



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA

“EL RECICLADO DEL POLIETILENO EN EL
CONTEXTO DEL DESARROLLO SUSTENTABLE”

T E S I S
PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A N:
Adriana Samanta Díaz Labastida
Rodolfo González Ocampo

Director de Tesis:

M. en I. Cresenciano Echavarrieta Albiter



MÉXICO, D.F.

2007



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA
JEFATURA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA
QUÍMICA

OFICIO: FESZ/JCIQ/048/07

ASUNTO: Asignación de Jurado

ALUMNO: DÍAZ LABASTIDA ADRIANA SAMANTA
P R E S E N T E

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, la jefatura a mi cargo, ha propuesto a los siguientes sinodales:

PRESIDENTE	I. Q. Eduardo Loyo Arnaud
VOCAL	M. en I. Cresenciano Echavarrieta Albiter
SECRETARIO	M. en C. Martha Flores Becerril
SUPLENTE	I. Q. Ana Lilia Maldonado Arellano
SUPLENTE	M. en I. María Estela de la Torre Gómez Tagle

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E
“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”

México D. F., a 23 de Octubre de 2007

JEFE DE LA CARRERA


I. Q. RAÚL RAMÓN MORA HERNÁNDEZ





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

ZARAGOZA

**JEFATURA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA
QUÍMICA**

OFICIO: FESZ/JCIQ/047/07

ASUNTO: Asignación de Jurado

**ALUMNO: GONZÁLEZ OCAMPO RODOLFO
P R E S E N T E**

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, la jefatura a mi cargo, ha propuesto a los siguientes sinodales:

PRESIDENTE	I. Q. Eduardo Loyo Arnaud
VOCAL	M. en I. Cresenciano Echavarrieta Albiter
SECRETARIO	M. en C. Martha Flores Becerril
SUPLENTE	I. Q. Ana Lilia Maldonado Arellano
SUPLENTE	M. en I. María Estela de la Torre Gómez Tagle

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E
“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”

México D. F., a 23 de Octubre de 2007

JEFE DE LA CARRERA

I. Q. RAÚL RAMÓN MORA HERNÁNDEZ





AGRADECIMIENTOS DE SAMANTA

A Dios por permitirme llegar hasta aquí, por darme siempre una esperanza cuando las cosas parecían perdidas y por darme una familia como la que tengo.

A mi Mamá por darme la vida, por escucharme, apoyarme, quererme, y sobre todo por ser más que mi Madre, mi amiga, GRACIAS por estar siempre ahí. TE AMO MAMÁ.

A mi Papá, por creer en mí y por hacer de mí la mujer que soy, por todo los sacrificios que haz hecho para que llegara aquí, GRACIAS. TE AMO PAPÁ.

A mi Hermano, GRACIAS por cada vez que te necesite estuviste ahí para mí, por quererme tanto y por ser algo más que mi hermano, estoy muy orgullosa de ti.
TE AMO CHAPARRO.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por darme la oportunidad de cumplir mi sueño de ser universitaria, formando parte de la mejor universidad.

A mis Profesores que fueron una parte fundamental en mi formación, Permiéndome aprender algo de cada uno de ellos.

A mis Amigos, Alan con el que compartí tristezas y alegrías, y del que aprendí que sí se quiere se puede, Juan Carlos que me enseñó que muchas veces las cosas no son lo que parecen y que la grandeza de las personas sale a flote en los momentos más difíciles, Héctor por enseñarme que a pesar de los dificultades que haya en el camino, con trabajo y esfuerzo se consiguen las cosas, Alfonso por compartir un poquito de lo que eres conmigo. GRACIAS por cada momento vivido. Los quiero.

A Rodolfo por toda la magia que me haz dado todos estos años, por enseñarme a soñar y por sacar lo mejor de mí. TE AMO.



AGRADECIMIENTOS DE RODOLFO

A Dios por permitirme realizar una de mis metas mas importantes en la vida. Porque cuando me sentí vencido siempre encontré una luz en el camino.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por prestarme las mejores aulas del mundo y regalarme la dicha de ser universitario. Orgullosamente UNAM.

A mi madre por darme la vida, por todas las enseñanzas que me ha dado, por que se que nunca podré pagarte, ni con todo el dinero del mundo, no que sea la mejor madre del mundo, solo el que sea mi madre. Te Amo Mamá.

A mi padre q.e.p.d. por enseñarme que el orgullo sirve de mucho cuando es una raíz, porque gracias a él soy el hombre que soy, si el no hubiera contribuido yo no hubiera vivido lo que viví, Gracias Papá. Me hubiera gustado ser un mejor hijo.

A mis hermanas, Guadalupe, por su sensibilidad y porque es la que mas se parece a mi mamá, Araceli, por la enciclopedia, por mantener mis hambres en la comercial y por apoyarme en dibujo técnico, Elda, gracias por enseñarme que lo superficial se va y que solo queda lo que llevemos dentro y por tener el valor de decir las cosas, y finalmente a José Antonio, por ser mi hermano y demostrarme que dios esta con él.

A mis profesores que nunca dejaron de esforzarse por enseñarme, por guiarme cuando yo era renuente, por todos los consejos, vivencias y anécdotas que vivimos, para aquellos que confiaron en mí cuando yo pensaba que no podía y a los que hicieron difícil un curso porque aprendí que nada es fácil en esta vida.

A mis Amigos, Juan Carlos Medina Álvarez, gracias hermano dios sabe porque y cuando hace las cosas, Alan Estrada López, nunca he conocido a una persona que tenga mas ganas que tú, claro cuando se lo propone, Alfonso Soriano Martínez, por el CCH Oriente que llevamos dentro y porque las ideas se defienden por el solo hecho de que sean propias.

A Sam por darme tanto y tan poco, por ser la mujer que logró que yo amara, por enseñarme a vencer mis miedos, por estar conmigo cinco años y por América.



Índice

Justificación	IV
Objetivos	VI
Introducción	1
Capítulo 1. Desarrollo Sustentable	
1.1 Concepto	6
1.2 Principios del Desarrollo Sustentable	9
1.3 Directrices del Desarrollo Sustentable	11
1.4 Los Plásticos y el Reciclado en el Desarrollo Sustentable	12
Capítulo 2. Los Plásticos	
2.1 Sector de Interacción de los Plásticos	17
2.2 Consumo de Plásticos a Nivel Mundial	18
2.3 Consumo de Plásticos en México	23
2.4 Industrias Transformadoras de Plásticos en México	28
2.5 Industrias Recicladoras de Plásticos en México Centro	32
2.6 Futuro de los Plásticos	37
Capítulo 3. El Polietileno	
3.1 Historia	40
3.2 Propiedades del Polietileno	41
3.2.1 Propiedades Técnicas del Polietileno	45
3.2.2 Propiedades del Polietileno Reciclado	46
3.2.3 Propiedades del Polietileno Líquido y Sólido	49
3.3 Aplicaciones del Polietileno	50
3.4 Cadena Productiva del Polietileno	51
3.5 Consumo Mundial de Polietileno	53



3.6 Consumo de Polietileno en México	55
3.7 Situación del Polietileno en México	60
3.7.1 Transformadoras de Polietileno en México	61
3.7.2 Asia y Medio Oriente se incorporan al Mercado Mexicano de PE	63
3.7.3 Perspectivas para el Futuro del Polietileno en México	64

Capítulo 4. Aspectos Técnicos del Reciclado

4.1 Residuos Sólidos Plásticos	66
4.2 Tipos de Reciclado de Plásticos	69
4.3 Tecnologías de Reciclado de Plásticos	71
4.4 Elección del Proceso	81
4.5 Descripción del Proceso	82

Capítulo 5. Localización del Proyecto

5.1 Factores de Selección	87
5.2 Selección de Localización del Proyecto	89
5.3 Evaluación de Zonas Propuestas	93
5.4 Conclusión de Localización	94
5.5 Lugar Seleccionado del Proyecto	95
5.6 Ubicación del Proyecto	98

Capítulo 6. Estudio Económico

6.1 Costos del proyecto	101
6.2 Costos Anuales del Reciclado Mecánico del Polietileno	106
6.3 Estado de Resultados de Pérdidas y Ganancias	112



Capítulo 7. Impacto Ambiental

7.1 Métodos de Evaluación Ambiental	120
7.2 Impacto Ambiental en el Reciclado del Polietileno	125

Resultados	127
-------------------	-----

Conclusiones	129
---------------------	-----

Referencias	131
--------------------	-----

Anexo 1 Normatividad	i
-----------------------------	---

Anexo 2 Identificación de los Plásticos	x
--	---



JUSTIFICACIÓN

El uso de los plásticos o polímeros es parte de la actualidad que ha transformado tanto los hogares como otros ambientes, la cantidad de aplicaciones de los materiales plásticos no cesa de crecer e incluso los polímeros han incursionado en campos tradicionalmente dominados por los metales y el vidrio. Debe reconocerse que la utilización de los plásticos ha llevado también a que gran parte de estos gobiernen los tiraderos como residuos sólidos plásticos después de que cumplen su ciclo de vida útil. Es bien sabido que la basura es uno de los graves problemas que aquejan al planeta y por ende a nuestro país, estando presente un 11% de plásticos del total de residuos sólidos. Las principales causas de contaminación del suelo son ocasionadas por los depósitos de desechos plásticos directamente sobre él, dado el tiempo de degradación de un plástico que va de aproximadamente 100 a 1000 años, el principal daño aparte del deterioro visual es también el cambio de propiedades en el suelo que aunque son poco visibles están presentes, otro de los problemas que atañe a los residuos plásticos es el taponamiento de tuberías de desagüe sobre todo en zonas urbanas, lo que provoca inundaciones en puntos de gran concurrencia.[1]

Visto de una forma particular el plástico de mayor consumo mundial es el polietileno, con aproximadamente 63.7 millones de toneladas, consumidas en el 2006, siendo el polímero más empleado en la vida cotidiana y representado un total del 27% de los plásticos, por consecuencia tiene gran presencia en los Residuos Sólidos Plásticos (RSP), directamente relacionados con los problemas de contaminación ciudadanos. La acumulación de dichos residuos es un problema ambiental ya que al no reutilizarse, reducirse o reciclarse, se desaprovecha su valor potencial.

Para poder generar un mundo en equilibrio, es necesario avanzar por el camino del desarrollo sustentable; este es un concepto en construcción permanente,



sobre el cual existe la certeza de que el desarrollo debe satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras, así como mejorar la calidad de vida y luchar por preservar la presencia de todo tipo de vida en el planeta, teniendo como principales dimensiones la social, económica, ambiental, tecnológica y cultural. Una forma de llevarlo a cabo es el aprovechamiento y valorización de los residuos sólidos plásticos, mediante diferentes procesos de recuperación ó tratamiento, a la fecha se han desarrollado tecnologías para la recuperación de diferentes plásticos, entre ellos, el polietileno que es un plástico de gran presencia en los residuos sólidos ya que en consumo crece alrededor del 4% anual, por lo tanto el reciclado del polietileno es una alternativa que puede llevarse a cabo como una contribución al desarrollo sustentable.

Las razones mas importantes para reciclar el polietileno son:

- La creciente escasez de materias primas para la síntesis de plásticos.
- La protección del medio ambiente, mediante la disminución de RSP.
- Los altos índices de importación de este material en nuestro país (aproximadamente un setenta y cinco en cien es polietileno extranjero).
- Es el plástico de mayor consumo mundial, por consecuencia goza de un sinfín de aplicaciones.
- El alto valor económico del polietileno, esto con respecto a su recuperación técnica y el amplio margen de mercado que maneja.



OBJETIVOS

“ El objetivo general de este trabajo, es proponer la estrategia del reciclado del polietileno, para reducir importaciones, abatir la contaminación y otros problemas que genera la basura de productos de polietileno, y considerar su factibilidad en el contexto del desarrollo sustentable”.

Así como:

- Analizar la situación actual del polietileno en México y el mundo.
- Investigar las tecnologías existentes de reciclado de polietileno.
- Optar por una tecnología probada, eficiente y confiable.
- Aprovechar la generación de residuos de polietileno.
- Obtener la calidad requerida de reciclado de polietileno para su uso en las transformadoras de plástico.
- Evaluar técnica y económicamente un proceso seleccionado de reciclado de polietileno.



INTRODUCCIÓN

En la actualidad, en todo el mundo, incluyendo México, existe una problemática importante por la contaminación del agua, aire y suelo, ocasionada en gran medida, por los grandes volúmenes de residuos que se generan diariamente y que reciben escasos ó nulos tratamientos adecuados. Esta situación se agrava porque la basura, que está conformada por residuos de composición muy variada (plástico, aluminio, cartón, etc.), generalmente se junta y mezcla durante las labores de recolección lo que dificulta su manejo final.

Si bien por sus características de peligrosidad la mayoría de los plásticos sintéticos no representan un riesgo para el ambiente, sí son un problema mayor porque no pueden ser degradados por el entorno. Al contrario de lo que ocurre con la madera, el papel, las fibras naturales o incluso el metal y el vidrio, los plásticos no se oxidan y se descomponen en un largo periodo de tiempo. [1]

Dado el desarrollo económico e industrial, en nuestro país se produce maquinaria, bienes de inversión y de consumo y, como consecuencia de estos procesos, se generan residuos y desechos que en conjunto producen contaminación ambiental.

Como puede observarse en la Tabla I, la basura está compuesta por varios materiales susceptibles de recuperación para ingresar nuevamente a una cadena productiva, de tal forma que no representen un problema ni un riesgo a la población y al ambiente. La Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) reveló que en México sólo se recicla 1 % de las más de 100 mil toneladas de basura que se generan a diario en todo el territorio nacional, y agregó que el manejo que se da a la gran mayoría de los residuos no es el adecuado.

Se indicó que de cada 10 kilos de basura que se tiran nueve pueden ser sujetos a proceso de reciclaje y así disminuir los volúmenes de desperdicios que son confinados en lugares no apropiados. [2]



La mayoría de la basura que se genera, va a dar a tiraderos a cielo abierto, en laderas, en cañadas y en predios abiertos a un lado de carreteras y arroyos. "Somos un país que tiene una calificación reprobatoria en el manejo de la basura"

Tabla I

Composición de la basura en México	
Componente	%
Desechos orgánicos	47
Papel	14
Otros	14
Plásticos	11
Materiales peligrosos	10
Metales	2
Vidrio	2
Total	100

Fuente: Instituto Nacional de Recicladores. *México D.F.*

Los plásticos, por su composición y su origen derivado del petróleo y por tanto de una materia prima agotable, son un residuo de alto valor, relativamente fácil de recuperar y abundante. Paradójicamente no ha sido objeto de una recogida selectiva y prácticamente la mayoría del que se ha recuperado procede de las plantas de tratamiento de residuos domésticos [3]

Uno de los mayores problemas a los que se enfrenta el país en materia ambiental es el consumo del plástico; en 1997, el consumo aparente en México fue de 29 Kg. /habitante, y en el año 2005 fue de 43 Kg. /habitante, es decir, el consumo de polietileno se elevó en un 85% en un lapso no mayor a los 8 años y de esto solamente se recupera aproximadamente 400 gramos/ habitante.



La explicación de esta situación se debe a varios motivos:

- El envase plástico no es retornable como las botellas de vidrio (las experiencias de retornos con el plástico se han abandonado por su ineficacia y costo).
- Su baja densidad eleva el costo de transporte, haciendo imprescindible su rotura para el transporte a los centros de reciclaje.
- La diversidad de materiales plásticos, de diferente composición, exige una separación en familias antes de ser reciclado, complicando la recogida selectiva.
- La reutilización directa de los materiales plásticos está limitada actualmente del 1-2%, debido a los requerimientos de calidad, cada vez más elevados de los productos terminados. Así, el plástico reciclado obtenido de los envases alimentarios y embalajes, con el que se obtiene una hojuela de buena calidad, no se puede volver a emplear en la fabricación de nuevos envases para alimentos por razones sanitarias, y debe usarse para otro tipo de aplicaciones. Además, gran parte del plástico presente en la basura doméstica es de tipo *película*, muy difícil de recuperar. El deterioro de la calidad y también del aspecto físico del producto ha ido acompañado en las dos últimas décadas de una reducción del costo de las materias primas, siempre derivadas del petróleo. Sin embargo, la paradoja es evidente, las dificultades de reutilización directa de estos residuos acrecientan el interés por su recuperación, debido a su creciente uso, elevado precio y los problemas de eliminación que presentan. Estos aspectos son más pronunciados precisamente en los plásticos no reutilizables (como los envases y envoltorios alimenticios).



El valor de los materiales plásticos de desecho debe contemplarse también estratégicamente más allá de la situación actual del mercado de crudos petrolíferos, el cual está sujeto a complejos cambios económicos.

Para la fabricación de productos plásticos de base se parte del petróleo crudo, que en último término produce plásticos (un 4%) y carburantes (el 96% restante). Contemplando ambos mercados en competencia, el aumento de la producción de plásticos implica producir menos combustibles ó aumentar la importación y destilado del petróleo bruto.

En general los desperdicios de plásticos están básicamente formados por: polietileno de baja densidad (PEBD), polietileno de alta densidad (PEAD), policloruro de vinilo (PVC), polipropileno (PP), poliestireno (PS) y polietilentereftalato (PET) . Estando el PE y el PP en mayor proporción aproximadamente un 60 %.

El polietileno es el plástico de mayor consumo a nivel mundial, por tal razón adquiere una mayor relevancia, en México anualmente se importa aproximadamente 1.5 millones de toneladas de Polietileno (de alta y de baja densidad) proveniente de Europa, Brasil, Sudamérica y Asia, entre otros países, teniendo un costo de 1.6 USD\$/Kilogramo [4]. Evaluar la situación ambiental del polietileno implica tener en cuenta todas las etapas por las que atraviesa el producto desde la extracción de las materias primas para su elaboración hasta que se transforma en residuo juntamente con su tratamiento. Este enfoque es denominado en la Industria: "Análisis de la Cuna a la Tumba" o también se conoce como "Ciclo de Vida" de este modo se evalúa la fabricación, uso y recuperación o disposición final en relación al balance de energía y al impacto ambiental.



Capítulo 1

Desarrollo Sustentable



1.1 Concepto de Desarrollo Sustentable

En 1987, la Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo elaboró un informe que se centraba en el estudio de la población, en el suministro de alimentos, en la extinción de especies, en los recursos genéticos, en la energía, en la industria y en los asentamientos. Interrelacionando todos esos factores y sin posibilidad de tratamiento individual de cada uno de ellos, se elaboró el concepto de Desarrollo Sustentable.

La sustentabilidad es un término que por su importancia ha pasado del estudio económico a la mayoría de los ámbitos de la toma de decisiones, muchas empresas introducen criterios de desarrollo sustentable a manera de dar un valor agregado a los servicios y productos que ofrecen.

El concepto básico de desarrollo sustentable muestra el compromiso que debe tener la humanidad en espacio y tiempo para generar una relación alternativa entre la naturaleza y la sociedad (presente y futura), tratando de ocasionar el menor daño posible a los ecosistemas usando los recursos renovables y no renovables apropiadamente y distribuyendo justa, racional y equitativamente los beneficios de la economía, considerando los ritmos de recuperación del ambiente. El desarrollo sustentable es aquel que satisface las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. [5]

Debido a la complejidad del concepto de desarrollo sustentable y a la diferencia tan grande de concepciones, se corre el riesgo de convertirse en un cliché que se puede utilizar según la conveniencia del momento, tratar de hacer operativo dicho concepto es difícil, pues implica el cuestionamiento de formas convencionales de evaluar proyectos, tecnologías y sistemas de manejo de recursos naturales.



Podríamos resumir el desarrollo sustentable como el proceso mediante el cual se cubrirían de manera permanente las necesidades materiales y morales de todos los habitantes del planeta sin deterioro ó incluso mejora de las condiciones socioambientales que les dan sustento, de esta forma puede considerarse como un proceso de cambio dirigido, donde son tan importantes las metas trazadas como el camino para lograrlas. [6]

Los cuatro elementos de la sustentabilidad son:

- Económico
- Ecológico
- Tecnológico - Cultural
- Social

Estos cuatro pilares deben estar en constante equilibrio para que el ser humano logre una relación armónica con la naturaleza, beneficiándose de ella y que el beneficio sea repartido en términos equitativos.



Figura 1.1



Se dice al desarrollo sustentable como una filosofía que sirve de guía para un comportamiento individual y colectivo correcto con respecto al medio ambiente, teniendo en cuenta los siguientes conceptos.

- Producir más por menos mediante un uso más eficaz y efectivo de los recursos.
- Reutilización, reciclado y recuperación de los efluentes de actividades humanas.
- Asegurar procesos de producción respetuosos con el medio ambiente en todos los sectores.
- Aumentar la productividad por innovación tecnológica y por política institucional y social.
- Recuperar y restaurar espacios degradados.
- Conservar o sustituir los recursos esenciales por otros.

Uno de los mayores retos que enfrenta el desarrollo sustentable es diseñar marcos operativos que permitan evaluar de manera tangible la sustentabilidad de un proyecto ó tecnología, dicho de otra forma valorar de forma aceptable las acciones que no se puedan cuantificar en términos económicos.

El hombre siempre intenta utilizar los recursos de la forma más amplia posible, agotando su capacidad y los cambios se deben producir por la redistribución de los que están disponibles en ese momento. Resulta muy fácil decir pero muy difícil de definir, cuando parte de la población no tiene cubiertas sus necesidades para subsistir.



Un hecho categórico es la evaluación de la sustentabilidad, la cual requiere un gran esfuerzo tanto interdisciplinario como integrador en el cual se aborde el análisis tanto de los procesos ambientales como de los fenómenos de tipo socioeconómico, lo cual requiere trabajar con marcos multicriterio basados en indicadores cualitativos y cuantitativos. Esto dado que existe en práctica una gran necesidad de evaluar el grado de sustentabilidad de diferentes proyectos productivos. Los proyectos de desarrollo que proponen nuevos sistemas de manejo demandan nuevos esquemas de evaluación que puedan ayudar a estimar y por lo tanto a reconocer los esfuerzos para avanzar hacia una sustentabilidad ecológica, social y económica equilibrada.

La diversidad de intereses, problemas, perspectivas y escalas en juego es simplemente demasiado amplia para lograr un consenso, por lo tanto es más importante buscar los elementos centrales comunes de la discusión, derivar definiciones útiles al problema concreto bajo estudio y utilizarlas de manera consistente.

1.2 Principios del Desarrollo Sustentable ^[7]

1. Integración de las decisiones económicas y ambientales.

Las decisiones de tipo económico deben tomar en cuenta el impacto ambiental y viceversa, las decisiones ambientalistas deben conocer sus consecuencias económicas.



2. Administración

Gestión de la economía y el medio ambiente a razón de los impactos ambientales presentes y futuros

3. Responsabilidad Compartida

Capacidad de reconocimiento de responsabilidad en decisiones y acciones para sostener la economía y el medio ambiente.

4. Prevención

Anticipación a los impactos negativos del ambiente, salud, economía, política y programas.

5. Conservación

Mantenimiento de procesos biológicos básicos, sistemas en los que se desarrolle vida y hacer sostenible el uso de recursos renovables y no renovables.

