U/Mes)] (10/20 Kg) =  
\$/Unidad 2.924

### 3) Incremento de los Inventarios.

\* Inventario de Producto Terminado 1 Semana  
(4200 Unidades/Mes) x (1 Mes/4 Semanas) = 1.050 Unidades/Sem.  
(1.50 Unidades/Semana) x (\$/Unidad 40.470) =  
\$/Semana 42.493.500

### 4) Costo de lo Vendido (2-3).

[ ' 245.623.333 \$/Mes ] - [ ' 42.493.500 \$/Mes ] =  
\$/Mes 203.129.833

### 5) Utilidad Bruta por Ventas (1-4).

[ ' 546.000.000 \$/Mes ] - [ ' 203.129.833 \$/Mes ] =  
\$/Mes 342.870.167

### 6) Costo de Ventas.

* 2 Secretarías	\$/Mes 850.000	\$/Mes 1.700.000
* 2 Vendedores	\$/Mes 900.000	\$/Mes 1.800.000
Comisión (1% S.V.N.F.) (%) x (\$/Mes 546 x 10 <sup>6</sup> ) =		\$/Mes 10.920.000
* Oficina y Agencia de Mantenimiento. (\$/Día 25.000) x (\$/Mes 30) =		\$/Mes 750.000
* Papelería.		\$/Mes 100.000
* Depreciación Equipo de Oficina. (\$ 5.050.000) x (1/5 Años) x (1 Año/12 Meses) =		\$/Mes 84.167
* Viáticos y Gastos de Representación. Gasolina 3 Vehículos (300 lt/Semana) x (4 Semanas/1 Mes) x (500 \$/lt) =		\$/Mes 600.000
* Aceite (12 lt/Mes) x (500 \$/lt) =		\$/Mes 6.000
* Viáticos		\$/Mes 500.000

Subtotal.....\$/Mes 16.460.167

### 7) Gastos Administrativos.

* Depreciación equipo de oficina (\$24.050.000) x (1/5 años) x (1 año/12 meses) =	\$/Mes 401.000
* Depreciación Vehículo (\$40.000.000) x (1/3 años) x (1 año/12 meses) =	\$/Mes 1.120.000
* Sueldo Gerente	\$/Mes 3.000.000
* Sueldo Contador	\$/Mes 2.000.000
* Papelería	\$/Mes 100.000

\* Pago I.M.S.S.

70% Patrón  
30% Trabajador  
1% Sueldos Totales

Sueldos Totales (\$/Mes 12.940.000) x (1%) =       \$/Mes 129.400  
\* Pago Servicios   \$/Mes 100.000  
Subtotal..... \$/Mes 6.900.400

8) Gastos Financieros.

Pasivo Circulante: (\$135.720.000/año) (1 año/12 Meses) =  
\$/Mes 11.310.000

9) Productos Financieros. (Fondo de renta fija 48% Prom/anual).

\* Depreciación Equipo

a) Oficina  
(\$/Mes 84.167 + \$/Mes 401.000 + \$ (Coche)/Mes 1.120.000 =  
1.605.167  
b) Producción   \$/Mes 2.327.325  
\* Amortizaciones   \$/Mes 619.483

\* 48% Crédito Anual

(\$/Mes 4.551.975) (48%/12 Meses) =

Subtotal.....\$/Mes 2.184.948

10) Utilidades brutas antes del Impuesto.

[(\$/Mes 342.870.167) - (\$/Mes 16.460.167) - (\$/Mes 6.900.400) -  
(\$/Mes 11.310.000) + (\$/Mes 564.410)] =       \$/Mes 308.764.010

11) Utilidad después del impuesto y reparto de utilidades a los trabajadores (50%).