6. Reciclado

Esfuerzo para reducción, reutilización y recuperación de productos.

7. Intensificación

Mejoramiento de la capacidad y la calidad de producción de los ecosistemas

8. Rehabilitación y recuperación

Recuperación de espacios degradados para usos benéficos.

9. Innovación tecnológica y científica

Investigación, desarrollo, comprobación e implementación de tecnología para aumentar la calidad ambiental.



10. Responsabilidad global

Reconocimiento de fronteras abiertas al tema del medio ambiente e interdependencia ecológica global.

1.3 Directrices del Desarrollo Sustentable ^[7]

Para la aplicación del concepto de desarrollo sustentable de manera adecuada y trascendente se utilizan seis criterios:

I. Uso eficiente de los recursos

Estimulación y valoración correcta de recursos para gestión de demanda y distribución.

II. Participación pública

Facilitar la participación a la población en la toma de decisiones.

III. Comprensión y respeto

Conciencia del compartimiento del entorno físico, social y económico con otros seres humanos.

IV. Acceso a la información adecuada

Mantenimiento y mejoramiento de información económica y ambiental básica, para que cada habitante tenga las mismas oportunidades.

V. Integración de la toma de decisiones y de la planificación

Los procesos de toma de decisiones y de planificación deberían estar abiertos a los agentes y estudios realizados a largo plazo.



VI. Sustitución

Promoción y estimulación al desarrollo de recursos que sustituyan a los escasos, siempre y cuando sea ambientalmente posible y económicamente viable.

1.4 Los Plásticos y el Reciclado en el Desarrollo Sustentable

Los plásticos que abundan en el entorno de los vertederos de las zonas industriales así como en áreas de proximidad de algunas carreteras y zonas de habitación, generan dos grandes problemas, el primero de ellos es la hipótesis de una contaminación estética del sitio y el más grave al parecer es la obstrucción de tuberías, canalizaciones y de tratamientos de aguas (entiéndase drenajes). Igualmente se causan alteraciones en el suelo, en el que se deposita ó se entierra plástico, ya que este no se degrada con facilidad por su largo tiempo de vida.

A lo largo de los años se ha encontrado una solución a los residuos plásticos que a la fecha no se ha calificado, “**la fotodegradación**” ya que con ella se logran romper las largas cadenas que conforman un plástico, lo que deriva en la pérdida de las propiedades mecánicas iniciales, y por lo tanto estos pueden ser degradados por factores ambientales. La contraparte son los gases generados en este proceso, principalmente CO₂ y NO_x.

La mayoría de residuos plásticos están conformados por embalajes usados, que si son de polietileno tienen una duración de vida de varios años, entre cien y mil, por lo que ya existen productos biodegradables y más aceptables desde el punto de vista medio ambiental, aquí se genera una paradoja, ¿La creación de productos duraderos debe ser revertida?. Un individuo consumista ¿Busca mayor o menor duración de un determinado producto?



Como ejemplo, los plásticos ejercen una acción mecánica sobre el suelo, variando esta acción de acuerdo a la configuración del mismo, la mas grave es que se provoca un efecto invernadero sobre la parte del suelo cubierta, calentándolo y reteniendo el calor.

Para la gestión externa, es decir para la forma de recolección de plástico, es evidente que el recaudamiento y el reciclado de los productos plásticos no es algo trivial , tanto si se generan de una primera fuente o de si han sido fabricados por un proceso de reciclado anterior, los conceptos de recaudación y reciclado parecen ser una vía de las más razonables y acorde a la política del desarrollo sustentable, todo esto si se recapacita en las cantidades colosales de productos plásticos que salen al mercado y que cumplido su ciclo de uso son depositados en tiraderos, causando graves problemas al entorno.

Un enfoque para el problema de la gestión de los residuos bajo un prisma tecnológico y una base ecológica, es el de saber que hacer con los residuos, esto deriva en una relación muy estrecha de la disciplinas, con tareas que poseen mas de una perspectiva como lo es la búsqueda de métodos que sean mas viables en el contexto de desarrollo sustentable y dentro de el, por la vías del reciclado y la recuperación en lo posible de recursos finitos.

Una posibilidad que presenta el desarrollo sustentable para evitar el agotamiento de los recursos, es el reciclado y la recuperación de los mismos. Este proceso presenta grandes ventajas como, ahorro de energía, reducción de contaminación y ahorro de recursos. Se espera que la sociedad dependa cada vez más del reciclado de materiales que de materiales vírgenes.



Reciclar todo implica un cien por ciento de efectividad en el reciclado, siendo esto la principal indecisión en cuanto al tema ya que en la práctica es usualmente imposible por 3 razones.

1. Un porcentaje de los productos se emplea y permanece a largo plazo, como las tuberías de los suelos, materiales de construcción (techados y paredes), etc.
2. Las pérdidas inevitables del reciclado, por razones técnicas y prácticas.
3. Entre el 60 y 80 por ciento es cuando ciertamente se considera un reciclado muy eficaz.

No se pretende hacer caso omiso a que todos los productos, reciclados ó no, tienen una dependencia sólida con la energía, y que esta es un recurso no renovable, pero esto no significa un freno para el reciclado, dado que al asumir que la energía no es un factor limitante en ciertos casos, se demuestra que la ausencia de un programa de reciclado podría conducir a una elevada tasa de uso de un determinado material (polietileno) y no al desuso del mismo.



Desde un punto de vista racional se divide la historia de la humanidad con un gran parte aguas que fueron las revoluciones industriales, el antes queda acentuado como el uso de los recursos humanos, materiales y económicos no selectivos, el después la explotación desmedida de estos, el ahora se explica de manera simple, la cuestión es realizar los ajustes necesarios para hacer mas tenue la transición a una etapa de menor extracción de recursos y una gestión integrada y razonable de ellos, para respaldar la preservación del planeta mediante modelos globales, donde puede existir una disyuntiva entre los países desarrollados y los que están en proceso.



Capítulo 2

Los Plásticos



2.1 Sector de Interacción de los Plásticos

La industria del plástico se caracteriza por ser proveedora para otros sectores, (eléctrico, construcción, etc.) al aportar empaques y componentes a otros productos de consumo masivo e industrial. Por esta razón, cuando la economía en su conjunto crece, la industria del plástico tiende a comportarse de la misma manera. En los últimos años ha habido un espectacular aumento en el consumo de los plásticos, ya que se estima que crece un 4% anualmente esto se ha producido en paralelo con el desarrollo tecnológico de estos materiales, cuyo uso se ha extendido además del campo convencional de los envases, a otros como la fabricación de componentes en las industrias del automóvil, vivienda, vestido y todo tipo de bienes de consumo. [8]



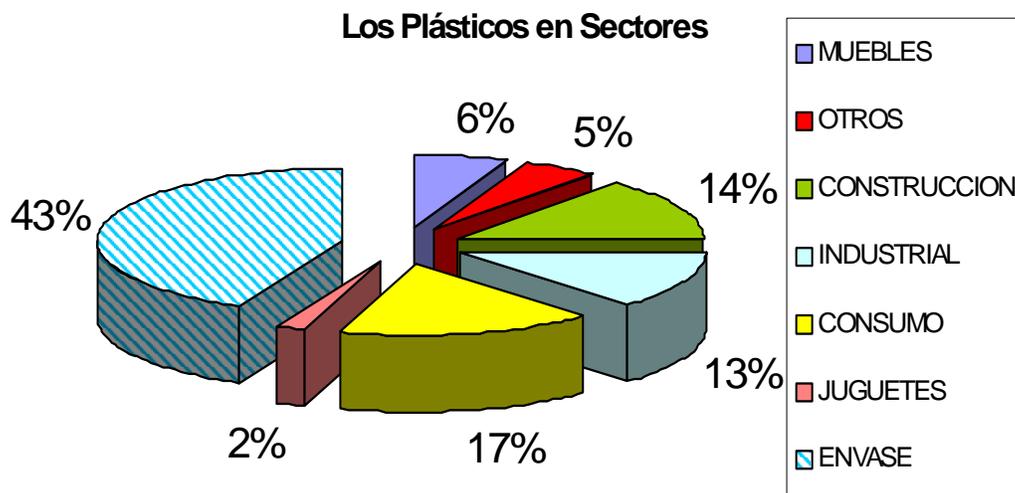
Figura 2.1



2.2 Consumo de Plásticos a Nivel Mundial

La industria del plástico presenta indicadores alentadores que ponen de manifiesto la estrecha relación existente con el resto de los sectores productivos. También, es innegable, el empuje y el dinamismo de los empresarios que aprovecharon el buen momento del mercado de los plásticos, ya que a pesar de los altos costos de las materias primas que golpearon los resultados financieros esperados, en algunos casos, generaron mayores costos que no se pudieron trasladar a los precios de venta. En el sector de los plásticos, el Producto Interno Bruto (PIB) esperado para América Latina en el 2006 fue de 4,8%, mientras que en el 2007 se espera que alcance 4,2% según el organismo multilateral FMI (Fondo Monetario Internacional). El total del consumo mundial en 2006 fue de 235 millones de toneladas.[8]

En la grafica 2.1 se pueden observar los porcentajes de utilidad de los plásticos en diferentes sectores a nivel mundial.



Gráfica 2.1



Tabla 2.1

Consumo Mundial de Plásticos por País en Millones de Toneladas			
	País	Consumo	%Crecimiento
1	USA	54.6	2
2	CHINA	25.0	18
3	ALEMANIA	16.0	2
4	JAPON	15.0	4
5	ITALIA	9.0	3
6	FRANCIA	7.8	4
7	COREA	7.6	8
8	BRASIL	7.0	8
9	ESPAÑA	5.8	3
10	CANADA	5.4	6
11	TAIWAN	5.3	15
12	MEXICO	4.5	3
13	INDIA	4.0	16
14	ARGENTINA	2.5	6
15	INDONESIA	2.0	10
16	TAILANDIA	2.0	7
17	SUDAFRICA	2.0	5
18	MALASIA	1.7	8
19	COLOMBIA	1.1	5
20	VENEZUELA	1.0	1
21	CHILE	0.0	15
22	RESTO DEL MUNDO	60.7	23

Fuente: Instituto Mexicano del Plástico Industrial, 2006

La tabla 2.1 nos muestra a los principales consumidores en el mundo y su porcentaje de crecimiento estimado, de lo que se puede resaltar son los porcentajes elevados que presentan países como China, India y Taiwán, esto indica en un comparativo entre los años 2000 y 2010 que los principales productores del mundo serán algunas firmas de Medio Oriente y Asia, que se irán colocando en una mejor posición por cada año avanzado [8]. Porque las grandes firmas están realizando inversiones en esa región, dos principales razones: El crecimiento de la demanda y finalmente el bajo costo de la mano de obra.



**Consumo Mundial de Plásticos por Continente
y Consumo Per cápita 2006**

Tabla 2.2

Norte América		
País	Consumo (MMT)	Kg./habitante
USA	54.6	186
CANADA	5.4	168
MEXICO	4.5	43
Total	64.5	397
Europa		
ALEMANIA	16	194
ESPAÑA	5.8	144
FRANCIA	7.8	129
Total	29.6	467
Asia		
CHINA	25	19
JAPON	15	118
COREA	7.6	107
Total	47.6	244
Centro América		
COSTA RICA	0.2	51
GUATEMALA	0.2	21
OTROS	0.3	-
Total	.7	72
Sudamérica		
BRASIL	7.0	38
ARGENTINA	2.5	64
VENEZUELA	1.0	40
Total	10.5	142

Fuente: Instituto Mexicano del Plástico Industrial, 2006

La tabla 2.2 muestra los principales consumidores de plástico en el mundo por continente (excepto África), es muy marcado, según las estadísticas, que Norteamérica, Europa y Asia, son los tres continentes con mayor consumo en todo el planeta, y aun cuando en Norteamérica se consume la mayor cantidad de plástico es en Europa donde los habitantes utilizan la mayor cantidad de materiales plásticos por persona. Es notable que México figura entre los consumidores americanos solo por debajo de USA, Canadá y Brasil, siendo el cuarto mayor consumidor americano.



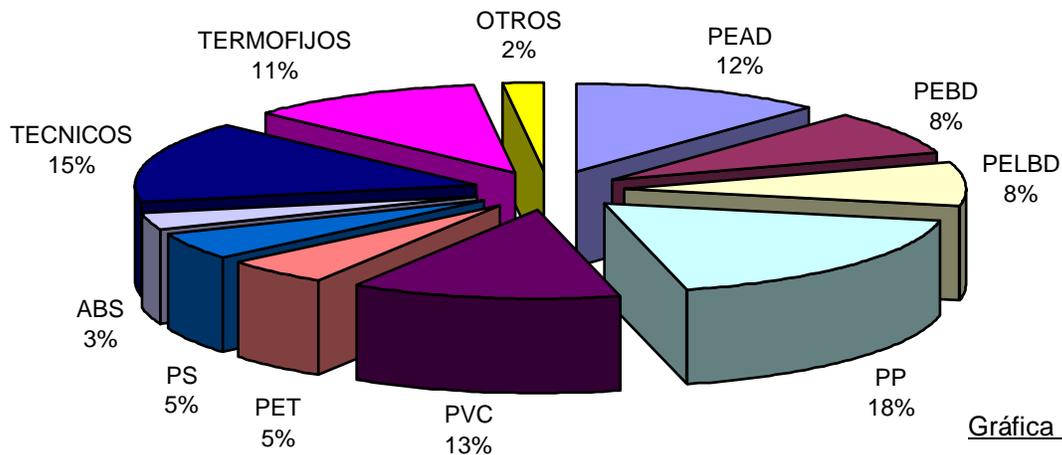
Consumo Mundial de Plásticos por Tipo

Tabla 2.3

Plásticos	Consumo (MMT)
Polietileno (PE)	63.7
Polipropileno (PP)	40.7
Polivinilcloruro (PVC)	30.0
Polietilentereftalato (PET)	12.3
Poliestireno (PS)	12.3
Abs	7.0
Técnicos	34.0
Termofijos	24.0
Otros	11.0
Total	235.0

Como se observa en la Tabla 2.3 el consumo de plásticos en el 2006 fue de 235 millones de toneladas, el tipo de plástico mas utilizado es el polietileno con 63.7 millones de toneladas, se pluraliza polietilenos por que a su vez existe una división entre estos, como son el polietileno de alta densidad (PEAD) y de baja densidad (PELBD), entre otros. Situación que se ve expuesta en la gráfica 2.2.

Consumo Mundial de Plásticos por Tipo



Gráfica 2.2

Fuente: Instituto Mexicano del Plástico Industrial, 2006.



Los Plásticos se clasifican en México según su importancia comercial y sus aplicaciones en el mercado de la siguiente forma:

Commodities: Son los plásticos más utilizados, que tiene buenas, aunque no sobresalientes propiedades, y su precio es de un nivel moderado. Son el polietileno de baja densidad, polietileno de alta densidad, polietileno lineal de baja densidad, polipropileno, policloruro de vinilo, poliestireno entre otros.

Termofijos: Es un grupo de plásticos intermedio en consumo y que se caracteriza por requerir alta creatividad para el diseño de productos, principalmente en aspectos de apariencia, color y forma. Incluye plásticos como el poliuretano, resina epóxica, poliéster insaturado, resina fenólica, melamina formaldehído, urea formaldehído y silicón.

Técnicos o de ingeniería: Son aquellos plásticos que presentan un alto desempeño funcional con un excelente conjunto de propiedades. Son significativamente más caros y dentro de este grupo se incluyen el acrilonitrilo butadieno estireno, estireno acrilonitrilo, polióxido de metileno (acetal), policarbonato, poliamida(nylon), polimetil metacrilato (acrílico) y Polibutilén tereftalato. [9]



2.3 Consumo de Plásticos en México

México, en materia de plásticos, se caracteriza por poseer una industria eficiente y competitiva. Según la Asociación Nacional de Industrias del Plástico, el crecimiento del sector para el 2006 fue superior al aumento esperado del PIB (2.7%). Igualmente, se calcula que la industria tiene ingresos anuales de 20,000 millones de dólares y emplea a 180,000 trabajadores al año. El consumo per cápita de plástico en México es de 43 kilos y el 96% de las empresas transformadoras son micro, pequeñas y medianas empresas (Mipymes). No obstante, los empresarios del sector manifiestan la necesidad de que la nacional petrolera PEMEX destine un mayor porcentaje del hidrocarburo para la elaboración de resinas, lo que permitirá una mayor oferta de materias primas locales. En la actualidad, México importa el 56% del total de resinas consumidas por la industria. Según el gremio de la industria del plástico, este déficit de materia prima es una de las principales razones por las cuales el sector no crece a una mayor velocidad. Aún así, las proyecciones del sector indican que para el 2010 el crecimiento de la producción de resinas alcanzará el 11,2%, de procesamiento de plástico el 10,3%, la exportación de productos plásticos 18,9% y el consumo doméstico de estos productos 8,5%.[8] En México el FMI (Fondo Monetario Internacional) espera un crecimiento del PIB de 3,8% para el 2007. Según los más recientes análisis, durante el tercer trimestre de 2006 México creció a un ritmo de 4.6%, porcentaje inferior al registrado en los trimestres anteriores. El sector más dinámico fue el industrial con un incremento de 5,5%, encontrándose en este el de los plásticos.

México tiene dividido su Producto Interno Bruto de la siguiente forma [10]:

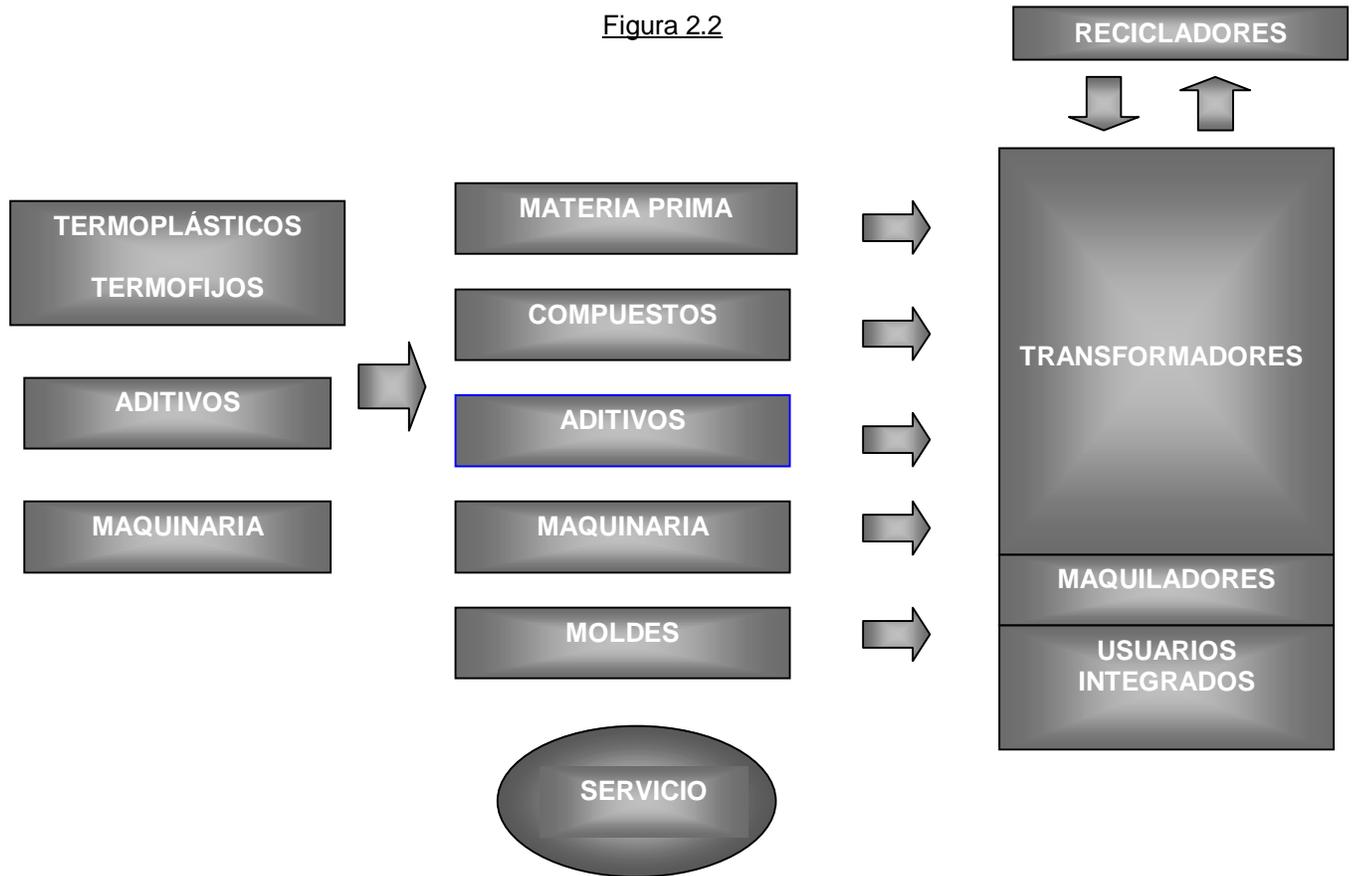
▶	Agricultura	4.00 %
▶	Industria	26.5 %
▶	Servicios	69.5 %



Teniendo el sector de los plásticos un PIB aproximado del 2.7 % en el sector de la industria [11]

Cadena Productiva Industrial del Plástico en México

Figura 2.2



En la figura 2.2 se observa que la Cadena Productiva Industrial del Plástico en México no es muy compleja, sin embargo, se maneja que los distribuidores de materias primas como lo indican los recuadros de centro mantienen sus inventarios con importaciones, siendo los bloques de la derecha los que se llevan a cabo en el país de forma uniforme, es decir son desarrollados por mexicanos en mayor proporción. Finalmente los bloques de la izquierda y la extrema derecha son punto críticos dado que ambos presentan un pobre desarrollo en el país, los primeros porque en su mayoría son importaciones y el reciclado porque se lleva a cabo en el país en un porcentaje muy pobre, aproximadamente un 1%.



Tabla 2.4

Consumo de Plásticos 2006 (Materias Primas)				
Capacidad instalada	Producción (ton)	Importación	Exportación	Consumo aparente (ton)
3,395,050	2,930,000	2,400,000	750,000	4,580,000

Fuente: Instituto Mexicano del Plástico Industrial, 2006

Consumo de Plásticos 2006 (Materias Primas)

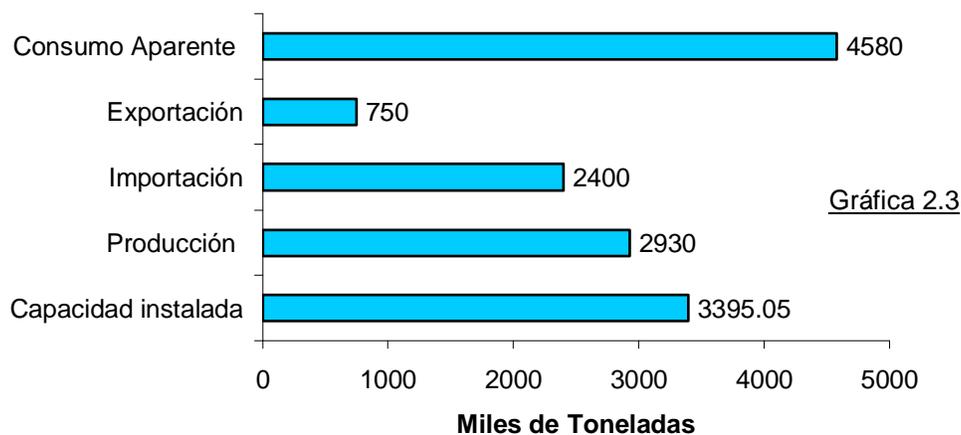
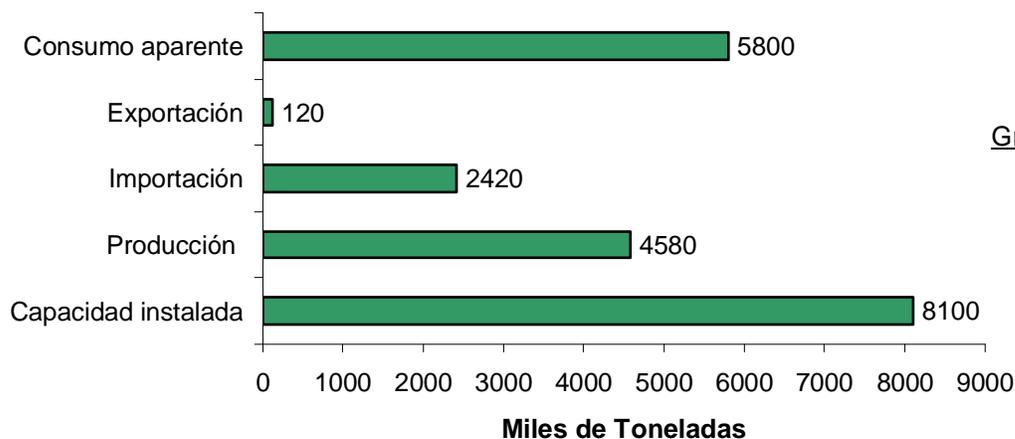


Tabla 2.5

Consumo de Plásticos 2006 (Productos Terminados)				
Capacidad instalada	Producción (ton)	Importación	Exportación	Consumo aparente(ton)
8,100,000	4,580,000	2,420,000	120,000	5,800,000

Fuente: Instituto Mexicano del Plástico Industrial, 2006

Consumo de Plásticos 2006 (Productos Terminados)





En los datos de las Tablas 2.4 y 2.5 se observan diferencias muy marcadas, de que la producción de materias primas plásticas en México es menor que la producción de productos plásticos terminados, de esta forma se justifica que las materias primas utilizadas en la transformación, en su mayoría son importadas, el dato más relevante que se maneja es un 56% de materias primas importadas, mientras que en el campo de la transformación hay mayor participación directa de nacionales. Entendiendo esto como una dependencia directa de las importaciones En la Tabla 2.6 se establece la situación de consumo de la industria nacional de acuerdo a dos condiciones, una de ellas clasificación de resinas plásticas y otra de ellas el área de aplicación, con un consumo total de 4,580,000 toneladas.

Consumo Integral de la Industria del Plástico 2006

Tabla 2.6

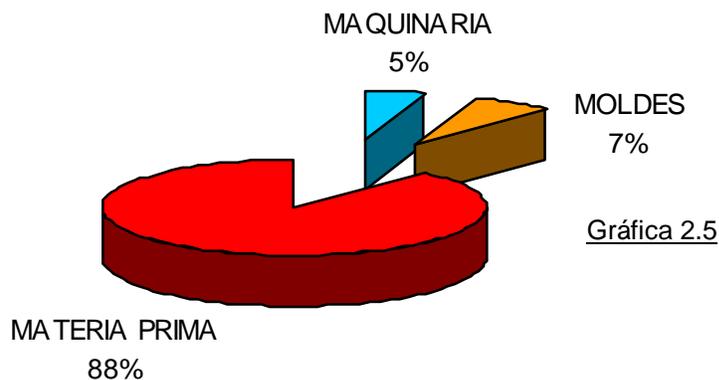
	PLÁSTICO	MILES TON		
COMODITIES	PP	830,000	84.8 %	INYECCIÓN 57% 1960 EMPRESAS
	PET	738,000		
	PEAD	678,000		
	PEBD	576,000		
	PVC	395,000		
	PS	368,000		
	PELBD	325,000		
	SUBTOTAL	3'910.000		
TÉCNICOS	ABS	145,000	7.9 %	EXTRUSIÓN 23% 770 EMPRESAS
	SBS	7,200		
	PC	70,000		
	PA	48,000		
	TMMA	30,000		
	FBT	7,500		
	TPE	24,200		
	FOM	8,500		
	OTROS	5,500		
	SUBTOTAL	345.900		
TERMOFIJOS	PUR	105,000	7.3 %	ROTOMOLDEADO 16 % 55 EMPRESAS
	UF+MF	53,500		
	EP	28,000		
	UP	63,500		
	SI	33,800		
	PF	21,200		OTROS 6.9 % 330 EMPRESAS
	OTROS	41,100		
	SUBTOTAL	324.100		

Fuente: Bancomext, [12]



La industria del plástico gasta alrededor de \$USD16,000,000 en insumos para eficientar la producción, estos insumos son 98% importados principalmente de Estados Unidos y de países asiáticos como China y Taiwán, se dividen de la siguiente forma en materia prima, moldes y maquinaria en orden decreciente.

Porcentajes de Importación de Insumos



Gráfica 2.5

Fuente: Instituto Mexicano del Plástico Industrial, 2006



2.4 Industrias Transformadoras de Plásticos en México

Principales Productores de Materia Prima en México en el 2006 (Plásticos)

Tabla 2.7

Industria	Lugar	Producto
Invista	Querétaro	PET
Voridian	Veracruz	
M&G	Tamaulipas	
Kimex	Tlaxcala	
Basf	Tamaulipas	Poliestireno
Resirene	Veracruz	
Poliolos	Tamaulipas	
Polidesa	Tlaxcala	Polipropileno
Indelpro	Tamaulipas	
PEMEX Cangrejera	Veracruz	Poliestireno
PEMEX Morelos	Veracruz	
PEMEX Escolin	Veracruz	
Policyd	Tamaulipas	Policloruro de Vinilo
Policyd	Edo. De México	
Mexichem	Puebla	
Mexichem	Tlaxcala	
G.E.	Tamaulipas	Otros Polímeros
Dynasol	Tamaulipas	
Plastiglas	Edo. De México	
Plastiglas	San Luis Potosí	
AOC Mexicana	Edo. De México	
Bayer	Edo. De México	
Poliolos	Edo. De México	

Fuente: Instituto Mexicano del Plástico Industrial

La tabla numero 2.7 muestra a los principales productores de materia prima en México, ninguno de los productores que figura produce polietileno. Excepto PEMEX.

El presidente de la la Anipac (Asociación Nacional de la Industria de Plásticos) Eduardo de la Tijera Coeto, citó *“La cadena de esta industria se compone de 4,500 empresas que dan empleo a 180,000 personas generando un valor superior al de cualquier industria química desarrollada, teniendo como principales lugares de residencia del gremio en el D.F. y en el Estado de México”*. [8]



Distribución Geográfica de las Transformadoras de Plástico en México

Tabla 2.8

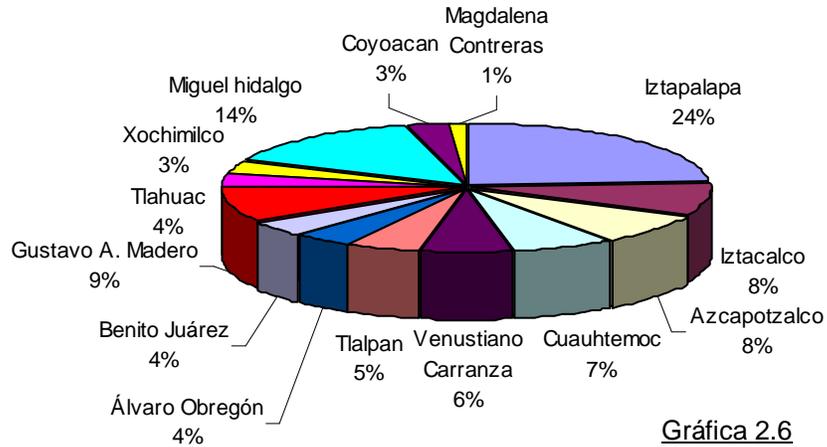
Estado	Nº de transformadoras
Aguascalientes	40
Baja california norte	90
Baja california sur	5
Campeche	5
Chiapas	15
Chihuahua	40
Coahuila	40
D. F.	800
Durango	10
Edo. Méx.	650
Guanajuato	280
Guerrero	12
Hidalgo	30
Jalisco	420
Michoacan	60
Morelos	40
Nayarit	8
Nuevo Leon	320
Oaxaca	20
Puebla	130
Queretaro	100
Quintanarro	10
San Luis	80
Sinaloa	10
Sonora	10
Tabasco	15
Tamaulipas	50
Tlaxcala	45
Veracruz	80
Yucatan	80
Zacatecas	5
TOTAL	3,500

Fuente: [13]

En la Tabla 2.8 se observa que en México el mayor número de Transformadoras de Plásticos se localizan en el centro del país (D.F. y Estado de México), con 1450 Transformadoras, lo que representa un 42% del gremio.



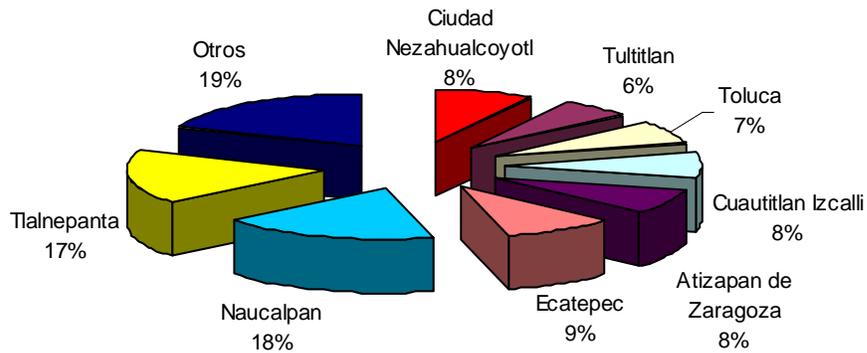
Distribución de Empresas por Delegación D.F.



Fuente: [13]

TOTAL DE EMPRESAS: 800

Distribución de Empresas por Municipio Estado de México



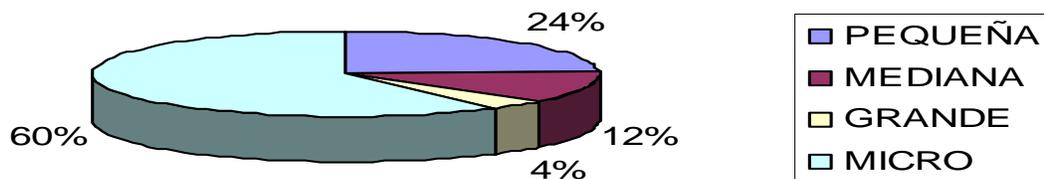
Las graficas 2.6 y 2.7 exponen la participación de delegaciones y municipios del D.F. y Estado de México, presentando la zona oriente (Venustiano Carranza, Iztapalapa, Iztacalco, Ecatepec y Nezahuálcoyotl) un 55% de un porcentaje de doscientos.



La industria del plástico se compone de unas 3,500 empresas transformadoras, de las cuales el 84% son micro y pequeñas, el 12% medianas y el 4% grandes. La gran mayoría de las empresas transformadoras son micro y pequeñas empresas, sumando entre las dos el 84% del total de empresas transformadoras. A pesar de la abundancia de empresas de escala pequeña, existe una alta concentración de la producción, pues se estima que el 20% de las empresas más grandes controla el 80% de la producción total.

Las Empresas Transformadoras Mexicanas

Gráfica 2.8



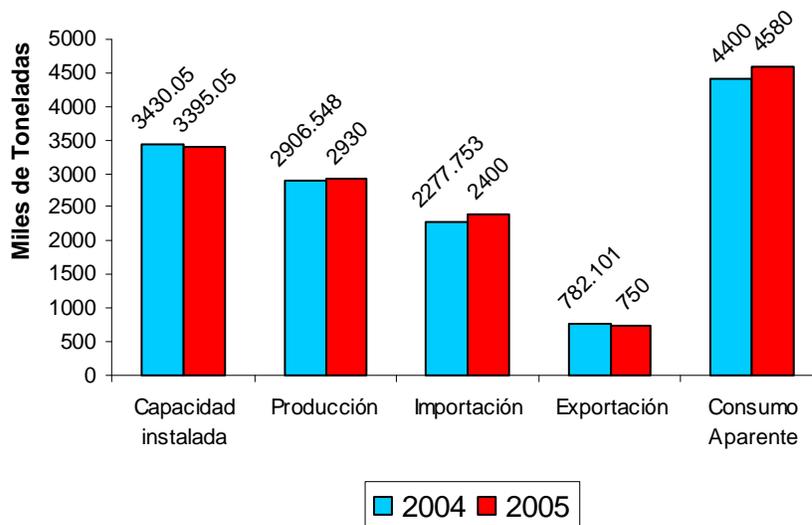
Crecimiento de la Industria del Plástico en México (Toneladas)

Tabla 2.9

Año	Capacidad instalada	Producción	Importación	Exportación	Consumo Aparente
2004	3,430,050	2,906,548	2,277,753	782,101	4,400,000
2005	3,395,050	2,930,000	2,400,000	750,000	4,580,000

Crecimiento de la Industria del Plástico en México (Toneladas)

Fuente: [13]



Gráfica 2.9



2.5 Industrias Recicladoras de Plásticos en México (Zona Centro)

Tabla 2.10

EMPRESA	DOMICILIO	TELÉFONO	ACTIVIDAD
Aliplastic S.A. DE C.V.	Chipuicuario #77 Col. Letrán Valle C.P. 03650 México, D.F.	55-32-02-32	Distribución de materias primas a recicladores
Avangard México, S.A. DE C.V.	Fresno # 323 Col. Atlampa C.P. 06450 México, D.F.	55-47-78-61	Acopio. Reciclado y comercialización de materiales plásticos post consumo y post industriales.
Altropo S.A. de C.V.	España #379 Col. Cerro de la Estrella México , D.F.	54-26-21-18 54 -26-21-73 54-26-22-34	Fabricación de película PP
Aranda Resinas y Pigmentos	Fray Servando Teresa de Mier # 423- A Col. Merced Balbuena México, D.F.	57-68-83-20 55-52-92-35	Recicladores de plásticos
Codipol	Gladiolas # 107 Col. Barrio San Pedro Xochimilco C.P. 16090 México, D.F.	56-76-17-60	Recicladores de plásticos
Concentrados Plásticos S.A. de C.V.	Insurgentes Sur # 1188 Desp. 1105 Col. Tlacoquemecatl del Valle C.P. 03210 México, D.F.	55-75-44-77	PEBD, PEAD, PVC, (plásticos de ingeniería)
Recicla	Benito Juárez # 780 Bodega 2 Col. San Pedro Xalostoc C.P. 55310 Ecatepec Edo. Méx.	57-90-57-90	Reciclado de plásticos
Dipsa	Alarcón # 72 Col. Morelos C.P. 06200 México, D.F.	55-42-41-96	Fabricación de bolsas, rollos de polietileno, envases PET



“El Reciclado del Polietileno en el Contexto del Desarrollo Sustentable”

EMPRESA	DOMICILIO	TELÉFONO	ACTIVIDAD
Flexiproductos Plásticos, S.A.	Av. Revolución # 166 Col. Tepalcates C.P. 09210 México , D.F.	57-63-92-68 57-63-25-34	Reciclado de Plásticos
Plásticos Reacondicionados, S.A. de C.V.	Calle 3ra. Sur #41-1 Col. Independencia C.P. 54914 Tultitlan, Edo. de Méx.	58-94-00-01	Reciclado de botellas y cubetas para uso industrial
Proarce, S.A. de C.V.	Calle 8 # 3 Col. Fracc. Inds. Alce Blanco C.P. 53370 Naucalpan,.	53-58-12-33 55-76-18-97	Polietileno, Polipropileno y Poliestireno
Hernández Doncel S.A. de C.V.	Av. Revolución # 166 Col. Tepalcates C.P. 09210 México , D.F.	57-63-25-34 57-63-92-68	Reciclado de plásticos
Joandian Plastic's	Agustín Olachez #182 Col. Adolfo López Mateos c.p. 15670 México, D.F.	57-58-85-35 57-63-56-66	Recuperación de plásticos Polietileno, Polipropileno, etc.
Plásticos y Maquilas Ego	Col. Vallejo C.P. 07870 Méxlco, D.F.	55-37-73-10	Reciclador de PEBD Y PEAD
Polietilenos Industriales S.A. de C.V.	Libertad Sur # 11 Col. Sta. Clara C.P. 55540 Ecatepec,	57-88-59-17 57-88-61-92	Reciclado de Polietileno de alta y baja densidad,
Plásticos del Sur, S.A. de C.V.	Morelos # 21 Col. El Rosario Tlahuac C.P. 13530 México	55-85-72-55 55-85-72-68	Reciclado de polipropileno laminado en diferentes espesores
Plásticos Industrializados, S.A.	Girardón # 71-B Col. Santa María Nonoalco C.P. 01420 México,	56-11-23-33 55-63-47-51	Reciclado de Plásticos



“El Reciclado del Polietileno en el Contexto del Desarrollo Sustentable”

EMPRESA	DOMICILIO	TELÉFONO	ACTIVIDAD
Recicle, S.A. de C.V.	Culturas Prehispánicas # 69 Col. Granjas San Antonio C.P. 07090 México,	55-81-21-28	Recicladores de Plásticos
Reco Plastic, S.A. de C.V	Prolongación Miguel Allende # 35 C.P. 54900 Tultitlan	58-88-25-08	Recicladores de Plásticos
Recover S.A. de C.V.	Carrillo Puerto # 667 Col. Pensil C.P. 11320 México,	53-99-22-13 55-27-31-28	Recicladores de Plásticos
Recuperadora de Plásticos Dacer S.A. de C.V.	Av. La Joya # 10 Col. Cuautitlan Izcalli	58-72-46-31	Moliendas, Compactado y Peletizado
Resinas y Recicladores Plásticos S.A. de C.V.	Paseo Cuahunahuac Km. 13.9 Col. Progreso C.P. 62550 Jutepec, Mor.	01(73) 20-92-34	Recicladores de Plásticos
Retomes S.A. de C.V.	16 de Septiembre # 20 Col. Tecamachalco C.P. 56500 Los Reyes La Paz, Edo. Méx.	58-57-38-67	Recicladores de Plásticos
Siller, Vicuña y Asociados S.A. de C.V.	Priv. Alejandras # 2 Col. 3 de Mayo Zapata, Morelos	01(739)131-00	Recicladores de Plásticos
Recuperadora y Transf. de Plásticos Joar	3ra. Cda. Plan de Ayala Mz. 13 Lt. 12 Col. Carlos Hank González C.P. 09700 México,	56-93-50-57	Recuperación de plásticos poliducto y pigmento
Repesa S.A. de C.V	Av. Acueducto # 387 Col. Santa Isabel Tola, 07010 México, D.F.	55-77-41-22 57-81-90-93	Recuperación de plásticos



“El Reciclado del Polietileno en el Contexto del Desarrollo Sustentable”

EMPRESA	DOMICILIO	TELÉFONO	ACTIVIDAD
Plásticos Tubermex, S.A.de C.V.	A paseo El Alto # 10 Col. Atepehuacan C.P. 07730 México, D.F.	56-86-30-42	Reciclado de Plásticos
Polylasticos, S.A. de C.V	Tetrazzini # 292 Col. Vallejo C.P. 07870 México, D.F.	55-37-15-43	Recicladores de PEAD y PVC
Procesadora Termoplástica, S.A de C.V.	Cumbres de Maltrata # 480 Col. Niños Héroes de Chapultepec C.P. 03610 México, D.F.	55-90-67-57	Reciclaje de resinas termoplásticas
Productoras de Lonas y Plásticos S.A. de C.V.	Plata # 19 Col. Industrial Xalostoc C.P. 55310 Xalostoc, Edo. de Méx.	57-88-12-36	Reciclado de Plásticos
Reciclado de Plásticos "Hergón"	Av. Herman Córtez # 15 Col. Francisco Sarbia C.P. 45080 Zapopan, Jalisco	01(3) 684-14-73	PVC, ABS, PST, PCB y compactadoras, etc.
Reciclados Industriales de México, S.A. de C.V.	Ignacio Allende # 16-D Col. Cuahutemoc C.P. 55310 Ecatepec, Edo. de Méx.	57-88-44-21 57-14-60-35	Recuperadora de polimeros y materiales industriales
Reciclados Nacionales, S.A. de C.V.	Calle 13 # 44 Col. Guadalupe Proletaria C.P 07660 México, D.F.	53-89-11-55 53-89-21-47	Reciclado de Plásticos



EMPRESA	DOMICILIO	TELÉFONO	ACTIVIDAD
Reciclados Plásticos de México S.A. de C.V.	Camino a Santa Ana Tepetitlan # 1927 C.P. 45090 Zapopan, Jalisco	01(3) 684-74-66	Recicladores
Reprocesadoras Termoplástica, S.A. de C.V.	Cumbres de Maltrada # 480 Col. Américas Unidas C.P. 03610 México, D.F.	55-90-67-57	Reciclado de Plásticos
Grupo Crisol Reciclados Crisol, S.A. de C.V.	Periferico Sur 4407 Col. Jardines de la Montaña C.P. 14210 México, D.F.	54-49-39-00	Reciclado de PET
KIMEX	Panama S/N	56-27-01-00	Reciclado de PET

De las 37 recicladoras que se mencionan la mayoría se dedican al giro del polietileno tereftalato (PET), mientras que del polietileno solamente hay 5 empresas que se dedican a reciclar este componente. También hay que tomar en cuenta que no se puede saber exactamente cuantas empresas reciclan plástico, dado el efecto irregular de las compañías de garage, es decir que son muy pequeñas para para ser tomadas en cuenta.



2.6 Futuro de los Plásticos

De acuerdo con la Asociación Europea de Productores de Plásticos (PlasticsEurope), la demanda mundial de plásticos fue de 235 millones de toneladas en 2006. Para la segunda mitad de la década, se prevé un aumento cercano al 30%, es decir que en el 2010 la demanda alcanzaría 300 millones de toneladas. Este amplio espectro de demanda creciente, abre muchas posibilidades para la industria latinoamericana, sin embargo, aprovechar el mercado en expansión depende de diversos factores y fundamentalmente del suministro de resinas. América Latina no es autosuficiente en la producción de resinas, las cuales deben importarse principalmente de los Estados Unidos.