(\$/Mes 276.193.843) (50%) =                       \$/Mes 154.382.005



#### 4) Estimación del Capital de Trabajo.

##### 1. Inventario de producto terminado (1 Semana).

\* Costo de Ventas  
(\$/Mes 16.460.167) (1 mes/4 Semanas) =  
\$/Semana 4.115.042

\* Gastos Administrativos.  
(\$/Mes 6.900.400) (1 Mes/4 Semanas) = \$/Semana 1.725.100

Subtotal.....\$/Semana 5.840.142

##### 2. Inventario Materia Prima y Envase.

###### a) Materia prima (1 Mes); inventario (1 Semana).

\* Se supone la producción al 70% de la capacidad total instalada.  
(500 Kg/Hr) (70%) (8 Hr/Día) (30 Días/Mes) = Kg/Mes 84.000

Formulación: Compactado (Master Batch) negro al 2% peso.  
(84.000 Kg/Mes) (0.98 Kg resina/Kg) (\$2000/Kg resina) =  
Kg/Mes 164.640.000

(84.000 Kg/Mes) (0.02 Kg pigmento/Kg) (\$1050/Kg pigmento)=  
Kg/Mes 1.764.000  
-----  
Kg/Mes 166.404.000

Costo Inventario Materia prima =  
(\$/Mes 166.404.000) - (\$/Mes 166.404.000) (1 Mes/4 semanas)

Subtotal.....\$/Mes 124.803.000

###### b) Inventario Envase (2 Semanas).

Costo Envase 2 Semanas =  
(4200 Sacos/Mes) (1 Mes/4Sem.) (2 Sem.) ( \$850/Saco) =  
\$ 1.785.000

Costo Envase 1 Semana =  
(4200 Sacos/Mes) (1 Mes/4 Sem.) (\$850/Saco) =  
\$ 892.500

Costo Inventario Envase = \$ 892.500  
\$ 1.785.000 - \$ 892.000

Subtotal.....\$ 125.095.000

3. Cuentas por cobrar	\$	0
4. Cuentas por pagar	\$	0
Total Capital Trabajo.....	\$	130.643.142

5) Inversión Total (Estimación).

a) Capital de Trabajo.

* Inventario Producto Terminado (1 Semana)	\$	5.840.142
* Inventario Materia Prima y Envase.....	\$	125.695.000
* Cuentas por Cobrar.....	\$	0.000.000
* Cuentas por Pagar.....	\$	0.000.000
Total.....	\$	131.535.142

b) Inversión Fija.

* Costo Equipo y Accesorios.....	\$	279.279.000
* Terreno y Construcción.....	\$	464.100.000
* Instalación Equipo.....	\$	111.711.600
* Accesorios.....	\$	12.647.693
* Equipo Oficina.....	\$	24.050.000
* Equipo Transporte.....	\$	40.000.000
* Servicios y Estructuras Auxiliares.....	\$	21.300.000
Total.....	\$	853.088.293

c) Inversión Diferida.

* Gastos Preoperatorios.....	\$	32.628.435
* Permisos y Escrituración.....	\$	38.295.000
* Inscripción y Registro ante las Cámaras.	\$	5.000.000
Total.....	\$	75.833.435

6) Estado de Resultados.

1) Valor Ventas.....	\$/Mes	546.000.000
2) Costo de lo Producido.....	\$/Mes	245.623.333
3) Incremento de los Inventarios.....	\$/Sem	42.493.500
4) Costo de lo Vendido.....	\$/Mes	203.129.833
5) Utilidad Bruta por Ventas.....	\$/Mes	342.870.167
6) Costo de Ventas.....	\$/Mes	16.460.167

7) Gastos Administrativos.....	\$/Mes	6.900.400
8) Gastos Financieros.....	\$/Mes	11.310.000
9) Productos Financieros.....	\$/Mes	2.184.948
10) Utilidades antes del Impuesto.....	\$/Mes	276.193.843
11) Utilidades después del Impuesto y Reparto de Utilidades.....	\$/Mes	154.382.005

**Inversión Total.**

Capital de Trabajo.....	\$	131.535.142
Inversión Fija.....	\$	953.088.293
Inversión Diferida.....	\$	75.833.435
		-----
	\$	1'160.456.870