Las características, problemas, necesidades y prioridades de la industria de plásticos parece ser muy similar en cada uno de los países de América Latina. Por ser un sector estrechamente ligado al comportamiento del resto de la economía, es muy probable que el dinamismo continúe en los próximos años, por lo menos, mientras continúe el crecimiento de la demanda global y no se profundice la desaceleración del mercado norteamericano. En prácticamente toda América Latina el crecimiento del sector se ha visto favorecido por el comercio exterior. Las exportaciones, particularmente de productos agropecuarios, son grandes consumidoras de plástico. De igual forma, la construcción que se ha disparado en varios países como respuesta al crecimiento económico, también se considera un sector con gran consumo de plásticos.

Con respecto a los problemas de la industria en el futuro inmediato, estos están relacionados con la escasez y altos precios de las materias primas. Aunque los precios del petróleo al parecer tienden a estabilizarse, el efecto de la reducción del precio demorará en hacerse evidente en sus derivados. Por tal motivo, el costo de las resinas continuará alto por lo menos seis meses más y, de reducirse, es probable que no lo haga en la misma proporción en que se disminuye el precio del crudo. Igualmente, aunque América es uno de los principales productores de



petróleo, con Venezuela y México a la cabeza, resulta preocupante el hecho de que el sector del plástico tenga que depender en gran medida de la importación de resinas.. Esta situación es especialmente preocupante para las pequeñas y medianas empresas ya que los grandes fabricantes tienen la posibilidad de reducir los costos fijos unitarios al estar en capacidad de producir mayores volúmenes.

A pesar de lo anterior, el mercado potencial mundial para los productos plásticos sigue siendo muy atractivo y aprovecharlo mejor dependerá de la combinación de las políticas públicas de cada país y de acciones privadas. En el campo de las políticas gubernamentales, las asociaciones de empresas fabricantes de productos plásticos, señalan en general que los gobiernos deben profundizar en los acuerdos comerciales intrarregionales, lo que beneficiaría el intercambio y fortalecería la actividad productiva. En cuanto a las acciones de carácter privado, el sector todavía debe trabajar mucho en cuanto al incremento de la competitividad, conservación y formación del capital humano, inversión productiva y actualización tecnológica, así como en estrategias de mercadeo para abordar otros mercados diferentes al intrarregional.

Finalmente, uno de los retos más urgentes que debe acometer la industria está relacionado con la protección medioambiental. Los gobiernos Federales están incorporando legislaciones más exigentes en este sentido y en algunos países, como en Inglaterra y Canadá principalmente, se están estableciendo normas muy estrictas con respecto a los productos contaminantes. Las empresas latinoamericanas deben entonces asumir un compromiso mayor en este sentido e impulsar en forma decidida las prácticas de reciclaje, lo que también tendrá un efecto positivo con respecto a la reducción de los costos de producción, especialmente en lo relacionado con el uso de materia prima reciclada. [8, 13]



Capítulo 3

El Polietileno



3.1 Historia

El Polietileno (PE) es el polímero más empleado en la vida cotidiana y, sin duda, es el más popular del mundo. Como efecto de la globalización y del alto precio del petróleo, la situación actual de oferta y demanda se encuentra muy justa, es decir la curva de oferta y la demanda tienen casi el mismo valor y pendiente, por lo que los transformadores deberán crear nuevas estrategias para mantener su competitividad.

El PE es un material tan versátil, que hasta resulta increíble que su estructura química sea tan simple. En realidad es la más sencilla de todos los polímeros comerciales. Una molécula de PE está formada por una cadena larga de los átomos de carbón y en cada uno de ellos están unidos dos átomos de hidrógeno.

De hecho, el mundo industrializado de hoy no sería lo que es sin el PE. Sus raíces comienzan en 1932 en Gran Bretaña, en los años que siguieron a la profunda recesión del desplome de Wall Street en 1929. No obstante los obstáculos que tenían que vencerse para encontrar dinero para la investigación, la Imperial Chemical Industries, ICI, trabajaba sin cesar en la búsqueda de nuevas reacciones bajo presión extrema. Después de varios intentos y resultados fortuitos, en 1935 se descubrió el Polietileno.

El primer uso para el PE fue para recubrir a los cables submarinos de telecomunicación, lo cual justificó una planta de producción que inició su marcha en septiembre de 1939. Este producto fue considerado como un secreto de guerra, ya que ofrecía una gran ventaja técnica al Reino Unido. Al poco tiempo el PE surgió como producto comercial, aunque sus aplicaciones eran aún limitadas.

Fue hasta el año de 1953 cuando Karl Ziegler, en Alemania, descubrió la forma de organizar las moléculas de etileno durante la polimerización, mediante el uso de un catalizador, logrando además utilizar menor presión y temperatura en la reacción. De ese modo apareció el Polietileno de Alta Densidad(PEAD).



Mientras tanto, Robert L. Banks y J. Paul Hogan desarrollaron el proceso Phillips que utilizó un catalizador más barato y más fácil de manejar a una presión media. Desde los años 1960, el PE ha crecido con gran ímpetu y actualmente se producen los grados más variados. Gracias a la acción de catalizadores como los Metalocenos, ahora es posible controlar el peso molecular del material, de manera que se tienen disponibles desde medio hasta ultra alto peso molecular.

3.2 Propiedades del Polietileno

Uno de los polímeros del etileno siendo de los más simples, se designa como **PE (- CH₂ - CH₂-)_n**. Los polietilenos son polímeros termoplásticos producidos por procesos de alta y baja de presión usando varios sistemas de catalizadores sofisticados. El resultado es, varias familias de polímeros, teniendo cada una diferente comportamiento y características de funcionamiento. [14]

El polietileno puede encontrarse representado de las siguientes maneras:

1. Polietileno de baja densidad (**PEBD**) ó Low Density PolyEthylene (**LDPE**)



2. Polietileno de alta densidad (**PEAD**) ó High Density PolyEthylene (**HDPE**)



Principalmente se debe al acomodo de las cadenas moleculares: El PEAD forma cadenas largas que se doblan y alinean en un empaquetamiento denso. mientras que el PEBD forma moléculas más ramificadas que impiden un empaquetamiento organizado, obligando a ocupar más espacio, implicando una densidad menor.



El código de Identificación de los plásticos es adoptado en México el 25 de Noviembre de 1999 en la NMX-E-232-SCFI-1999 basado en la identificación de Europa y países de América (SPI). Existe un código de identificación mundial para los termoplásticos que los identifica con números del 1 al 7 dentro de un triángulo de flechas, ya que cada plástico tiene sus propiedades y aplicaciones específicas.

Identificación de Plásticos



PET.- Envases muy transparentes, delgados, verdes o cristal, punto al centro del fondo del envase: de refresco, aceite comestible, agua purificada, alimentos y aderezos, medicinas, agroquímicos, etc.



PEAD.- Envases opacos, gruesos, de diversos colores, rígidos, con una línea a lo largo y fondo del cuerpo: de cloro, suavizantes, leche, cubetas, envases alimentos, etc.



PVC .- Envases transparentes, semidelgados, con asa y una línea a lo largo y fondo del envase: de shampoo, agua purificada, etc. También usado para mangueras, juguetes, tapetes, etc.



PEBD .- Principalmente usado para película y bolsas, de tipo transparente, aunque se puede pigmentar, de diversos calibres y también se usa para tubería y otros.



PP .- Plástico opaco, traslúcido o pigmentado, empleado para hacer película o bolsas, envases, jeringas, cordeles, rafia para costales y sacos, etc.



PS .- Hay dos versiones, el expansible o espumado (unicel o nieve seca) y el Cristal, empleado para fabricar cajas, envases y vasos transparentes pero rígidos.

1.- Polietileno de Baja Densidad (PEBD) es un polímero ramificado que se obtiene por polimerización en masa del etileno mediante radicales libres, a alta presión, presenta una cadena altamente ramificada y de cadenas largas y cortas. Su densidad esta en el rango de **0.910 – 0.940 g/cm³**. Uno de los procesos para producir dicho polímero es el Unipol, teniendo un rango de 1000-3000 atm, el método de alta presión, la polimerización se lleva a cabo por catálisis de radicales libres, esta polimerización se da por oxígeno molecular generando radicales libres, otro tipo de catalizadores empleados son los peróxidos.

El plástico producido tiene una distribución amplia de pesos moleculares y muchas ramificaciones bastantes largas . Cuando se realiza el proceso en reactores tubulares, llegan a tenerse presiones de 1600 a 3000 atmósferas y temperaturas entre 150 y 300° C. Su temperatura de ablandamiento es de 60 °C. Es un sólido más o menos flexible y transparente, no es tóxico, según el grosor es ligero y buen aislante eléctrico; presenta además una gran resistencia mecánica y química además de ser impermeable.

2.- Polietileno de Alta Densidad (PEAD) es producido por métodos de baja presión, presenta una estructura que tiene muy pocas cadenas laterales, su densidad esta en un rango de **0.941-0.965 g/cm³** , esto es por el uso de un copolímero que añade ramificaciones y así aumenta la densidad . La densidad es controlada en la manufactura del proceso por la cantidad de monómeros adicionados al reactor, los monómeros típicos usados con el etileno en polietileno de alta densidad son el propileno, buteno, hexano y octano. El grado de cristalinidad depende del peso molecular, la cantidad de monómero presente y la cantidad de calor que se le suministre.



Es un material opaco y de aspecto ceroso, las propiedades de cristalinidad y mayor densidad se relacionan con las moléculas mas empaçadas, ya que casi no existen espacios vacíos. La rigidez, dureza y resistencia a la tensión de los polietilenos, se incrementa con la densidad.

El calor necesario para llegar al punto de fusión, esta relacionado con la cristalinidad del polietileno principalmente con el número de ramificaciones que hay en la cadena molecular. Cuando se tengan mas ramificaciones, la cristalinidad disminuye. Al presentar altos grados de entrecruzamiento el polietileno no se vuelve un material amorfo.

El PEAD es resistente al agua y a soluciones acuosas diluidas. Por ello, no se observan cambios en sus propiedades de aislante u otras cualidades físicas, en una atmósfera de gran humedad o inmersión. Los ácidos sulfúrico y nítrico concentrados, así como otros agentes de oxidación, atacan lentamente el plástico. Se considera en general, que el polietileno es resistente a los solventes comunes (agua, etanol, metanol y acetona) debajo de los 60° C , a temperaturas superiores a 70° C el polietileno es atacado con mayor intensidad por los hidrocarburos alifáticos, aromáticos y clorinados.

3.- Polietileno Lineal de Baja Densidad (PELBD) se obtiene polimerizando el etileno con un alqueno (especialmente 1-buteno) a baja presión, en disolución, suspensión o fase gaseosa, en presencia de catalizadores. Se trata de un polímero lineal con ramificaciones cortas que hacen que su temperatura de fusión y su resistencia a la tracción y al agrietamiento sean superiores a las del polietileno de baja densidad.



3.2.1 Propiedades Técnicas del Polietileno

Tabla 3.1

PROPIEDADES	POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD (PEBD)	POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD)
PROPIEDADES FÍSICAS		
Densidad (g/cm ³)	0.91---0.94	0.941---0.965
Absorción H ₂ O (%)	0.015	0.01
Peso Molecular (g/mol)	10,000---300,000	300,000---800,000
PROPIEDADES DE TRANSPORTE		
Conductividad térmica (w/m k)		
Capacidad calorífica (BTU/lb °F)	0.42---0.44	0.46---0.52
Calor de combustión (KJ/g)	0.55	0.46---0.55
	46	46
PROPIEDADES MECÁNICAS		
Resistencia a la tensión (Kg/cm ²)	40---160	210---3900
Elongación a la ruptura (%)	500---700	200---400
Resistencia a la flexión (Kg/cm ²)	560---4000	7000---18300
Resistencia al impacto (mj/mm ²)	No se rompe	4---14
PROPIEDADES TÉRMICAS		
Punto de Fusión (°C)	102---120	128---135
Temperatura de ablandamiento (°C)	60	117---126
Temperatura de deflexión (°C) (45 Kg/cm ²)	40---74	80---91
Temperatura de deflexión (°C) (18.5 Kg/cm ²)	32---49	43---54
PROPIEDADES ÓPTICAS		
Índice de refracción	1.50---1.52	1.52---1.56
Cristalinidad (%)	40---50	70---90
Transmitancia (%)	20---55	0---40
PROPIEDADES ELÉCTRICAS		
Resistencia dieléctrica (Kv/cm)	164---273	172---234
Constante dieléctrica (60 Hz)	2.1---2.3	2.30---2.56
Resistencia volumétrica (OHM-cm)	1x10 ¹⁶	1x10 ¹⁵ ---1x10 ¹⁶
Resistividad de superficie (OHM)	1x10 ¹⁵	1x10 ¹⁵
Resistencia al arco (s)	135---160	-----

Fuente: Enciclopedia de la Industria del Plástico Mexicano



3.2.2 Propiedades del Polietileno Reciclado

En el reciclado de los polietilenos, las propiedades que más se modifican son la resistencia a la tensión y elongación, relacionadas con el contenido de la humedad y el tipo de contaminante que presenten(color). El polietileno es el plástico de mayor consumo mundial, por lo que se han desarrollado tablas para conocer la pérdida de propiedades al reciclarlo como lo muestra la Tabla II.

Tabla 3.2

Comparación de Propiedades de Polietileno Virgen contra Reciclado		
PROPIEDADES	PEAD-VIRGEN	PEAD-REPROCESADO
Índice de fluidez g/10 min.	0.77	0.79
Densidad g/cm ³	0.963	0.961
Módulo de flexión Kg/cm ²	15,396	15,396
Resistencia al impacto Izod kg cm/cm	13	9
Resistencia a la tensión a la ruptura Kg/cm ²	155	175
Elongación %	555	613

Fuente: Enciclopedia de la Industria del Plástico Mexicano, 2005

Es necesario aclarar que de acuerdo al tipo de cambio que se genere en la cadena es la variación de propiedades. Como se observa, el índice de fluidez incrementa porque las cadenas moleculares redujeron su tamaño. De acuerdo a los datos de la tabla 3.2 se observa que si el material se procesa a las condiciones de operación adecuadas se pueden utilizar hasta 25% de granulado combinado con el material virgen sin exponer la funcionalidad y calidad del producto.[15]



El Polietileno al reciclarse presenta degradación de sus propiedades que varían de acuerdo al número de historias térmicas (recicladas) y a los contaminantes propios del material.

Contaminantes presentes en el Polietileno a reciclar

- Tintas de impresión en bolsas y envases
- Etiquetas y adhesivos
- Residuos de comida
- Polvo, y suciedad proveniente de la basura

El amplio uso del polietileno ha provocado la necesidad de reciclarlo; al reciclarse el PEAD modifica el índice de fluidez, entre otras propiedades; dichos cambios son causas de disminución en la calidad del producto transformado, así como incrementos en los costos de producción. El PEAD reciclado puede mezclarse con material virgen en proporción de 1:4 sin que se vea comprometida la calidad del producto final. El PEAD reciclado puede usarse para fabricar, tubería y conexiones para alcantarillado, envases para productos de limpieza, contenedores para basura, contenedores industriales, recubrimientos para pisos y madera plástica para fabricación de artículos diversos.

El PEBD al reciclarse presenta una reducción en la densidad por el rompimiento de cadenas moleculares, con la consecuente pérdida de resistencia a la tensión y estiramiento, incrementando además el índice de fluidez, dificultando su reproceso. El PEBD reciclado también puede mezclarse con material virgen para su reproceso, debido a que el material posee buena resistencia a las altas temperaturas sin degradarse. Suele pigmentarse de negro con objeto de uniformizar el color del material reciclado. El PEBD reciclado puede usarse para fabricar, bolsas para envíos. Bolsas para basura, Polductos , Manguera y Agropelículas, etc.



Las películas de polietileno, en sus diferentes formulaciones, deben cumplir una serie de requisitos para su preparación, manejo, aplicación y su utilización, una de las circunstancias que se deben evitar durante el proceso de fabricación o reciclado de cualquier película plástica, es que no se presenten fenómenos de electrización, adhesión, fricción, etc., entre película y película ó entre la película y alguna parte de la máquina. En ciertas ocasiones hay que realizar un gran esfuerzo para abrir una película ó es muy común que el polvo se adhiera fácilmente a estas, tales inconvenientes se presentan constantemente, si no se adecua el uso de un agente deslizante y/o antibloqueo; mas allá de que la mayoría de los fabricantes de estas resinas ya tienen incorporados aditivos para disminuir ó en algunos casos eliminar estos problemas, estos fenómenos se siguen presentando en la industria plástica, es decir, desde la industria del envasado de productos alimenticios hasta la del envasado y embalaje de forma general.

Durante la fabricación de películas e incorporación a las materias primas se le agregan aditivos, con la finalidad de que presente buen desempeño de deslizamiento y antibloqueo. Para ello los aditivos de deslizamiento más comúnmente utilizados son las amidas de ácidos grasos de cadena larga. El funcionamiento de los agentes se basa en la fusión, en la que el agente es distribuido a través del polímero, cuando el polímero se empieza a enfriar las moléculas del agente migran a la superficie y forman una película muy delgada de lubricante, provocando con esto la reducción del coeficiente de fricción entre las superficies y evitando cualquier adhesión entre las mismas.

Para la fabricación de película de polietileno en sus diferentes presentaciones, generalmente se ha utilizado la oleamida, pero en la actualidad ha sido sustituida por la acroamida o erucamida (amida primaria), por dos razones, punto de fusión mas alto que el material en el que es usado y mayor resistencia al calor, provocando buena estabilidad a la oxidación, baja volatilidad, efecto deslizante y características antibloqueantes. [16]



3.2.3 Propiedades del Polietileno Líquido y Sólido

El polietileno líquido se comporta como un fluido no newtoniano (es decir aquellos que cambian su viscosidad con la velocidad de deformación). La velocidad disminuye a medida que aumenta la presión y con ésta la velocidad de paso. Por la sensibilidad de la viscosidad de la masa fundida al peso molecular, y en virtud de que el polietileno se maneja normalmente en estado fundido en operaciones de extrusión, moldeo o vaciado, los diferentes polímeros del comercio se caracterizan por la viscosidad del producto fundido. La viscosidad del polietileno fundido disminuye a medida que aumenta la temperatura; se reduce aproximadamente a la mitad por un aumento de 25 °C, en la temperatura.

En la Tabla 3.3 se muestran algunas de las propiedades típicas del polietileno sólido.

Tabla 3.3

Peso molecular medio	25.000
Viscosidad intrínseca (en tetranidronaftaleno a 75 °C),dlts/gr	1,0
Punto de Fusión, °C	110
Densidad	
a 20 °C	0,92
a 50 °C	0,90
a 80 °C	0,87
a 110 °C	0,81
Coefficiente de dilatación lineal entre 0 y 40 °C, por °C	0,0002
Aumento de volumen por calentamiento desde 20 a 110 °C,	14
Compresibilidad a 20 °C, por atm.	$5,5 \times 10^{-5}$
Calor específico	
a 20 °C	0,55
a 50 °C	0,70
a 80 °C	0,90
Índice de refracción	1,52
Resistencia a la tracción a 20 °C., Kg/cm ²	150
Conductividad térmica, cal/ (seg.) (cm ²) (°C/cm	0,0007
Alargamiento en la ruptura (mm)	500



3.3 Aplicaciones del Polietileno

1.- Polietileno de Baja Densidad (PEBD)

Se trata de un material plástico que por sus características y bajo costo se utiliza dentro del sector de envase y empaque, destacando su utilización en bolsas, envase industrial, laminaciones película para forro, película encogible, recubrimientos, sacos y costales, tapas para botellas y otros. En la construcción, se puede encontrar en tubería, en agricultura como película para invernadero y tubería de riego, aunque hoy en día esta aplicación no es viable debido al alto costo, por eso se utiliza el PVC.

En la industria-electrónica se utiliza como aislante para cables ya que la aplicación del PEBD es función de la temperatura de operación del cable, como también se utilizan en cables de alta frecuencia, juguetes pequeños y otros productos.

2.- Polietileno de Alta Densidad (PEAD)

El polietileno de alta densidad cuenta con un numero variado de aplicaciones, en el sector de envase y empaque se utiliza en bolsas para mercancía, bolsas para basura, botellas para leche y yogurt, cajas para transportes de botellas, envases para jardinería, detergentes y limpiadores, frascos para productos cosméticos y capilares, sacos para combustibles, etc. En la industria eléctrica se usa como aislante de cable y alambre para conexiones.

3.- Polietileno Lineal de Baja Densidad (PELBD)

Se utiliza en el recubrimiento de cables y en la fabricación de objetos moldeados por extrusión o soplado. Existe otro tipo de polietileno llamado Polietileno de Peso Molecular Ultra-Alto ó Ultra High Molecular Weight PolyEthylene (**UHMWPE**). Este se denomina por ser un polietileno con un peso molecular de entre 3,000,000 y 6,000,000, con este material se producen fibras, tan fuertes, que pueden utilizarse para fabricar chalecos a prueba de balas.[15]



3.4 Cadena Productiva del Polietileno

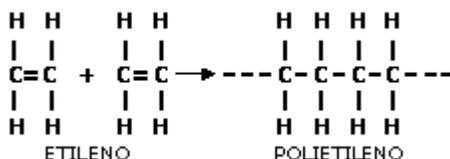
Producción del Polietileno

Se produce a partir del ETILENO que es un derivado del Petróleo o del Gas Natural. El Etileno es un gas que es sometido en un reactor a un proceso de polimerización, es decir la formación de largas cadenas que conforman la estructura del Plástico. La figura 3.1 nos muestra didácticamente dicho proceso de encadenación de moléculas:

- **Largo de las Cadenas Moleculares:** Aproximadamente entre 100 y 30.000 átomos de carbono.
- **Peso de las Cadenas Moleculares:** 140 a 4,200,000 g/mol.

Reacción General de Polimerización

Figura 3.1



El polietileno se obtiene por polimerización de etileno a presiones entre (1-200 atm), con catalizador alquilmetálico (catálisis de Ziegler) o un óxido metálico sobre sílice o alúmina (procesos Phillips y Standard Oil). Estos polímeros son termoplásticos sólidos que tienen la forma de gránulos y que son denominados "pellets". Estos pellets son luego utilizados por los transformadores como materia prima para dar lugar a los diferentes productos plásticos a través de los procesos de extrusión, soplado, moldeo o inyección, de donde lleva un uso pertinente a la presentación del polietileno y finalmente se recicla ó se tira.