**7) Rentabilidad.**

Utilidad Líquida (anual)/Inversión Total x 100  
 (\$ 1'852.584.060/\$ 1'160.456.870) x 100 = 159.64%

**8) Punto de Equilibrio.**

**I. Desglose de Costos.**

1. COSTO DE PRODUCCION (MILES DE PESOS)		ANUAL	
	C.T.	C.F.	C.V.
1.1 Mano de Obra	14,400	14,400	-----
1.2 Materia Prima	1.996.848	-----	1.996.848
1.3 Manteni- miento y Servicios Auxiliares	823.081	248.824	576.157
1.4 Empaque	42.840	-----	42.840
1.5 Seguros e Imprevistos	74.340	66.900	7.440

1.6 Depreciaciones y Amortizaciones	35.364	35.364	-----
Total	2.986.873	363.588	2.623.285

2. COSTOS DE VENTA (MILES DE PESOS) ANUAL

	C.T.	C.F.	C.V.
2.1 Secretaria	20.400	20.400	-----
2.2 Vendedores	152.640	21.600	131.040
2.3 Oficina y Mantenimiento	9.000	2.700	6.300
2.4 Papelería	1.200	-----	1.200
2.5 Depreciación Equipo de Oficina	1.010	1.010	-----
2.6 Viáticos y Gastos de Representación	13.272	-----	13.272
Subtotal	197.522	45.710	151.812

3. GASTOS ADMINISTRATIVOS. (MILES DE PESOS) ANUAL

	C.T.	C.F.	C.V.
3.1 Depreciación Equipo de Oficina y Mantenimiento	18.252	18.252	-----
3.2 Sueldo Gerente	36.000	36.000	-----
3.3 Sueldo Contador	24.000	24.000	-----
3.4 Papelería	1.200	-----	1.200

3.5 Pago I.M.S.S.	1.553	1.553	-----
3.6 Servicios	1.800	1.800	-----
Subtotal	82.805	81.605	1.200

**4. GASTOS FINANCIEROS (MILES DE PESOS) ANUAL**

	C.T.	C.F.	C.V.
4.1 Pasivo Circulante	135.720	135.720	-----
Subtotal	135.720	135.720	-----

**5. PRODUCTOS FINANCIEROS (MILES DE PESOS) ANUAL**

	C.T.	C.F.	C.V.
5.1 Deprecia- ción Equipo de Oficina y Producción	(47.190)	(47.190)	-----
5 . . 2 Amortización Seguros	(7.434)	(7.434)	-----
Subtotal	(54.624)	(54.624)	-----

**II.- SUMARIO (MILES DE PESOS) ANUAL**

CONCEPTO	COSTO TOTAL	C.F.	C.V.
1. Costo Producción	2.986.340	363.588	2.623.285
2. Costo Venta	197.522	45.710	151.812

3. Gastos Administrativos	82.805	81.605	1.200
4. Gastos Financieros	135.720	135.720	-----
5. Productos Financieros	54.624	54.624	-----
Total	3.457.544	681.247	2.776.297

### III. Solución Matemática del punto de equilibrio.

#### a) Ecuación de Ventas Totales.

$$Y = mX + b$$

$$b = 0$$

$$m = (6.552.000.000 - 0)/(50.400 - 0)$$

$$m = 130.000$$

$$\text{Precio unitario} = \$130.000$$

$$Y = 130.000 X$$

#### b) Ecuación de Costos Totales

$$Y = mx + b$$

$$b = \text{Costo fijo} = 681.247.000$$

$$m = (3.457.500.000 - 0)/(50.400 - 0)$$

$$m = 68.602$$

$$\text{Costo marginal} = \$/\text{Unidad } 68.602$$

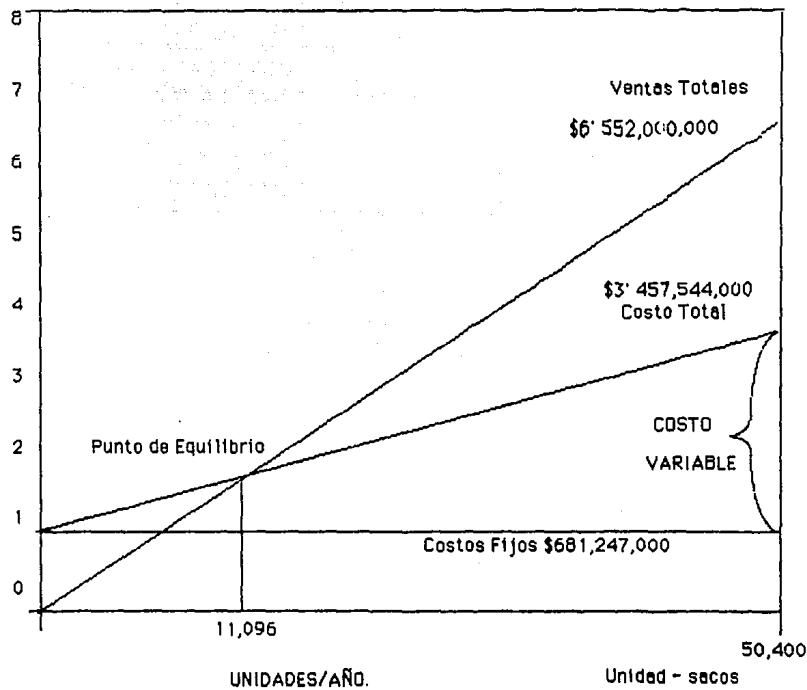
$$Y = 68.602X + 681.247.000$$

#### c) Punto de equilibrio

$$X = 11.096 \text{ Unidades/Año}$$

$$Y = 1.442.480.000 \text{ \$/Año}$$

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA  
VENTAS (MILES DE MILLONES DE PESOS/AÑO)



3. Tabla Comparativa de los Modelos Extrusión y Compactación como Procesos de Reciclado propuestos (millones de Pesos).

	INVERSION TOTAL (ESTIMADA)				ESTADO DE RESULTADOS (ESTIMADO)	FACTIBILIDAD ECONOMICA
	CAPITAL DE TRABAJO	INVERSION FIJA	INVERSION DIVERIDA	TOTAL	UTILIDAD NETA \$/MES	RENTABILIDAD %
PROCESO DE COMPACTACION	\$ 32.7	\$537.8	\$ 42.1	\$ 612.4	24.3	47.63%
PROCESO DE EXTRUSION	\$131.5	\$933.1	\$ 75.8	\$1,169.4	136.4	159.64%



## VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

A) De lo observado en el reciclado de polietileno de baja densidad por medio de los procesos de extrusión y compactación, como alternativas para la solución del fenómeno de contaminación:

Se ha demostrado en este trabajo que el reciclado del polietileno de baja densidad es viable y económicamente rentable por cada uno de los métodos expuestos.

No obstante cada uno de los procesos tiene ventajas respecto al otro que los hacen muy particulares y a la vez limitantes para el inversionista.

En los resultados de los estados financieros se pueden observar las diferencias en forma resumida y se puede tener idea más clara de éstas.

El problema con que se enfrenta la eficiencia de estos métodos reside en la captación de la materia prima para trabajar estos procesos. Este punto se tocará más a fondo en el siguiente apartado.

Analizando más a fondo los resultados que arroja este estudio para los procesos de compactación y extrusión, se obtienen las siguientes conclusiones:

- A) Inversión total compactación/extrusión menor, aproximadamente un 50%.
- B) Utilidad neta compactación/extrusión muy inferior, no obstante que los costos de operación (de lo producido) son sustancialmente reducidos. La gran diferencia estriba en la utilidad bruta por ventas, que se refleja en una proporción de 1:6.

Se puede aseverar que la gran diferencia es la capacidad de producción del equipo instalado, por lo que la inversión inicial en el proceso de extrusión se recupera más rápidamente que en el proceso de compactación.