CADENA PRODUCTIVA DEL POLIETILENO EN MÉXICO

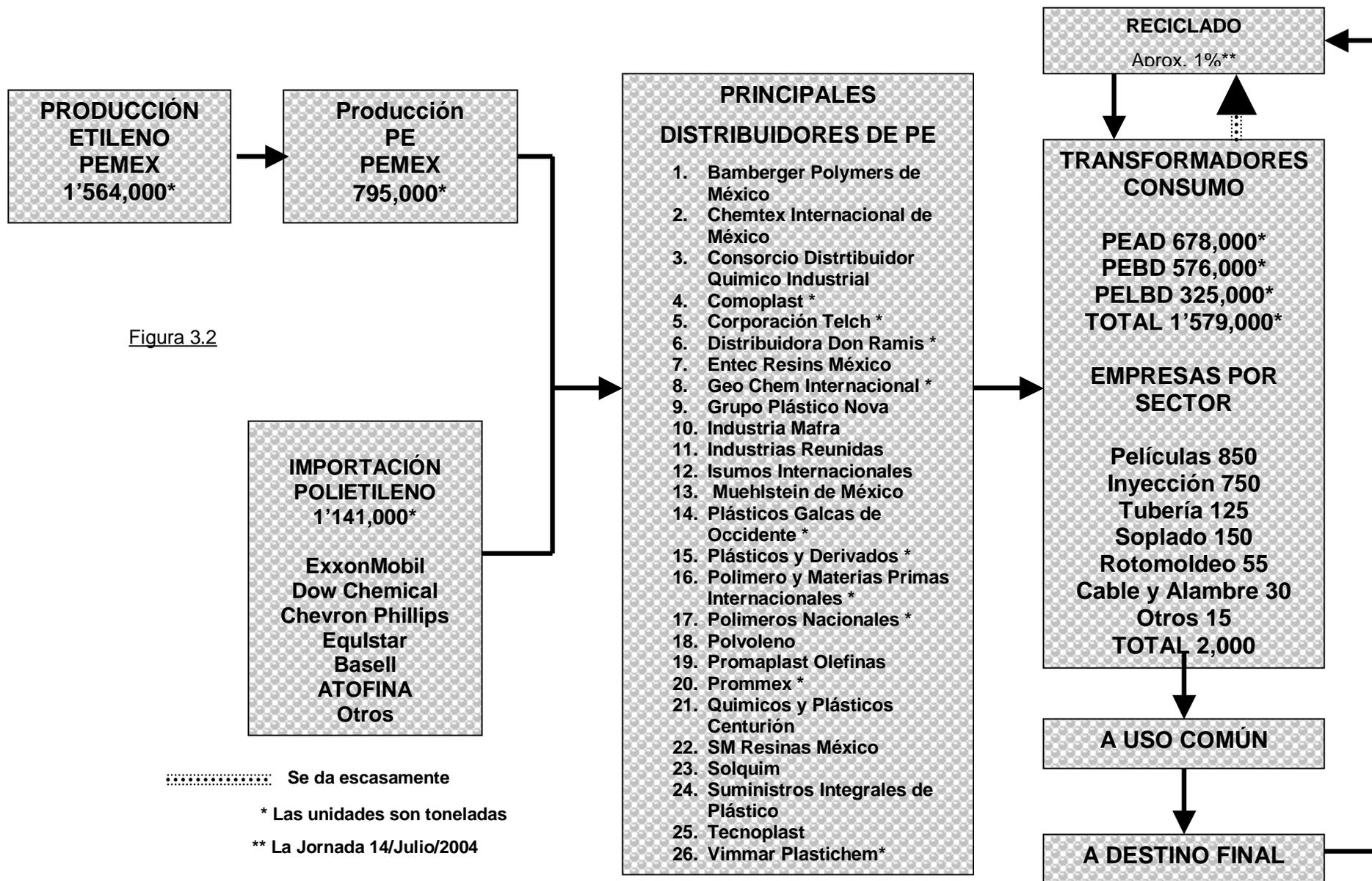


Figura 3.2



La figura 3.2 nos muestra la cadena de producción de polietileno en México de tal forma que en una sola figura se puede apreciar el escenario de este plástico, el único productor de polietileno en México es PEMEX, como su oferta es menor a la demanda del mercado se opta por importar material que es distribuido en el país de acuerdo a cantidades mayoreo/ menudeo se considera mayoreo arriba de la tonelada de consumo. Ahí comienza la transformación de polietileno considerada netamente mexicana y distribuida en diferentes sectores, ya vendido el material transformado cumple su ciclo de vida útil y finalmente es integrado a los residuos sólidos plásticos en los que se recicla aproximadamente uno en cien.

3.5 Consumo Mundial de Polietileno

Hablar del consumo mundial del polietileno no es cosa fácil dadas las variadas áreas de aplicación del mismo, se expone que en el año 2006, el consumo mundial de PE registró 63.7 millones de toneladas, lo que ciertamente significa un 27% del consumo mundial de plásticos, en la tabla 3.4 se observan las principales aplicaciones del total consumido de polietileno; un 49% se utiliza para producir película y láminas; 13%, para partes inyectadas, 13%, se destina a producir envases soplados; 6%, a la tubería y perfiles, 3% para laminación con papel, aluminio, cartón y otros plásticos; 2% para recubrimiento de cable y alambre; 1% para Rotomoldeo; 1%, Fibra; 1%, Rafia y 10% otras aplicaciones.

Tabla 3.4

Concepto	Porcentaje	MMTon
Película y láminas	49%	31.21
Partes inyectadas	13%	8.28
Envases soplados	13%	8.28
Tubería y perfiles	6%	3.82
Laminación con papel, aluminio y cartón	3%	1.91
Recubrimiento de cable	2%	1.27
Rotomoldeo, Fibra y Rafia	3%	1.92
Otras	10%	6.37

Fuente: Creación propia, con datos de Bancomext



Evolución de Capacidad Instalada de los Principales Productores de Polietileno en el Mundo

Tabla 3.5

2000		2010	
EMPRESA	CAPACIDAD MM Ton	EMPRESA	CAPACIDAD MM Ton
Exxon Mobil	5,688	Dow Chemical	8,067
Dow Chemical	4,305	Exxon Mobil	7,354
Chevron Phillips	2,740	SABIC	5,787
Equistar	2,731	Sinopec	5,292
Union Carbide	2,459	Borealis	3,861
Basell	2,370	Chevron Phillips	3,601
Borealis	2,300	Ineos	3,311
ATOFINA	1,861	PetroChina	2,975
Polimeri Europa	1,597	Basell	2,636
BPChemical	1570	Lyondell	2,593
TOTAL	27,621	TOTAL	45,477

Fuente: CMAI, Chemical Market Associates, Inc., 2006

El crecimiento promedio del PE a nivel global es de 4.6%, pero cuando se hace un análisis por regiones, resulta que en Asia Pacífico se han verificado crecimientos anuales promedio de entre 7 y 8%, y se espera que para los próximos cinco años estas tasas se mantengan. Por otro lado, Europa y Norteamérica alcanzan tasas de crecimiento de entre 2 y 3%, y los países emergentes de Latinoamérica y Medio Oriente muestran crecimientos entre 3 y 4%. Los productores de PE han mejorado sustancialmente sus márgenes y, de manera continua, establecen *joint ventures (convenios)* entre socios internacionales.



3.6 Consumo de Polietileno en México

En México, existen alrededor de 50 distribuidores de PE, los cuales, a su vez, podrían dividirse en distribuidores grandes y subdistribuidores. Los grandes distribuidores son los que proveen por camión completo y los subdistribuidores venden en sacos o por tonelada. También están subdistribuidores más pequeños, que son los que venden por kilo y que generalmente son quienes pueden tener el margen más alto en cuanto a precio refiere, pero su volumen de venta es muy bajo. La característica que distingue a los distribuidores es que son ellos quienes mantienen los inventarios y ofrecen el servicio integral para colocar la materia prima en la planta de los transformadores, o bien, en algún puerto, según sea el tipo de negociación.

La realidad actual muestra un comportamiento del mercado, donde los cambios de precios, oferta, disponibilidad, etcétera, son demasiado rápidos. En años anteriores al 2005, eran mucho más planeados, lo que ha hecho que los transformadores de PE estén preocupándose más por su inventario y por saber a quién le compran y a cuánto le compran. Y eso ha hecho que los distribuidores tengan ahora la mayor parte de los inventarios de resinas que se manejan en México, este es un riesgo que los distribuidores tienen que asumir porque cuando los precios van a la alza, es obvio que los distribuidores tienen beneficio económico, pero cuando van a la baja se deben ajustar, y se pierde, económicamente hablando. Los distribuidores son ahora la pieza fundamental del mercado del polietileno el cual se ha vuelto muy especulativo, y en función del inventario se decide el precio. En este momento la producción en la región ha tenido una serie de problemas a raíz de los altos precios de los catalizadores, además de los inconvenientes provocados por movimientos sociales, lo cual ha originado que la balanza oferta demanda se encuentre en una posición muy constreñida.

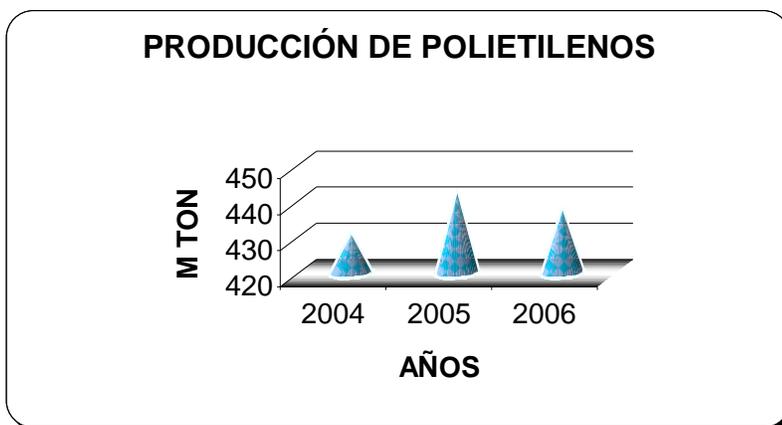


De la misma forma que en el resto del globo los distribuidores de PE en México, piensan que en general este sector tiene un buen crecimiento a pesar de la inestabilidad en precios del mismo.

Tabla 3.6

Producción de Polietilenos			
(Miles de Toneladas)			
	REALES-ANUAL		
Descripción	2004	2005	2006
PEAD	160	165	163
PEBD	271	278	275
Total	431	443	438

Fuente: ANIQ, 2006

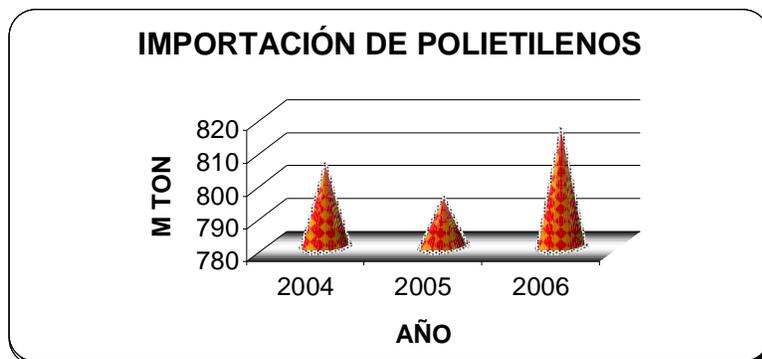


Gráfica 3.1

Tabla 3.7

Importación de Polietilenos			
(Miles de Toneladas)			
	REALES-ANUAL		
	2004	2005	2006
Total	805	795	816

Fuente: ANIQ, 2006



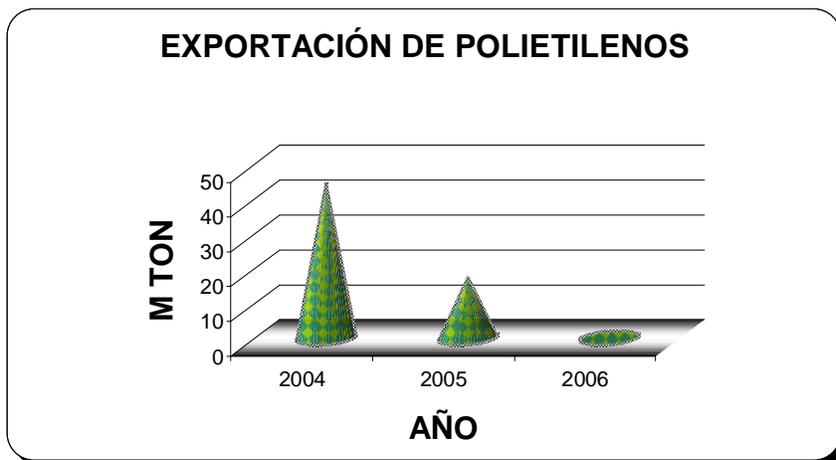
Gráfica 3.2



Tabla 3.8

Exportación de Polietilenos (Miles de Toneladas)			
	REALES-ANUAL		
	2004	2005	2006
Total	44	17	N.D.

Fuente: ANIQ, 2006



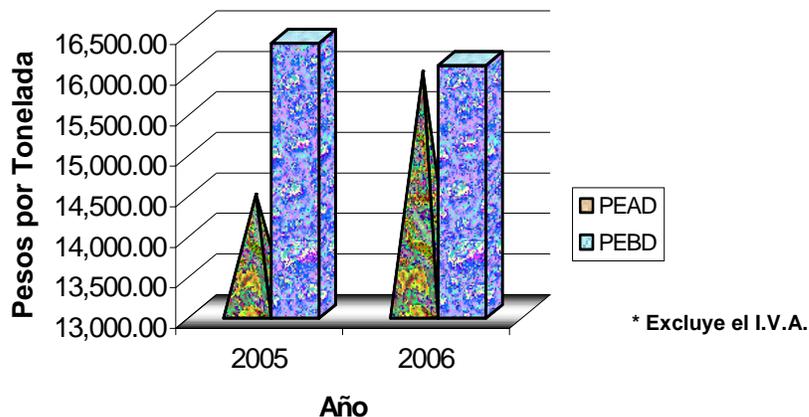
Gráfica 3.3

Tabla 3.9

PRECIOS PÚBLICO PROMEDIO DE POLIETILENO (Pesos Por Tonelada)*		
	REALES-ANUAL	
Descripción	I/2005	I/2006
Polietileno alta densidad	14,442.208	15,967.101
Polietileno baja densidad	16,398.693	16,121.726

Fuente: ANIQ, 2006

Precio Público de PE



Gráfica 3.4



La situación del polietileno de baja densidad no difiere en gran medida de la del polietileno de alta densidad de acuerdo a las gráficas 3.1, 3.2 y 3.3 que son producción, exportación e importación de polietilenos respectivamente, se observan escenarios similares, es decir la producción es casi un cincuenta por ciento la cantidad de las importaciones, mientras que la exportación son números tan pequeños que los del año 2006 aun no están disponibles. En las Graficas 3.5 y 3.6 se observa un condensado de tales afirmaciones y se sitúa al polietileno de alta densidad en una posición por encima del polietileno de baja densidad, en cuanto a estadística refiere. Por otro lado los precios del polietileno dependen de la cantidad que se compre y la calidad, estos oscilan entre los 18 y los 28 pesos mexicanos, el polietileno a reciclar (materia prima) se sitúa entre los 0.60 y los 1.30 pesos mexicanos, siendo el scrap el mas caro y finalmente el polietileno reciclado (producto terminado) se encuentra entre los 10 y los 13 pesos.*

* Estos datos fueron conjuntados de una investigación de mercado de varias fuentes y es de creación propia, todos los datos son por kilo e incluyen impuestos.

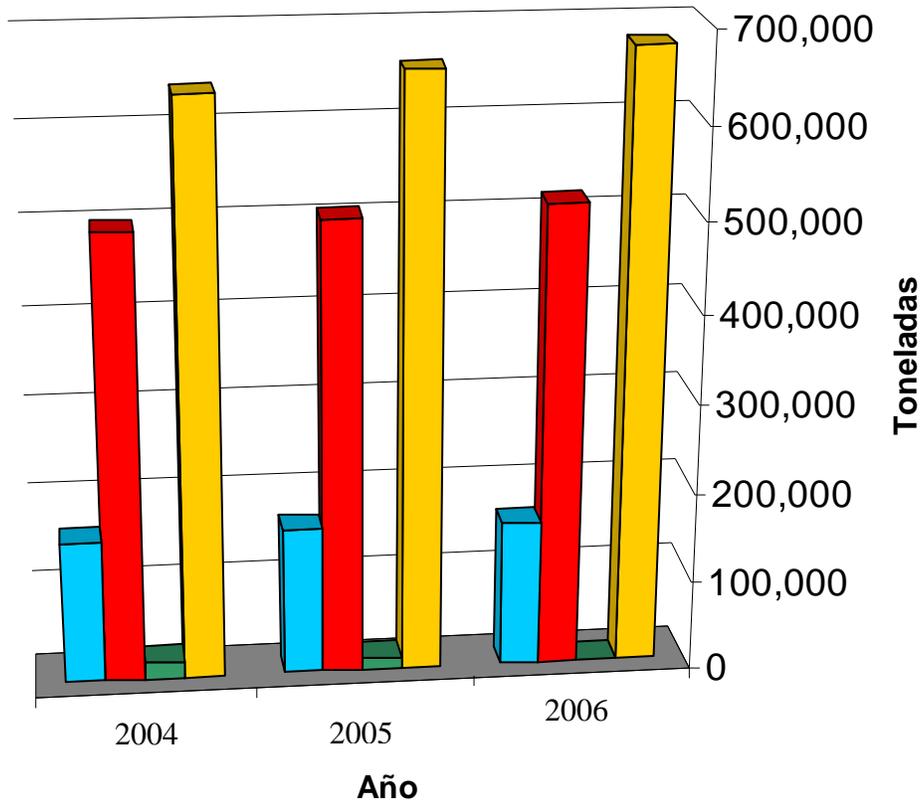
Tabla 3.10

PEAD en México 2004 – 2006 Ton.					
Año	Capacidad instalada	Producción	Importación	Exportación	Consumo aparente
2004	200,000	160,000	498,000	19,000	639,000
2005	200,000	165,000	505,000	12,000	658,000
2006	200,000	163,000	515,000	No Disponible	678,000

Fuente: Instituto Mexicano del Plástico Industrial, 2006



PEAD en México 2004-2006

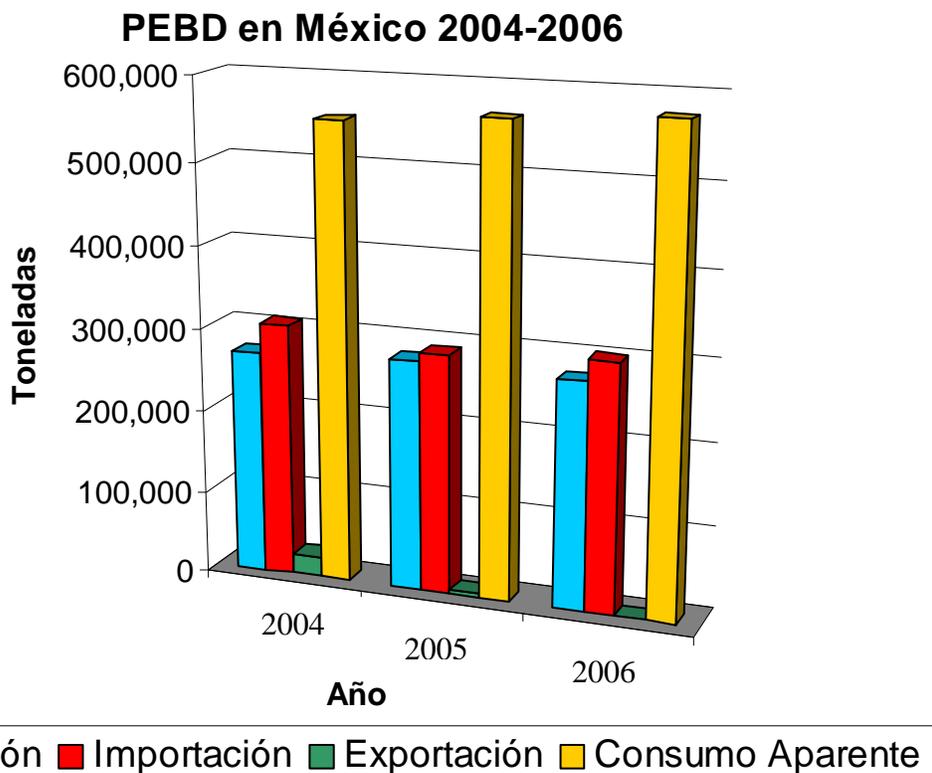


■ Producción ■ Importación ■ Exportación ■ Consumo Aparente

Tabla 3.11

PEBD en México 2004 – 2006 Ton.					
	Capacidad instalada	Producción	Importación	Exportación	Consumo aparente
2004	309,000	271,000	307,000	25,000	553,000
2005	309,000	280,000	290,000	5,000	565,000
2006	309,000	275,000	301,000	No Disponible	576,000

Fuente: Instituto Mexicano del Plástico Industrial, 2006



3.7 Situación del Polietileno en México

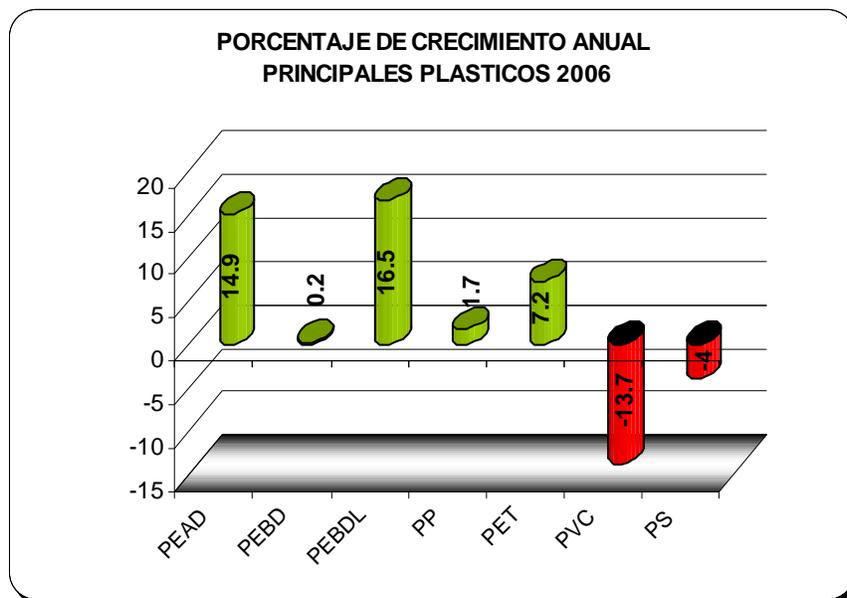
El panorama general que presenta el polietileno para México, bien podría definirse en los siguientes puntos:

- Altos costos de producción.
- Importación del 64% del consumo de polietilenos.
- Presencia de producto asiático y de medio oriente.
- Presión continua de productos finales importados.
- Oportunidades en soplado de envases, rotomoldeo y películas especiales.
- Menos del 1% de reciclado de dicho material. [2]



En la grafica 3.8, que muestra el porcentaje anual de crecimiento de los principales plástico, resalta que los polietilenos han mostrado porcentajes alentadores en sus crecimientos anuales. [9]

Gráfica 3.8



3.7.1 Transformadoras de Polietileno en México

Aproximadamente existen 2,000 empresas transformadoras de Polietileno en México, de las cuales el 42.5% (850) pertenecen al ramo de películas, el cual a su vez se divide en película para bolsa popular (rollo bolsa punteado y camiseta) donde dicta el precio y la productividad.

Las empresas transformadoras de PE deben contar con equipos avanzados tecnológicamente para lograr mejores costos y mayor producción, y no depender del costo de la resina para poder competir. El hecho es que los transformadores de resina de PE se han reducido tanto en número como en tamaño. Además sólo quedan las empresas grandes que manejan un alto volumen, o medianas y pequeñas que tienen nichos específicos. Actualmente las empresas transformadoras de PE se están viendo en la necesidad de bajar costo sin afectar calidad ya que han tenido competencia desleal.



Por otro lado el mercado de Inyección, que incluye artículos para el hogar, cubetas industriales y cajas, aunque no ha mostrado un gran crecimiento, presenta menos altibajos en sus índices comerciales que el de película, y los mercados más dinámicos son el de soplado de envases y rotomoldeo.

En México, existen muchas empresas micro y pequeñas o de “garage” que viven de la producción de una máquina manual, que compran material de segunda, no piden factura y no pagan impuestos. Lo interesante es que existen algunos distribuidores que son quienes abastecen a este sector vendiendo por kilos o sacos el polietileno. En el sector de inyección de artículos para el hogar existen discrepancias, porque existe competencia alevosa con productos de baja calidad, y otros hechos con reciclado.

El sector de la Construcción, presenta buenas oportunidades y sigue creciendo, se cree que la tubería y aplicaciones para la construcción como el caso de los tinacos y cisternas producidas por rotomoldeo, tienen un futuro interesante en México.

El mercado de la tubería ha crecido de manera considerable, debido a que el Polietileno está sustituyendo al concreto y al PVC en esta aplicación, porque absorbe los impactos y las irregularidades del terreno, además, la instalación es más sencilla y más rápida. Las aplicaciones de tubería de Polietileno se destinan para conducción de agua, instalaciones eléctricas, telecomunicaciones y conducción de gas.

El nivel de competitividad de la industria de transformación también tiene que ver con la situación económica del país, los precios de la energía, los problemas laborales, sindicatos, que hacen que los productos nacionales tengan costos elevados, es ahí donde un transformador mexicano ya no es competitivo.



3.7.2 Asia y Medio Oriente se Incorporan al Mercado Mexicano de PE

Aunque para algunos distribuidores de PE las importaciones originarias de Asia y Medio Oriente representaron una nueva competencia, para otros fue la gran oportunidad de iniciar relaciones comerciales con empresas de otros países diferentes de Estados Unidos. Como no ha habido suficiente PE en Norteamérica, y los precios estaban a la alza durante el último trimestre del 2005; no hubo mucha dificultad para traer producto de Asia con todo y los altos costos de los fletes.

Sin embargo, hay que tener claro que este escenario no será eterno, ya que en algún momento no va a ser tan conveniente pagar los altos costos del flete y los precios dejarán de ser atractivos en esas regiones, debido a que cuando empiece a aumentar la demanda de China se van a acabar los excesos de Medio Oriente.

La situación de escasez de PE en Norteamérica llegó a tal nivel, que hubo casos donde el producto llegaba en sacos de 25 kilos que tenían que abrirse para entregarlos a granel

“Como distribuidores se deben buscar nuevas fuentes de abastecimiento en el mundo, ya que en un futuro cercano, cuatro o cinco años, el PE de Estados Unidos no será suficiente y va a escasear, no obstante los proyectos previstos por PEMEX y por algunas expansiones de empresas americanas ya anunciadas”.

Logística es el nuevo nombre del juego de la compra - venta, es decir tiempo - espacio, ahora los distribuidores de PE que ofrecen los mejores tiempos de entrega son los mejor valorados, además de que son ellos los que mantienen los inventarios. En ocasiones se presentan algunas complicaciones para importar materias primas de Corea, ya que no hay suficiente disponibilidad en barcos y las aduanas son insuficientes. En Brasil se piensa que aún es incipiente la presencia del PE producido en ese país, además de que la logística de importación a veces es más complicada.



3.7.3 Perspectivas para el Futuro del Polietileno en México

Se pronostica un mejor panorama en crecimiento de volumen, estabilidad de precios, aunque estén en el nivel alto y lo único que moverá los precios es la ley de oferta demanda.

También se visualiza que habrá altibajos en los precios de las resinas. Inclusive, el consumo de Polietileno va a detonar en los próximos tres años debido la puesta en operación de la planta Swing de PEMEX. Las 300 mil toneladas anuales que PEMEX producirá va a propiciar que muchas empresas de transformación tengan la confianza de llenar su capacidad instalada. Aunque las importaciones no van a decrecer, por lo menos los primeros años, existirán empresarios que logren exportar producto terminado. PEMEX le va a dar fuerza y desfogue a sus otras plantas de Polietileno de Alta Densidad y los clientes tendrán más disponibilidad de Polietileno Lineal. Por esta razón, el mercado va a crecer, el Polietileno Lineal y el de Alta Densidad, exhiben una ligera tendencia a bajar de precio en el mercado mexicano, en la medida en que inicie la oferta por parte de la planta Swing de PEMEX.

Cuando China deja de comprar polietileno, todo el material asiático fluye hacia Europa y América, provocando que baje el precio. Pero en el 2007 la demanda interna de China ha repuntado, por lo que no habrá excedentes de material asiático y, por lo tanto, el precio del PE seguirá en los niveles altos.

Aunque los precios del PE están totalmente ligados a los precios de petróleo y de gas, la única variable para que los precios bajen es que en alguna región no haya demanda, vislumbrando una situación más estable en el balance de oferta demanda.



Capítulo 4

Aspectos Técnicos del Reciclado



4.1 Residuos Sólidos Plásticos

En los países desarrollados, las estrategias de manejo y aprovechamiento de los Residuos Sólidos Plásticos (RSP), se emplean para generar energía eléctrica por incineración. En contraste en países en vías de desarrollo como México, no existe conciencia para su uso, aunado al desinterés, la ignorancia por el reciclaje de los residuos sólidos, los convierte en basura, a pesar del actual avance tecnológico al respecto.

Los plásticos contenidos en los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) son mayoritariamente polietileno (PE) y polipropileno (PP) y en menor proporción están el poliestireno (PS), cloruro de polivinilo (PVC), polietilentereftalato (PET), entre otros.

La ingeniería ambiental, define a un residuo como "cualquier material con potencial de utilizarse como materia prima en uno o más procesos productivos subsiguientes" y emplea los términos recuperación, reciclaje y reutilización.

- **Recuperación.-** Proceso para extraer materiales: papel, cartón, plástico, vidrio, metales ferrosos y no-ferrosos, textiles y orgánicos del flujo de desperdicios sólidos para reintegrarse a la cadena de uso.
- **Reciclaje.-** Proceso por el que un material previamente recuperado del flujo de desperdicios sólidos se reintegra a la cadena de uso.
- **Reutilización.-** Utilizar un producto para un fin distinto al que tuvo originalmente.

Los RSP son un problema porque la población los arroja en las calles, en consecuencia las ciudades modernas requieren de un sistema de recolección y tratamiento eficiente, con un costo para la comunidad. Cuando el sistema de gestión de RSP es inadecuado, se genera un deterioro ambiental. Una alternativa



de resolver los problemas causados por los residuos sólidos es convertirlos en materias primas reutilizables.

Alternativas para resolver el problema de los residuos:

- **Relleno sanitario** : Es un lugar legalmente utilizado donde se depositan la basura municipal después de la clasificación o selección. Se clasifican en mecánicos y rústicos: en ambas variantes los residuos se distribuyen en 20 a 30 cm de espesor 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.
- **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 no es muy eficiente debido a que alrededor del 30% de la basura producida se queda en barrancas, ríos y calles; mientras que del 70% que llega a los tiraderos, sólo 40% se aprovecha, debido a que el otro 30% no puede separarse por consistir en materiales destruidos y en vías de putrefacción.
- **Compactación** : Este método reduce el volumen que ocupan los residuos, con la aplicación de altas presiones ejercidas sobre ellos. Este sistema no ha dado resultado porque se ha observado que estructuralmente falla la compresión.
- **Incineración** : Esta técnica consiste en eliminar la mayor parte del volumen de los residuos mediante su combustión, a través de la cual se transforman los desechos en gases, cenizas y escoria, con el fin de reducir el volumen y aprovechar la energía producida en ésta.
- **Reciclado** : Significa que todos los desechos y desperdicios que genera el ser humano en la vida cotidiana se vuelvan a integrar a un ciclo natural, industrial ó comercial mediante un proceso cuidadoso que permita llevarlo a cabo de manera adecuada y limpia. [1]



La heterogeneidad de los RSP es la principal dificultad para su gestión, existen opciones señaladas en la Tabla 4.1 que refiere a los procesos para la gestión de residuos sólidos urbanos.

Tabla 4.1

Tipo de Proceso	Proceso Especifico
Físicos.	a. Separación b. Trituración c. Compactación
Mecánicos.	a. Vertedero controlado b. Relleno sanitario
Térmicos.	a. Incineración b. Pirólisis
Químicos.	a. Hidrólisis ácida o alcalina b. Otros

Fuente: SEMARNAT, 2005

La gestión integral de los RSP se concentran en conservar recursos naturales, ahorrar energía y disminuir la generación de RSP mediante reducción, reutilización y reciclaje. Estos procesos generan algo no-reciclable, fracción que se eliminará por vertido o incineración, la que causa un grado mínimo de contaminación ambiental, se recomienda que la gestión de RSU (Residuos Sólidos Urbanos) sea mixta. [1]

La recuperación de materias primas y el reciclaje son necesarios para un desarrollo sustentable, pero en el caso de los RSP, existen intereses económicos opuestos a los de los defensores del ambiente. Esta situación confunde a la población y la induce a desperdiciarlos.



4.2 Tipos de Reciclado de Plásticos

Existen cuatro tipos de reciclaje de plásticos: primario, secundario, terciario y cuaternario. El uso de cada uno de estos tipos depende de varios factores tales como la limpieza, homogeneidad del material, el valor del material de desecho y de la aplicación final.

➤ Reciclado Primario

El tratamiento primario consiste en operaciones mecánicas para obtener un producto de características equivalentes que las del producto original. Este reciclado se aplica para el aprovechamiento de recortes de las plantas de producción y transformación. Se refiere a la trituración de los residuos plásticos para transformarlos en artículos con propiedades físicas y químicas similares a las del material original. Este es un proceso barato y rentable, ya que el residuo es homogéneo y se encuentra poco contaminado. El reciclaje primario se realiza principalmente a los termoplásticos como son: Polietileno Tereftalato (PET), Polietileno de Alta Densidad (PEAD), Polietileno de Baja Densidad (PEBD), Polipropileno(PP), Poliestireno (PS) y Cloruro de Polivinilo(PVC), gracias a la habilidad de estos a fundirse a bajas temperaturas sin ningún cambio en su estructura ya que tienen moléculas que se encuentran en un alineamiento casi paralelo. [17]



➤ **Reciclado Secundario**

Este tratamiento consiste en la fusión de desechos, los cuales son convertidos en productos de diferentes formas como pellet o película, estos presenta un gran campo de aplicaciones que son diferentes a las del plástico original. Esta tecnología es la más utilizada hasta ahora, se estima que sólo el 20% de los plásticos pueden ser reciclados de esta forma. Mediante este reciclado los desechos son convertidos en artículos con propiedades inferiores a las del polímero original. En este caso el residuo plástico utilizado proviene de una pieza ya utilizada, por lo que el material es más heterogéneo y contaminado, con la finalidad de ofrecer una buena calidad del material reciclado se agregan aditivos (como la oleamida) que dependen del material en cuestión.

Con este proceso se elimina la necesidad de separar y limpiar los plásticos, ya que la mezcla de estos con tapas de aluminio, papel, polvo, etc, se muelen juntas dentro de un extrusor. Los plásticos pasan por un tubo con una gran abertura hacia un baño de agua y luego son cortados en longitudes requeridas.

➤ **Reciclado Terciario**

El reciclado terciario, persigue el aprovechamiento integral de los elementos constitutivos del plástico, por transformación del mismo en hidrocarburos, los cuales pueden ser materias primas integrables bien nuevamente en la ruta de obtención de plásticos o en otras rutas de la industria petroquímica. Los métodos dependen del tipo de polímero. En este tipo de reciclaje el polímero es degradado a compuestos químicos básicos y combustibles. Se diferencia del reciclaje primario y del reciclaje secundario porque este involucra además de un cambio físico, un cambio químico.



➔ **Reciclaje Cuaternario**

En el reciclaje cuaternario o recuperación de energía, el residuo plástico se emplea como combustible. Este es calentado con el objeto de usar la energía térmica liberada de este proceso para llevar a cabo otros procesos, es decir el plástico es usado como combustible para reciclar energía. La recuperación de la energía de los plásticos reduce la cantidad de material depositado en los vertederos y contribuye a la conservación de los combustibles clásicos. Actualmente es muy debatido socialmente por problemas medioambientales.

4.3 Tecnologías de Reciclado de Plásticos

En la actualidad las técnicas de reciclado de plásticos son fundamentalmente tres: Mecánico, Químico y el de Recuperación de Energía.

A. Mecánico

El reciclado mecánico es un proceso físico que consiste en el tratamiento de los residuos plásticos por medio de la presión y el calor, para su posterior utilización en la elaboración de otros objetos iguales ó distintos de los iniciales, por medio del uso de residuos de termoplásticos identificados, separados por tipos, fáciles de recoger y que se puedan obtener en grandes cantidades. Este proceso se considerará exclusivamente para aquellos productos procedentes del consumo, es decir, para aquellos que ya hayan tenido una primera utilización .

Es la técnica más utilizada, la cual inicia con la recepción, selección y clasificación de los residuos plásticos. Los productos de un solo material ya separados y clasificados, pasan a una etapa de trituración o molienda en donde son fragmentados en pequeñas partículas, el producto de esta, se lava y seca para dejarlo libre de sustancias contaminantes.



El producto triturado, limpio y seco es compactado, consecutivamente se envía a una extrusora donde se funde y vuelve una masa plástica homogénea. A la salida de la extrusora se encuentra un cabezal, del cual sale una tira continua de masa plástica que es enfriada con agua, en esas condiciones pasa a un granulador y finalmente es transformada en pellets (granos plásticos).

Este sistema consiste en la transformación continua de un estado sólido a un estado de fusión, de manera que este material fundido es luego transportado y sometido a alta presión a través de un molde, cuya forma corresponde a la del producto a ser fabricado (ver figura 4.1).

Etapas del Reciclado Mecánico.



Figura 4.1

Si se trata de materiales limpios y de la misma especie, el procedimiento se facilita, pero con materiales sucios y mezclados el proceso es complicado, requiriendo de un previo acondicionamiento de los mismos.

En los casos en los que se manejan plásticos sucios, se requiere un lavado y un secado. Cuando se trate de procesar películas y fibras, se necesitará de un proceso de compactado para facilitar el manejo del material, es por ello que estos procesos se consideran como acondicionamiento previo.



Etapas del Reciclado Mecánico

A.1 Molienda

Cuando se trata de procesar desperdicios plásticos, si están limpios y son de la misma especie, solo requieren de una molienda, pero cuando están mezclados y sucios se requiere de equipos mas sofisticados para el procesamiento. Si se desea proporcionar un acabado mas uniforme, se peletiza para convertirlo en materia prima recuperada. La molienda y el peletizado se pueden realizar en forma independiente o en la misma línea de recuperación, integrados los procesos en un equipo. Se utiliza una pequeña cantidad de nitrógeno liquido para mantener la temperatura de salida del molino en el orden de $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-29\text{ }^{\circ}\text{C}$.[18]

Existen dos tipos de molienda:

Molienda en Frío.- Este proceso se lleva acabo a temperaturas entre $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-29\text{ }^{\circ}\text{C}$ necesarias para fracturar el material. Se gasta menos nitrógeno líquido y aumenta la calidad del producto al conseguir los tamaños de partículas más uniformes con menor costo y siempre.

Molienda Criogénica.- En este caso la temperatura esta cerca de los $-110\text{ }^{\circ}\text{C}$ por lo que cualquier material que se introduzca es pulverizable, pero se gasta una mayor cantidad de nitrógeno liquido, además, como se trata de una atmósfera inerte se evita todo riesgo de explosión, el tamaño de partícula es homogénea y mínima, aun cuando se introduzcan materiales mezclados.

A.2 Lavado

Cuando los desperdicios plásticos provienen de fuentes donde no se presto especial atención a la limpieza es necesario quitar la suciedad antes de moler el material. De no ser así, se muele primero y después se lava en tinas de agua.



Cuando el plástico presenta contaminantes de metales, es necesario separarlos antes de la molienda utilizando unos magnetos y si se presenta cable eléctrico, por ejemplo el cobre, lo separamos por una decantación.

A.3 Secado

El material limpio es pasado a una secadora, aquí depende de la variable tiempo, si se necesita tener el material a un ritmo de secado constante relativamente corto (1 hora) se utiliza una secadora especializada, en caso de que el material no se requiera constantemente se utilizan los beneficios del sol, siempre y cuando el clima lo permita, esto generaría ahorro de energía.

A.4 Compactado

En los compactadores el material es impulsado a un movimiento circular, por efecto de las cuchillas ofreciendo por fricción un alto autocalentamiento. Se logra la temperatura de semi-plastificación, se introduce agua que por una reacción térmica produce el agrietamiento y solidificación del material granulándolo posteriormente por las cuchillas. Después de hacer funcionar el extractor de vapor el material es descargado por centrifugación.

A.5 Peletización

Consiste en un proceso de extrusión con un dado especial a base de un plato perforado con orificios de aproximadamente 2 mm. de diámetro, el plástico sale fundido y homogeneizado, para posteriormente ser cortado. Cuando el corte se realiza por medio de cuchillas a la cabeza del dado se denomina peletizado en caliente y cuando se forman tiras que se enfrían en tinas de agua y después se cortan, se denomina peletizado en frío. La tecnología de peletizado difiere en el tipo de diseño de husillos de la extrusión. Prácticamente todas las firmas que fabrican extrusores ofrecen líneas de peletizado. El resultado es un granulado con características similares a un peletizado y perfectamente compatibles con materias vírgenes.



Los plásticos que son reciclados mecánicamente provienen de dos grandes fuentes:

- De los procesos de fabricación, es decir, los residuos que quedan al pie de la máquina, tanto en la industria petroquímica como en la transformadora. A esta clase de residuos se la denomina scrap. El scrap es más fácil de reciclar porque está limpio y es homogéneo en su composición, ya que no está mezclado con otros tipos de plásticos. Algunos procesos de transformación (como el termoformado) generan el 30-50% de scrap, que normalmente se recicla.

-Los residuos plásticos proveniente de la masa de Residuos Sólidos Urbanos (RSU).

Estos se dividen a su vez en tres clases:

- **Residuos plásticos de tipo simple:** Han sido clasificados y separados entre sí los de distintas clases.
- **Residuos mixtos:** Los diferentes tipos de plásticos se hallan mezclados entre sí.
- **Residuos plásticos mixtos combinados con otros residuos:** Papel, cartón, metales.

En el reciclado mecánico no siempre se puede asegurar una buena y constante calidad del producto final, ya que para esto se requieren grandes cantidades de residuos plásticos limpios, separados y homogéneos, lo que resulta complicado ya que la mayoría de las veces los residuos se encuentran sucios, lo que da como resultado la obtención de un plástico más pobre en cuanto a propiedades refiere, comparado con resina virgen, por lo que los productos hechos de plástico reciclado de esta manera se dirigen a mercados finales de precios bajos.



B. Químico

En este tipo de reciclado los residuos y las piezas usadas de plástico se descomponen a través de un proceso químico en los componentes más sencillos de partida, se trata de diferentes procesos mediante los cuales las moléculas de los polímeros son craqueadas dando origen nuevamente a materia prima básica que puede ser utilizada para fabricar nuevos productos de muy buena calidad. El reciclado químico permite producir plásticos nuevos con la misma calidad que un polímero original. Este se aplica solamente a los materiales termoplásticos logrados por poli-condensación.

Por sus características, es viable su aplicación a mezclas de distintos polímeros, como a polímeros termoestables, por lo que es un complemento adecuado al reciclado mecánico. Algunos métodos de reciclado químico ofrecen la ventaja de no tener que separar los diferentes tipos de plástico, es decir, toman residuos plásticos mixtos, con lo que se reducen los costos de recolección y clasificación. Este tipo de reciclado contribuye con la optimización y ahorro de los recursos naturales al reducir el consumo de petróleo crudo para la industria petroquímica. [19]

Etapas del Reciclado Químico

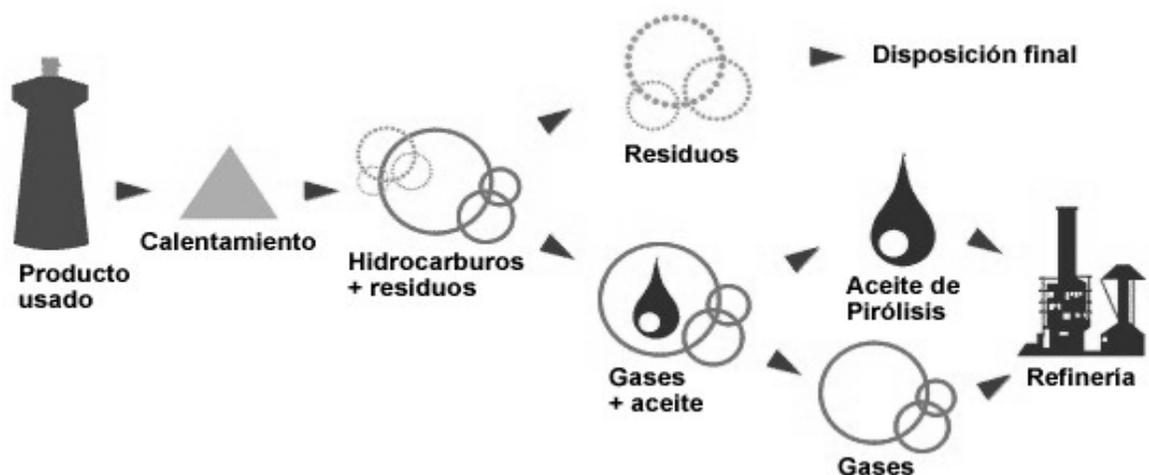


Figura 4.2



Entre los principales procesos del reciclado químico se encuentran:

B.1 Pirólisis

Es el craqueo de las moléculas por calentamiento en el vacío. Este proceso genera hidrocarburos líquidos ó sólidos que pueden ser luego procesados en refinerías. Es considerado como un reciclado termoquímico y se realiza de 500-900 °C, sin presión y sin oxígeno.

B.2 Hidrogenación

En este caso los plásticos son tratados con hidrógeno y calor. Las cadenas poliméricas son rotas y convertidas en un petróleo sintético que puede ser utilizado en refinerías y plantas químicas. También pertenece al reciclado termoquímico y se realiza de 300-500 °C y de 10 – 40 Mpa.

B.3 Gasificación

Los plásticos son calentados con aire o con oxígeno. Así se obtienen los siguientes gases de síntesis: monóxido de carbono e hidrógeno, que pueden ser utilizados para la producción de metanol y/o amoníaco e incluso como agentes para la producción de acero en hornos de venteo. Es considerado como un reciclado termoquímico y puede trabajar con mezclas de plástico, aunque esto provoca una gran desvalorización del desecho. Esta se lleva a cabo bajo las siguientes condiciones: de 900 – 1400 °C y de 0-6 Mpa, oxígeno y agua.