- C) En lo que se refiere a operatividad del equipo en sí, ambos tienen sus ventajas y se adecuan a las necesidades que el empresario requiere para la producción de sus bienes. En la actualidad se ofrece una amplia gama de equipo para el fin de este trabajo y que se encuentra disponible en nuestro país.
- D) Por lo que al mercado que demanda material reciclado, sí existe, mas en este trabajo no se expondrá por no estar contemplado en el objetivo fundamental.

Sin embargo, se afirma que existe pues gran parte de la información tecnológica y de las experiencias para la elaboración de esta tesis se obtuvo directamente de una empresa la cual abastece de este tipo de material a la industria de los plásticos.

B) De lo que todos deberíamos de tomar conciencia.

El problema de contaminación debido a la generación de desperdicios derivados de la industria del plástico tanto durante la obtención del producto final así como los que se acumulan una vez que ha sido usado este producto, es creciente día con día.

En capítulos anteriores se hizo hincapié en que el principal contaminante de este tipo es el polietileno de baja densidad por diversas razones, algunas de ellas son:

- \* Es el principal polímero comercial producido por la industria a nivel nacional así como mundial.
- \* El tiempo de vida útil de éste es tan sólo de 72 horas, debido a que su uso está orientado al sector de empaque y envase, y como es de nuestro conocimiento estos pasan a la basura directamente para posteriormente depositarlos en tiraderos, donde, debido a la exposición a la intemperie sufre un alto grado de deterioro, por lo que hace que en México su pena sea nula.

Por lo general el 95% del consumo de plásticos a nivel doméstico son reciclables; de este porcentaje el polietileno de baja densidad ocupa una fracción alta. Ahora bien, tomando en cuenta que de este 95%, aproximadamente el 80% se encuentra en buenas condiciones, es decir, no está contaminado o deteriorado, lo que se propone es que este material sea seleccionado y separado con el fin de que no vaya a parar a algún lugar donde quede inservible. Una vez realizada esta actividad de una manera u otra se puede hacer llegar a centros de captación y de allí a lugares especializados para su reacondicionamiento o reciclado, dependiendo de las condiciones que presente el material.

Para poder hacer atractiva esta idea está el hecho de que se remuneraría tal actividad.

Como se comprende, esto es algo fácil, no quita el tiempo y a todos nos beneficiaría, aunque desgraciadamente tiene un punto en contra que gravita mucho y es la pobre educación sanitaria que tenemos; pero que afortunadamente no es tarde para inculcarla y hacerla parte de nuestras costumbres.

En la época en que estamos viviendo y debido al crecimiento desmesurado de la población, esta demanda mayores cantidades de satisfactores para lograr su supervivencia.

Es así como los recursos que nos brinda la tierra se agotan con gran rapidez, y entre ellos, uno muy importante: el petróleo; materia prima para la síntesis de muchos materiales y de los plásticos también.

Es por esto que poder recuperar el material que ya nos ha sido útil es primordial, y a lo largo de este trabajo se demostró que existe la tecnología para tal efecto, y aún más, día con día se innovarán nuevos métodos para lograr una mayor eficacia en estos procesos.

Como colofón se dirá que si queremos acabar con toda aquella contaminación que poco a poco está degradando nuestro medio ambiente, y con él nuestra condición de vida no queda más, pues, que poner toda nuestra voluntad y aplicar las soluciones que se tienen a mano.

**ACTUAR AHORA SIGNIFICA VIVIR MEJOR, HOY Y MAÑANA.**

VII. ANEXO.

A) Anuario estadístico del polietileno de baja densidad.  
(1981-1988).

ANO	81	82	83	84	85	86	87	88
INDICE *								
PRODUCCION	81.2	82.3	88.3	135.5	169	242.4	258.0	317.1
IMPORTACION	174.7	166.0	181.2	85.1	132.4	84.3	29.5	21.9
EXPORTACION	---	---	---	---	---	---	15.3	---
C. APARENTE	255.9	258.4	269.5	228.7	292.4	328.4	282.1	338.4
INCREMENTO CAS	19.5	(2.5)	3.9	(15.2)	27.9	11.6	(19.7)	29.1
CAP. INSTALADA	99.9	99.9	99.9	179.0	250.0	319.9	319.9	319.9

\* MILES DE TONELADAS.