B.4 Quimiólisis

Es una ruta más desarrollada industrialmente que la térmica, es aplicable solamente a polímeros de condensación (poliésteres, nylon y poliuretanos), los cuales tienen grupos funcionales unidos por enlaces débiles que son susceptibles de disociación por ataque con determinados agentes químicos.



Requiere altas cantidades separadas por tipo de resinas. Consiste en la aplicación de procesos con presencia de solventes para reciclarlos y transformarlos nuevamente en sus monómeros básicos para la repolimerización en nuevos plásticos.

Según el agente utilizado las vías de tratamiento son: Metanólisis, glicólisis e hidrólisis.

⇒ Procesos de metanólisis (con metanol)

⇒ Glicólisis (con etilenglicol)

Estas dos vías de tratamiento eliminan impurezas de los plásticos y los compuestos obtenidos se pueden dedicar a la fabricación de artículos con restricciones de calidad.

Como ejemplo el poliéster (PET), es descompuesto en sus moléculas básicas, incluido el dimetiltereftalato y el etilenglicol, los cuales pueden ser luego repolimerizados para producir resina virgen.

Estos procesos tienen diferentes costos y características. Algunos, como la metanólisis, requieren residuos plásticos separados por tipo de resina. En cambio la pirólisis permite utilizar residuos plásticos mixtos. [19]

El reciclaje avanzado de plásticos representa un adelanto tecnológico significativo que en el caso de algunos polímeros está supliendo ya procesos de reciclaje mecánicos existentes. Estos procesos señalan un adelanto técnico significativo de los plásticos que reciclan, ya que después de la purificación, son idénticos a las materias de base actuales y a los monómeros usados para producir los plásticos nuevos. Este tipo de tecnologías están basadas en investigación de Universidades extranjeras y se encuentran en desarrollo principalmente en USA y Europa, por motivos económicos se encuentran patentados por leyes internacionales.



C. RECUPERACIÓN DE ENERGÍA

Es la recuperación de la energía contenida en los plásticos a través de procesos térmicos. utilizando los residuos plásticos como combustible en la producción de energía (ver figura 4.3).

Para muchos plásticos la recuperación energética es más beneficiosa que el reciclado mecánico o químico para el medio ambiente,. Esta alternativa está especialmente indicada para aquellos residuos que presentan deterioro o suciedad, ya que no es necesario limpiarlos.

El aprovechamiento energético se aplica en varios países (ej. España e Inglaterra), sobre todo con el polietileno tereftalato (PET) que es un polímero formado sólo por átomos de carbono, oxígeno e hidrógeno, por lo cual, al ser quemado, sólo produce dióxido de carbono y agua, con desprendimiento de energía.

La combustión es una idea interesante desde la perspectiva de recuperación de energía de los materiales plásticos, los cuales poseen un elevado poder calorífico (PE, 43- 46 MJ/kg; PP, 44 MJ/kg; PS, 40 MJ/kg; PVC, 20 MJ/kg, etc.). Sin embargo, la combustión debe estar sujeta a fuertes controles medioambientales, para neutralizar los residuos sólidos y los efluentes gaseosos (como cloruro de hidrógeno de la combustión del PVC).

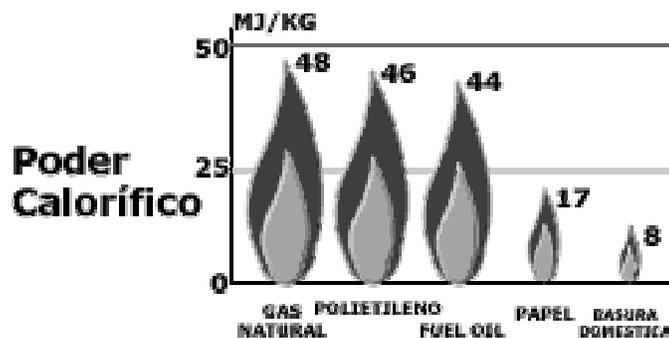


Figura 4.3



En la recuperación energética se resuelven conjuntamente dos problemas importantes: la eliminación de residuos y la reducción del consumo de energías no renovables.

Etapas de la Recuperación de Energía

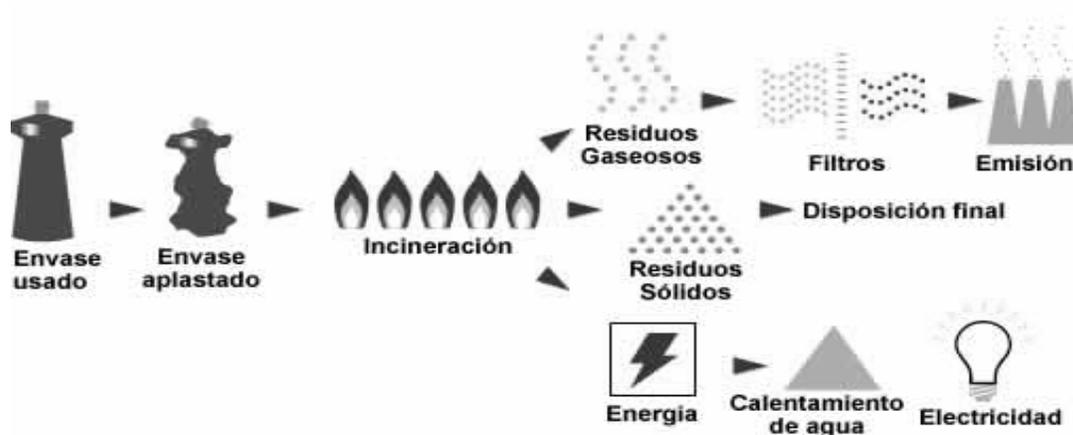


Figura 4.4

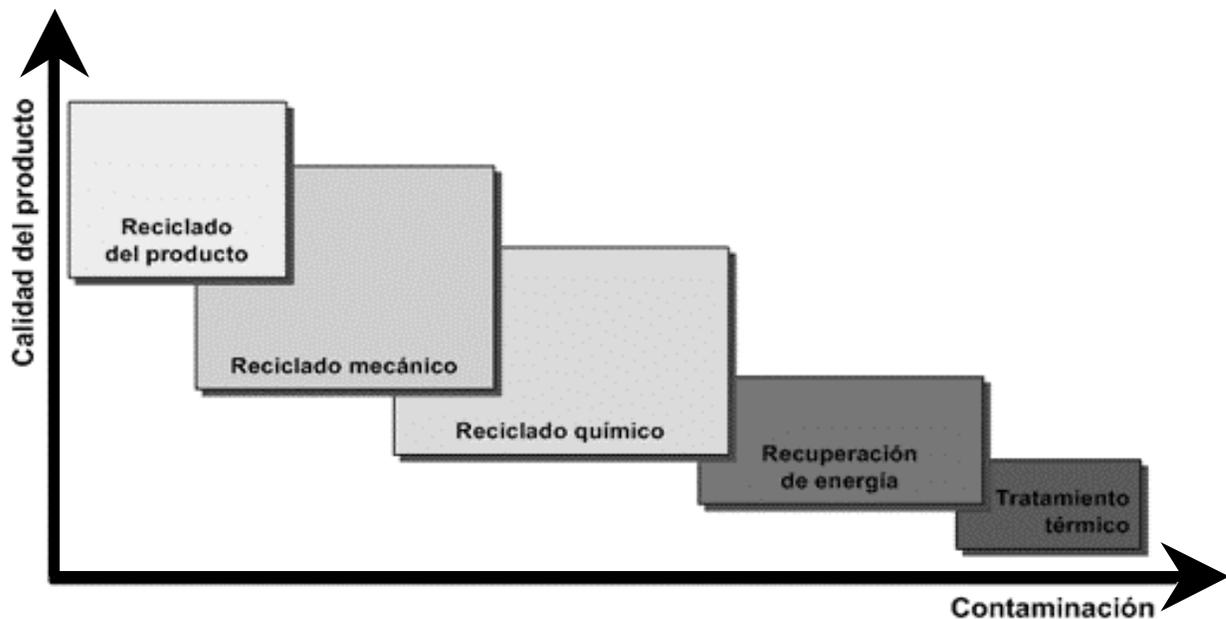
Los residuos plásticos son demasiado valiosos como para disponerlos en un relleno sanitario, debido a que pueden ser aprovechados como una poderosa fuente de energía. La incineración limpia con recuperación energética representa ya la principal forma de valorización de los residuos plásticos en Europa, Estados Unidos y Japón, aunque es poco utilizada en los países en vías de desarrollo.

La grafica 4.1 muestra como el tratamiento de reciclado realizado está ligado a la calidad del producto obtenido y a la contaminación que produce. Por ejemplo, el re-uso del mismo producto nos da un material de muy buena calidad respecto al original y una contaminación baja, como contraparte se encuentra el tratamiento térmico, donde es muy pobre la calidad obtenida en el producto y presenta una alta contaminación.



4.4 Elección del Proceso

Eficiencia del Reciclado de Plásticos



Gráfica 4.1

Basándonos en lo que se observa en la grafica 4.1 se dice que el proceso de reciclado que se tomará en cuenta para este trabajo será el mecánico, dado que es el más noble con el medio ambiente y ofrece una calidad razonable de producto, cabe mencionar que actualmente es el proceso de reciclado mas estudiado por la humanidad y casi todos los plásticos pueden reciclarse con éxito para segundas aplicaciones, sin que ello repercuta de manera significativa en el medio ambiente. Una vez que el material inicial se encuentra limpio y triturado, el proceso de reciclaje mecánico de los residuos plásticos es muy parecido al proceso original de producción de las distintas aplicaciones. Los otros dos procesos de reciclado generan residuos en todos los estado de la materia, gas, sólido y liquido; esto generaría problemáticas que aun se encuentran en estudio para conocer la disposición final óptima de estos residuos.

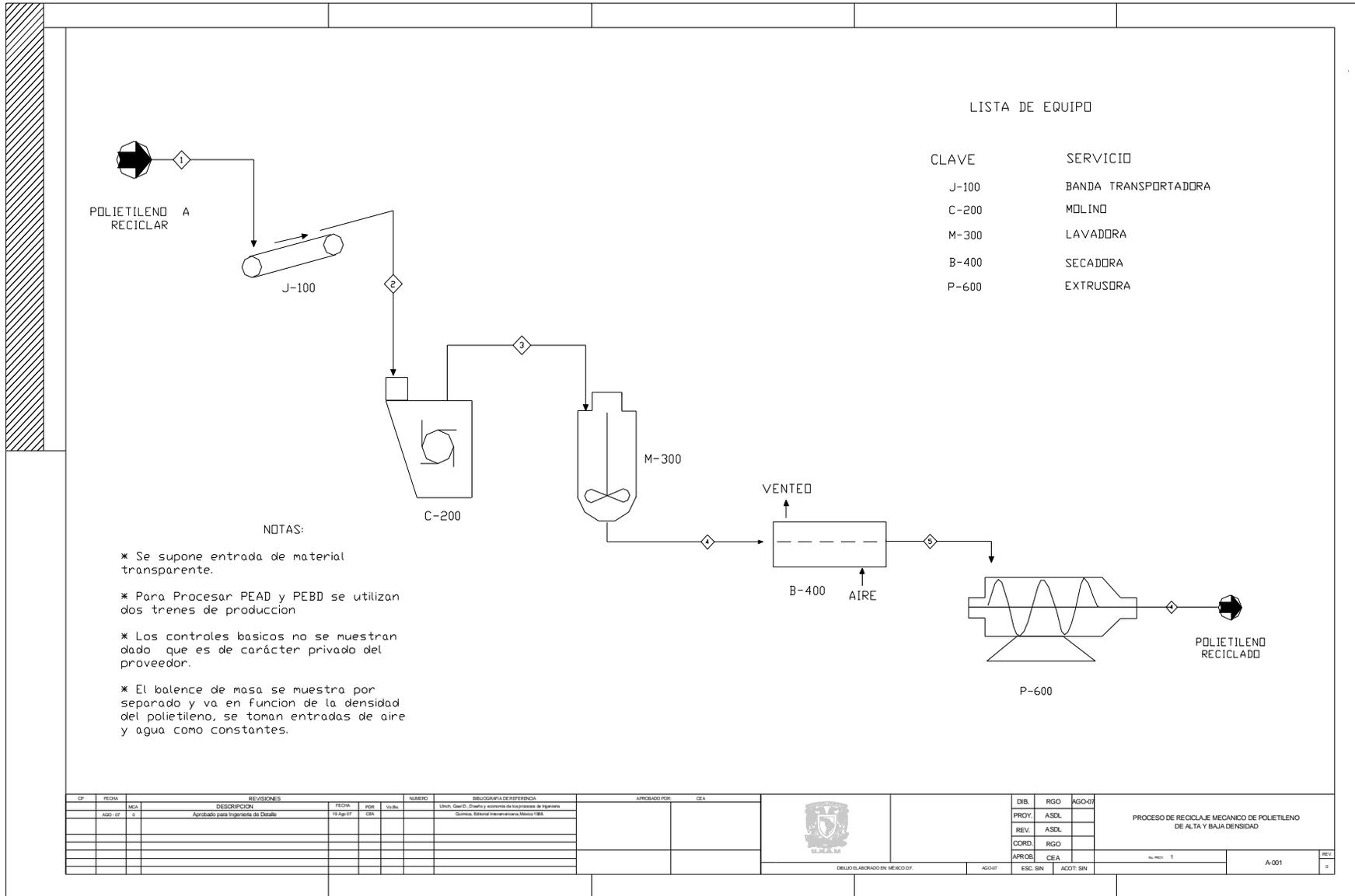


4.5 Descripción del Proceso

El proceso inicia con la recepción y selección de polietileno de alta y baja densidad, (si es scrap este paso se omite), después se hace pasar por una banda transportadora J-100 hacia un molino C-200 con la finalidad de homogeneizar el tamaño de partícula. Ya con esta característica la hojuela de polietileno es lavada y secada en un mismo equipo aunque representado en dos, M-300 y B-400, su función principal es eliminar cualquier contaminante que pueda ser acarreado por las hojuelas, como papel, impresiones, etc. El lavado es una parte importante de este proceso ya que debe llevarse a cabo para la prevención de contaminación de producto final, dependiendo el grado de impurezas puede llevarse a cabo con agua ó con una solución de sosa, este paso se lleva a cabo de acuerdo a la contaminación de la materia prima. El agua utilizada en el proceso de lavado se puede utilizar como servicio auxiliar para enfriamiento de equipos ó puede ser tratada para su reutilización, mediante un filtrado y una neutralización, mientras que el secado se lleva a cabo en forma de centrifugado. Finalmente con la hojuela seleccionada, limpia y seca es procesada con un extrusor P-600, este extrusor funde y vuelve al plástico una masa plástica homogénea. A la salida de la extrusora se encuentra un cabezal, del cual sale un “espagueti” continuo que es enfriado con agua. Enseguida, el “espagueti” es picado en un granulador transformando el material en pellet (granos plásticos) de 2 mm de diámetro, los pellets son ensacados para su disposición en un proceso alterno. Las temperaturas que se manejan van de los 0 a los 150°C. La parte crítica del proceso es en el extrusor es por ello que se cuenta con elementos de control de operación, como nivel, presión y temperatura.



Diagrama de Flujo de Proceso





Balance de Masa

Se considera un Factor de Servicio de la planta de 0.71 es decir 260 días de trabajo al año, llevando a cabo una semana de lunes a viernes en un horario de 8 horas. Con los siguientes lineamientos.



Se producirán aproximadamente 75 kilogramos de pellets reciclados de polietileno por hora. Lo que nos derivara en una producción total anual de 156 Toneladas.



Diariamente se dispondrá de mas de 600 Kilogramos de materia prima.



Se procesaran los polietilenos de alta y baja densidad. Dando mayor prioridad al de alta densidad.

Balance de Masa





Balance de Masa de PEAD				
Elemento	% Peso	Alimentación Kg/hr	Producto Kg/hr	Residuos Kg/hr
(C) Carbono	0.751	57.827	56.670	1.157
(H)Hidrógeno	0.124	9.548	9.357	0.191
(O)Oxígeno	0.000	0.000	0.000	0.000
(N)Nitrógeno	0.014	1.078	1.056	0.022
(S)Azufre	0.016	1.232	1.208	0.024
Cenizas	0.095	7.315	7.169	0.146
Total	1.000	77.000	75.460	1.540

Balance de Masa de PEBD				
Elemento	% Peso	Alimentación Kg/hr	Producto Kg/hr	Residuos Kg/hr
(C) Carbono	0.852	65.604	64.292	1.312
(H)Hidrógeno	0.142	10.934	10.716	0.218
(O)Oxígeno	0.000	0.000	0.000	0.000
(N)Nitrógeno	0.001	0.077	0.075	0.002
(S)Azufre	0.001	0.077	0.075	0.002
Cenizas	0.004	0.308	0.302	0.006
Total	1.000	77.000	75.460	1.540

Nota: Los residuos pueden ser reintegrados al proceso y utilizarlos hasta agotarlos al máximo.



Capítulo 5

Localización del Proyecto



5.1 Factores de Selección

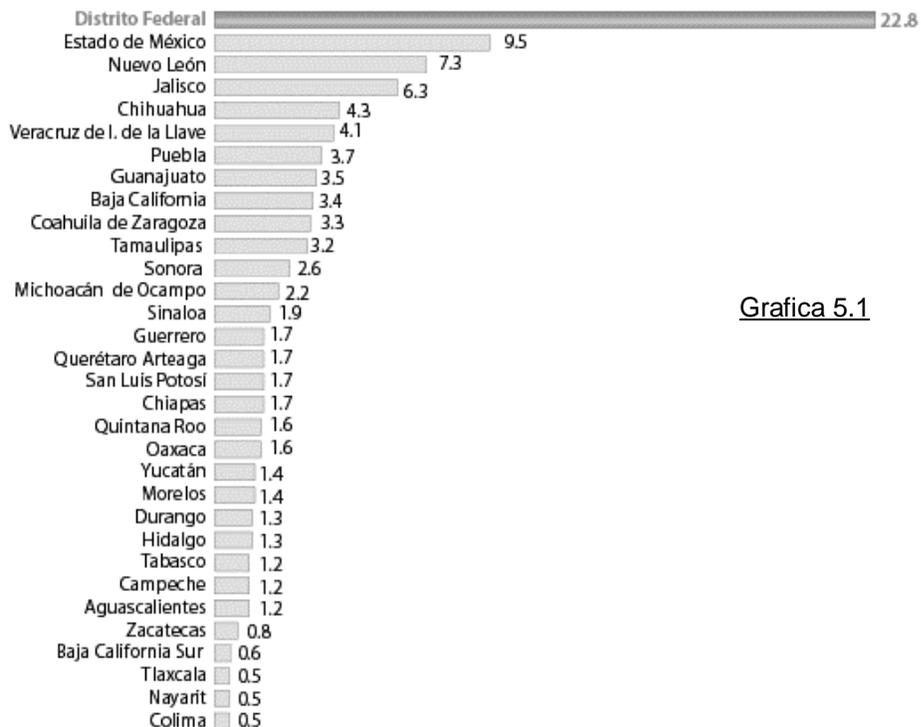
Los lugares a comparar para establecer como sede de este proyecto son:

- a) Distrito Federal (Zona Oriente)
- b) Estado de México (Cd. Nezahuálcoyotl)

Existen dos grandes razones para buscar un sitio dentro de estas zonas y estas son:

En cuanto a aportación al Producto Interno Bruto por región en México, estas dos entidades se encuentran dentro de los primeros lugares, primer y segundo lugar de acuerdo con lo que se observa en la Grafica A. Esto nos hace referencia a que son los sitios con mejor contribución económica dentro del país y por tanto del mayor crecimiento económico a nivel nacional.

Gráfica de comparación de participación de cada entidad al PIB nacional



Grafica 5.1



Gran Presencia de la Industria del Plástico en estas Regiones

Dos terceras partes del gremio de la industria del plástico se encuentran ubicados en el D.F. y Estado de México, en cuanto a transformadoras de plástico en estos sitios, el D.F. cuenta con 800 unidades, contando a la Delegación Iztapalapa como la de mayor proporción de afluencia de este tipo de empresas con un 24%, mientras que el Estado de México tiene concentradas 650, estas se encuentran distribuidas sin un patrón que indique un lugar de preferencia, pero cabe señalar que los municipios que se puedan mencionar, son considerados zonas metropolitanas, del Distrito Federal [8].



Los anteriores parámetros son importantes ya que ambas zonas son de gran relevancia para la industria plástica, lo que permitiría un buen margen de competencia e intercambio entre empresas del mismo giro, aunado a esto la materia prima, parámetro que es tratado mas adelante.



5.2 Selección de Localización del Proyecto

Siendo la localización de la planta uno de los aspectos importantes que interviene en el desarrollo de una estrategia comercial se han tomado en cuenta algunos aspectos, entre ellos los más importantes y los considerados para estos procesos en particular son:

1. Disponibilidad de Materia Prima
2. Vías de Comunicación
3. Disponibilidad de Servicios
4. Disponibilidad de Terreno
5. Control de Contaminación
6. Escolaridad (Factor Humano)

1.- La Disponibilidad de Materia Prima.

Tanto la zona oriente del DF y Cd. Nezahuálcoyotl cuentan con suficientes fuentes de abastecimiento ya que por su cercanía con los distribuidores (Basureros) se puede facilitar el servicio; del Distrito Federal a fluido a lo largo de los años, gran cantidad de basura a Ciudad Nezahuálcoyotl y en estos basureros se calcula que se desechan alrededor de 43.2 toneladas de polietileno diarias, las cuales pueden fácilmente ser canalizadas para su reutilización.

2.- Vías de comunicación*.

- a) D.F.
 - Cuenta con un Aeropuerto Internacional
 - 1 405, Oficinas postales
 - 17, Oficinas de telégrafos
 - Medios de comunicación masiva (Radio y Televisoras)
 - 244, Unidades en Servicio del Transporte Colectivo Metro



b) Cd. Nezahuálcoyotl*

- Transporte colectivo 48 rutas.
- Tramos carreteros con salidas a Puebla, Toluca, Hidalgo, Texcoco.
- Vías férreas.
- Oficinas Postales
- Proyectos del Servicio del Transporte Colectivo Metro
- 1 Estación del Servicio del Transporte Colectivo Metro
- Circuito Mexiquense de Transporte

Es conveniente decir que las vías de comunicación de ambos lugares son adecuadas y de carácter importante para los demás estados, en ciertas ocasiones es necesario utilizar las vías de ambos lugares para llegar a un tercer destino. Es de comentar también que a nivel nacional la infraestructura carretera es insuficiente, la mayoría se encuentra en mal estado y además son de las mas caras del mundo.

* Estos datos fueron tomados del anuario 2005 de Cd. Nezahuálcoyotl.

3.- Disponibilidad de servicios.

- a) El servicio de agua entubada en 10 años se incrementó en 1.31%, el drenaje en 3.93% y la energía eléctrica en 0.54%. Al ser el centro urbano del país los servicios son precisos pero debido a la explosión demográfica estos suelen ser ciertas veces insuficientes por la afluencia de uso que tienen, generando cierta limitación en el uso de servicios.
- b) La mayoría de los servicios han tenido auge en este municipio desde el año 1995, al ser considerada zona metropolitana, cuenta con los servicios necesarios de vivienda y desarrollo (pequeñas empresas). Aunque en ocasiones presenta la problemática ciudadana.