FUENTES: ANIG  
PEREX.

PRECIOS MERCADO INTERNACIONAL.

ANO	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88
US/lb	26	32	30	36	31	33	37	27	31	32	44

FUENTE: OGD REPORTER.

**B) INDICE NACIONAL DE PRECIOS DE LA INDUSTRIA QUIMICA.  
(1981-1988).**

ANO	81	82	83	84	85	86	87	88
INDICE	173.2	336.5	760.0	1135.3	1797.1	3834.8	11362.5	12213.1

Incluye los siguientes sectores:

- \* Inorgánicos básicos.
- \* Petroquímicos básicos.
- \* Petroquímicos intermedios.
- \* Resinas sintéticas.
- \* Fibras artificiales y sintéticas.
- \* Hules sintéticos y negro de humo.

FUENTES: ANIQ  
BANCO DE MEXICO.

C) INDICE NACIONAL DE PRECIOS PARA INSUMOS DE LA INDUSTRIA QUIMICA. (1981-1988).

ANO	81	82	83	84	85	86	87	88
INDICE	228.8	376.9	713.3	1267.7	2033.3	4507.9	18579.9	18579.9

Incluye:

- \* Gas natural.
- \* Combustoleo.
- \* Diesel.
- \* Gasolina.
- \* Energia eléctrica.
- \* Salario mínimo.

FUENTES: ANIQ  
BANCO DE MEXICO.

**D) INDICE NACIONAL DE PRECIOS AL PRODUCTOR.  
(1981-1988).**

1980 = 100

ANO	81	82	83	84	85	86	87	88
INDICE	137.7	266.4	480.0	768.7	1238.6	2505.6	6677.4	9046.1

RESPECTO A DICIEMBRE DE CADA AÑO.

FUENTE: BANCO DE MEXICO.

**E) INDICE NACIONAL DE PRECIOS AL CONSUMIDOR.  
(1981-1988).**

1977 = 100

ANO	81	82	83	84	85	86	87	88
INDICE	213.1	423.6	766.1	1219.4	1996.7	4106.2	10647.2	16143.3

RESPECTO A DICIEMBRE DE CADA AÑO.

FUENTE: BANCO DE MEXICO.



F) TIPOS DE CAMBIO PESO-DOLAR.  
(1981-1988).

PROMEDIO ANUAL.

ANO	81	82	83	84	85	86	87	88
T.C.	24.54	57.44	120.17	157.77	256.86	611.29	1366.73	2250.28

FUENTE: BANCO DE MEXICO.

BIBLIOGRAFIA.

- \* "LA BASURA. CONTAMINANTE SIN SOLUCION?.. APROVECHAMIENTO DE DESPERDICIOS PLASTICOS." CARLOS PADILLA MASSIEU, 1988.
- \* "RECICLADO DE PLASTICOS: MERCADO ACTUAL, TECNOLOGIA Y OPORTUNIDADES DE NEGOCIO." ENCUENTRO TECNICO COMERCIAL DEL PLASTICO 1988. PONENTE ING. MONICA PALOMA CONDE ORTIZ.
- \* "LA ERA DEL PLASTICO: CONFERENCIA POLIETILENO" INSTITUTO MEXICANO DEL PLASTICO INDUSTRIAL, 1987.
- \* MANUAL EDITADO POR KUNG HSING PLASTIC MACHINERY CO., LTD. 1988.
- \* MANUAL EDITADO POR EREMA GES M.B.H. 1988.
- \* MANUAL EDITADO POR CONDUX WERK. HERBERT A, MERGLES KG.
- \* MANUALES EDITADOS POR BATTENFELD EXTRUSIONSTECHNIK, GMBH.
- \* MANUAL EDITADO POR MOTAN PLAST-AUTOMATION GMBH.