4.- Disponibilidad de terreno

- a) El Distrito Federal tiene una extensión territorial de 1,486 kilómetros cuadrados (Km²), por ello es la entidad federativa más pequeña a nivel nacional. Representa 0.1% de la superficie del país. Contrastado con el segundo lugar a nivel nacional por su número de habitantes, se deduce que en el D.F. es un área de gran explosión demográfica, razón por la cual se encarecen los medios, esto se traduce en el desorbitante aumento de precios por la adquisición de un terreno ó lugar de residencia, y llega a doblar su cifra si este se utilizara como un giro comercial y/o industrial. Lo que ha derivado en que la zona centro del país crezca día con día en dos sentidos población e infraestructura.
- b) El municipio de Nezahuálcoyotl tiene un territorio de 63.44 kilómetros cuadrados, que corresponde al 9.4% del total de territorio del Estado de México, y se asienta en la porción oriental del Valle de México, colindando con varias delegaciones del distrito federal y algunos municipios de los más importantes del Estado. La adquisición de un terreno para giro industrial presenta dos escenarios importantes para los emprendedores, uno de ellos es la existencia de un parque industrial que cuenta con espacios disponibles a precios razonables, y otro es que se esta planeando una zona industrial colindante con el D.F. y Ecatepec, en el que las autoridades municipales están otorgando facilidades para la obtención de giros y disposición de terrenos.[20]



5.- Control de contaminación

En ambos sitios el problema de contaminación ha sido clave en las últimas décadas y por tanto se cuenta con programas anticontaminantes que deben cumplirse, de lo contrario se aplican sanciones económicas a quien resulte responsable. Como ejemplo “El Programa Vehicular Hoy No Circula”, industrialmente hablando se cuenta con marcos legales ecológicos que deben cumplirse a nivel nacional y que son ejecutados por dependencias gubernamentales. Para comprender la legislación en este apartado se hizo un anexo especial que se encuentra ubicado en páginas más adelante (Anexo 1)

6.- Escolaridad (Factor Humano)

- a) En el Distrito Federal, el grado promedio de escolaridad es de: un poco más de tercero de secundaria (al cual le corresponde un promedio de 9.6). cuenta con alrededor de 10, 003 centros educativos.

- b) El porcentaje de la población analfabeta con 15 o más años de edad disminuyó 15 puntos porcentuales; también, por cada 100 escuelas que existen, 54 pertenecen a la educación primaria y 17 a preescolar, por lo que 95 de cada 100 habitantes de entre 6 y 14 años asisten a la escuela; en la actualidad he existido la creación de universidades y preparatorias del tipo privado que ha manejado un crecimiento importante en los últimos tres años. [INEGI, 2005]

Es de reconocer que ambos lugares cuentan con mano de obra calificada, disponibilidad de técnicos y disponibilidad de profesionistas en caso de que se requiera ya que muchos de los habitantes de Nezahuálcoyotl estudian en el D.F. por lo que en este aspecto no habría descompensación alguna en cuanto a la decisión de este parámetro.



En la Tabla 5.1 se marcan todos los factores de selección señalados:

Tabla 5.1

FACTORES DE SELECCIÓN PROPUESTOS	DISTRITO FEDERAL (Zona Oriente)	NEZAHUALCOYOTL
DISPONIBILIDAD DE MATERIA PRIMA	Principal generador	Único Receptor
VIAS DE COMUNICACIÓN	Actualmente Insuficientes	Regulares
DISPONIBILIDAD DE TERRENO	Costo Elevados	Opciones Importantes
CONTROL DE CONTAMINACION	Programas Rígidos	Programas Rígidos
RECURSOS HUMANOS		
MANO DE OBRA CALIFICADA	La necesaria	La necesaria
DISPONIBILIDAD DE TECNICOS	Exceso	Exceso
DISPONIBILIDAD DE PROFESIONALES	Necesarios	Necesarios

5.3 Evaluación de Zonas Propuestas

a) Distrito Federal

Ventajas:

Cuenta con vías de comunicación adecuadas.

Cuenta con los recursos humanos necesarios.

Cuenta con suficientes servicios auxiliares para alimentar la planta.

Desventajas:

No cuenta con el terreno suficiente para la instalación de la planta.

Trámites tardíos para poder licitar una empresa (Burocracia).



b) Nezahuálcoyotl

Ventajas:

Cercanía con fuentes de abastecimiento de materia prima.

Importantes vías de comunicación.

Servicios industriales necesarios en las dos zonas industriales

Facilidades para obtención de sede por parte del gobierno municipal.[20]

Cuenta con recursos humanos suficientes

Agilidad de trámites para poder licitar una empresa.[20]

5.4 Conclusión de Localización

Como se aprecia en la Tabla 5.1 la mejor opción para ubicar el proceso es en Cd. Nezahuálcoyotl, ya que cuenta con todos los factores mencionados, además de que el gobierno municipal permite ciertas facilidades en lo trámites para poder licitar una empresa, para complementar dicha decisión, la Cámara Nacional de la Industria de la Transformación (Canacintra) ha informado que el gobierno federal impone “innumerables” trámites que tienen que cumplir los empresarios del país, a diferencia del gobierno de Nezahuálcoyotl que aplica programas de desarrollo social para poder incorporar de forma eficiente a los comercios y empresas a la cadena productiva del municipio.



5.5 Lugar Seleccionado del Proyecto

- **Población**

Nezahuálcoyotl tiene una de las más altas tasas de densidad de población del país y del mundo, concentrando a 19,324 habitantes por kilómetro cuadrado; está conformado por 85 colonias, y lo habitan, aproximadamente un millón 226 mil personas, en tanto que 99 de cada 100 hogares cuentan con energía eléctrica y drenaje y 98 de cada 100 tienen agua entubada. Por último, 43 de cada cien personas de este municipio están afiliadas a alguna institución de salud, siendo el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), quien atiende a 74 de cada 100 derechohabientes. [Fuente Anuario de Cd. Nezahuálcoyotl 2005]

- **Sectores Económicos, Empleo y Comercio**

Debido al carácter urbano del municipio no se realizan actividades directamente vinculadas a la agricultura, selvicultura y acuacultura, sin embargo de manera indirecta estas actividades se relacionan con el consumidor final a través de la actividad comercial.

Según la última información del INEGI, la industria manufacturera registró 4231 unidades económicas, que ocupan a casi 17 mil personas; dentro de ese sector los subsectores de productos alimenticios, bebidas, y tabaco absorben el 39 por ciento de dichas unidades y el 32 por ciento del personal ocupado; el de textiles, prendas de vestir e industria del cuero 14 por ciento para el primer rubro y el 20 por ciento para el segundo; la industria de la madera y muebles tiene el 13 por ciento de unidades y 11 por ciento de personal; el de productos metálicos, maquinaria y equipo participa con 20 y 19 por ciento respectivamente de las unidades económicas y 82 por ciento del personal ocupado.



En lo que se refiere al comercio, existían 22,410 unidades económicas ocupando a casi 39 mil personas, siendo esta actividad la de más participación como fuente de ingresos y personal ocupado en el municipio; los sectores privados no financieros tenían 14,625 unidades y una ocupación cercana a 31 mil personas. Prácticamente el 95 por ciento de los establecimientos se ubican en el rango de microempresa, sin embargo no se tiene un padrón actualizado que identifique a estas empresas.

- **Empleo**

Nezahuálcoyotl, en comparación con los municipios más importantes del Estado de México –Naucalpan, Tlalnepantla, Ecatepec y Toluca-, tiene menos personas ocupadas y con las más bajas remuneraciones.

El índice de desempleo en el municipio es de 5.8 arriba de la media nacional que es de 4.2. En Nezahuálcoyotl hay 66 mercados públicos (48 en zona centro y 18 en zona norte) que concentran un total de 11,872 puestos; además se instalan 48 tianguis o mercados sobre ruedas en la zona centro y 12 más de éstos en la zona norte, logrando satisfacer la demanda del servicio e incluso compradores de municipios y delegaciones colindantes acuden a estos lugares. [Fuente Anuario de Cd. Nezahuálcoyotl 2005]



- **Futuro Económico**

La administración municipal cuenta con un padrón aproximado a 18 mil comercios y micro pequeñas industrias, que demandan la reducción de trámites para hacer más eficientes sus negocios. Asociado a ello, nuevos comercios solicitan permisos de apertura para integrarse a la cadena productiva y crear fuentes de empleo.

En este sentido el Centro de Atención Empresarial entró en función a fines del mes de marzo del año pasado, entre sus funciones, dar servicio a través de personal especializado para orientar a los usuarios a realizar trámites de apertura de negocios, renovación de licencias y pago de impuestos de forma rápida y en una sola ventanilla de servicio. En esta acción las diversas direcciones: Obras Públicas, Tesorería, Ecología, Finanzas y Reglamentos, entre otras están coordinadas para eficientar los trámites. Uno de los objetivos de la Dirección de Desarrollo Económico, es realizar la gestión de expedición de permisos, licencias de funcionamiento, instalación, cambio de propietario, cambio de domicilio, ampliación o reducción de giros de empresas, ya sean de industria, comercio o servicios, así como permisos para la utilización de la vía pública, maniobras y anuncios en la vía pública y las que determinen las disposiciones legales aplicables.

Nezahualcóyotl, cuya ubicación lo coloca dentro de los municipios de la zona Metropolitana del Valle de México que en conjunto generan el más alto porcentaje del Producto Interno bruto PIB en el Estado de México, espera ser competitivo en su comercio e industria municipal. [Fuente INEGI]



5.6 Ubicación del proyecto

En Cd. Nezahuálcoyotl, específicamente en la zona industrial, mejor conocida como Parque Industrial Nezahuálcoyotl, existe la oportunidad de comprar o rentar espacios con giro industrial, la mayoría con las siguientes especificaciones:

- ▶ Uso de Suelo Industrial (Planos autorizados incluidos).
- ▶ Áreas limpias, es decir sin columnas en medio, cien por ciento techadas.
- ▶ Instalación eléctrica de 3 y 4 fases.
- ▶ Con cisterna, tinacos y bombas centrífugas, el equipo completo maneja capacidades mínimas de 6,000 litros.
- ▶ Cuentan con áreas administrativas y de personal, 2 baños y vestidores para cada área.
- ▶ Las entradas son amplias para la entrada de trailer en caso de ser necesario.

Por lo regular se manejan espacios de entre setecientos y mil metros cuadrados, siendo estas medidas cabales para este tipo de proyectos. Por tanto y haciendo uso de estas características el plano A-002 muestra la distribución de áreas de este proyecto.



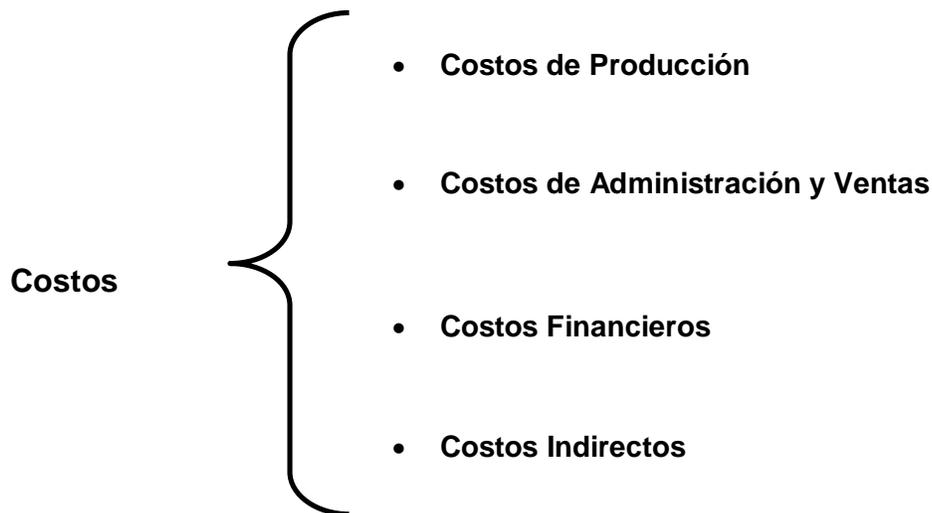
Capítulo 6

Estudio Económico



6.1 Costos de Proyecto

La evaluación económica de un proyecto es una técnica de planeación y la forma de tratar el aspecto contable no es tan rigurosa ya que las cifras se redondean al millar mas próximo. La evaluación de un proyecto industrial se lleva a cabo en 2 grandes áreas, la técnica y la económica, sin embargo, las decisiones adoptadas en los aspectos técnicos del proyecto se reflejarán necesariamente en su economía. En una evaluación existen muchos tipos de costo que se aprecian de la siguiente manera:



- **Costos de Producción**

Los costos de producción están formados por diferentes componentes como:

- a) **Materias primas:** Son aquellos materiales que entran y forman parte del producto terminado. Estos costos incluyen fletes de compra, de almacenamiento y de manejo.



- b) Mano de obra directa: Es la que se utiliza para transformar una materia prima en producto terminado. Se puede identificar en virtud de que su monto varía casi proporcionalmente con el número de unidades producidas.
- c) Mano de obra indirecta: Es aquella necesaria en el departamento de producción, pero no interviene directamente en la transformación de las materias primas. Por ejemplo, personal de control de calidad.
- d) Materiales indirectos: Estos forman parte auxiliar en la presentación del producto terminado sin ser el producto en si.
- e) Costos de los insumos: Todo proceso productivo requiere una serie de insumos para su funcionamiento también llamado insumos auxiliares. Agua, energía eléctrica, combustibles, vapor, detergentes, gases industriales, reactivos para control de calidad, aire, etc.
- f) Costos de mantenimiento: Este servicio se contabiliza por separado, en virtud de las características especiales que se puedan presentar. Se puede dar mantenimiento preventivo y correctivo a equipos y a la planta.
- g) Cargos por amortización: Este tipo de cargos están utilizados por la ley, en caso de aplicarse a los costos de producción se deberá incluir todo el activo fijo.

- **Costos de Administración y Ventas**

Estos costos provienen de realizar la función de administración dentro de la empresa. Sin embargo, tomados en un sentido amplio, puede no solo significar los sueldos del gerente, contadores, auxiliares, secretarias, así como los gastos de oficina en general. Una empresa de cierta envergadura puede contar con direcciones de planeación, investigación y desarrollo, recursos humanos y



selección de personal, relaciones públicas, finanzas ó ingeniería, (aunque este costo podría cargarse a producción) esto implica que fuera de las otras áreas de la empresa que son producción y ventas, los gastos de todos los demás departamentos que puedan existir en la empresa se cargarán a administración y costos generales. Por ejemplo investigación y desarrollo de nuevos mercados.

- **Costos Financieros**

Son los intereses que se deben pagar en relación con capitales obtenidos en un préstamo. Algunas veces estos costos se incluyen en los generales y de administración pero lo correcto es registrarlos por separado, ya que un capital prestado puede tener usos muy diversos y no hay porque cargarlo a un área específica.

- **Costos Indirectos**

1.-Ingeniería y supervisión

El costo de la ingeniería de proyecto y de proceso, el costo de diseño y planos, el costo de la ingeniería de procura, viáticos y gastos de oficina se incluyen en la inversión del capital para la ingeniería y supervisión.

2.-Gastos generales de construcción

Otros gastos que se incluyen en los gastos indirectos de una planta son los gastos generales de construcción o de campo, incluyen: construcción temporal, equipo y herramientas de construcción, nóminas, seguros, impuestos entre otros.



3.-Honorarios de contratistas

Estos varían en cada tipo de proyecto y situación, pero pueden ser estimados como el 2 al 3% total directo de la planta o el 1.5 al 6 % de la inversión del capital fijo.

4.-Contingencias

El factor de contingencias es generalmente incluido en el estimado de la inversión de capital para compensar gastos por eventos impredecibles, tales como tempestades, inundaciones, huelgas, cambios de precios, cambios pequeños de diseño, errores en la estimación y otros gastos imprevistos. El factor de contingencia tiene un rango del 5 al 15% del costo directo de una planta normalmente se emplea un 8% como promedio.

5.-Gastos por arranque

Después de construir completamente la planta, frecuentemente se tiene que hacer cambios antes de que la planta opere a condiciones de diseño. Estos cambios se involucran en cambios para material y equipo y resultan en pérdidas de ingreso mientras la planta esta parada o es operada en una capacidad parcial.

Después de analizar los costos que se involucran en un proyecto, este debe contar con un punto satisfactorio, por tal razón, debe preverse una rentabilidad atractiva que justifique la inversión de recursos. El proyecto se evaluara esencialmente en función de la proporción entre las utilidades y la inversión necesaria para llevar a cabo el proyecto, a esta relación se le denomina Rentabilidad de la Inversión, expresada en por ciento. La rentabilidad es un índice de evaluación económica, ya que uno de los principales objetivos de una empresa es procurar el máximo aprovechamiento de sus recursos. Para obtener la rentabilidad se divide la utilidad neta obtenida cada año entre la inversión bruta original.



Existen factores para considerar si un proyecto es o no rentable y los criterios de evaluación en este trabajo son principalmente el Valor Presente Neto (VPN) y Tasa Interna de Retorno (TIR).

El Valor Presente Neto (VPN) es la suma de todos los beneficios y la resta de los egresos presentes y futuros que existen a lo largo de la vida del proyecto. Los resultados posibles que puede arrojar el cálculo de este son:

- $VPN > 0$.- Indica que el proyecto es aconsejable económicamente ya que los beneficios superan los costos actualizados a una tasa constante.
- $VPN = 0$.- Resulta indiferente realizar el proyecto.
- $VPN < 0$.- Los costos superan los beneficios no es aconsejable el proyecto.

Nota: la tasa es acentuada por el valuador, se aconseja un diez por ciento

La Tasa Interna de Retorno es una característica del proyecto y se interpreta como el máximo rendimiento en porcentaje que este ofrece, es una tasa independiente de la de interés y por lo tanto puede ser considerada como mas confiable que el VPN, se dice que un proyecto es aconsejable cuando el valor de la TIR en porcentaje es mayor que la tasa fijada por el valuador.

Nota: Fuente de aspectos económicos, V.R. Varela, Evaluación económica de alternativas y proyectos de inversión, Norma, Colombia 1982.



6.2 COSTOS ANUALES DEL RECICLADO MECÁNICO DEL POLIETILENO

a. Materias primas

Algunas de las razones principales por la que se eligió ciudad Nezahuálcóyotl fue por que existe una gran afluencia en la recolección de la basura y porque el tiradero esta situado a menos de 1 Km. de distancia del proceso.

Teniendo las ventajas de que el proveedor lleva la materia al lugar de compra y por ende se evitan gastos en transporte de Materia Prima

Con un factor de servicio de 0.71 (260 días al año) las toneladas de Materia Prima que se necesitan en un año son 171 toneladas siendo que la capacidad de producción es de 156 toneladas con 2% de pérdida y 8% como amortiguación de producción.

El costo aproximado de M.P. es de \$1,300.00 por tonelada

El costo aproximado de M.P. en un año es de **\$222,300.00***

b. Equipo de Proceso

El equipo de proceso es un paquete de reciclado mecánico de polietileno de un proveedor Norteamericano y se encuentra conformado por

* Considerando el Kg. a 1.30 pesos mexicanos.



- Extrusor 1

Su acción principal es la reducción de materia prima.

Motor principal 3 de 20 Hp (60 Hp)

- Lavadora/ Secadora

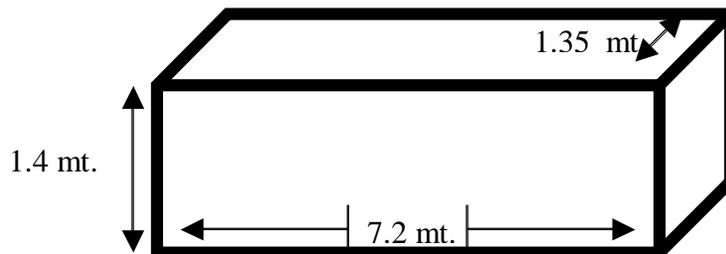
Gasta 1 metro cúbico de agua por carga de 120 Kg. Cuenta con sistema de alimentación y ventilación forzada. Motor de 1.5 Hp.

- Extrusor 2

Este se encuentra conectado con una cortadora y es el encargado de peletizar y cortar.

Motor principal 20 Hp

El peso total de la máquina conectada es de 4 toneladas y ocupa un volumen de aproximadamente 13.7m^3 con una producción de 120 Kg/hr.





Lista de Equipo			
Equipo	Clave	Cantidad	Características
Extrusor 1	C - 200	1	Disminuye el diámetro de partícula.
Lavadora	M – 300	1	Maneja un volumen de 1000 litros de agua por carga.
Secadora	B - 400	1	Utiliza el centrifugado y comparte con la lavadora un motor de 1.5 Hp.
Extrusor 2	P - 600	1	Es el encargado de compactar, cortar y peletizar.

El paquete adicionalmente cuenta con un sistema de control independiente de instrumentos de operación, medidores de presión, energía, velocidad y temperatura, es un sistema de control con indicadores y alarmas.

El costo del paquete es a pie de planta, instalado y con dos servicios de mantenimiento preventivo ó correctivo según se requiera. El costo incluye IVA.

Costo total del equipo **\$315,000.00**

Depreciación de Equipo a 10 años \$31,500.00

c. Transporte de Producto

- Camioneta Ford 2500 **\$170,600.00**

Camioneta de 2.5 Toneladas, emplacada, asegurada y con tenencia por dos años.

Depreciación a 10 años **\$17,060.00**



d. Residencia de Trabajo

- Bodega Industrial **\$120,000.00**

La cual esta ubicada en el parque industrial de Cd. Nezahuálcoyotl, son 700 m² cuenta con las siguientes características: Uso de Suelo Industrial, áreas limpias, cien por ciento techada, instalación eléctrica de 2, 3, y 4 fases, equipo de cisterna, tinacos y bombas centrífugas, el equipo completo maneja capacidades mínimas de 6,000 litros, cuentan con áreas administrativas y de personal, 2 baños y vestidores para cada área.

e. Insumos

Agua.- El costo del consumo de agua esta determinado por el tipo de servicio del cual se disponga del agua; por extracción en pozo propio o mediante la red de distribución municipal. Las tarifas varían dependen del consumo. En este caso el costo es de 6.03 pesos por metro cúbico.[ODAPAS Neza] En el proceso se gastan aproximadamente 5 m³/ día mientras que la alimentación de la bodega es de 6 m³/ día. El consumo de agua anual considerando el factor de servicio del proceso y adicionales como sanitarios y lavado de equipo es de aproximadamente 1,300 m³

Costo por consumo anual **\$7,850.00**

En el caso de consumo por extracción en pozo propio las tarifas están reglamentadas por Ley de Aguas Nacionales, por otra parte, cada municipio determina las tarifas de cobro, en ciudad Nezahuálcoyotl el costo es el antes estipulado.



Energía Eléctrica .- El costo que se le da a las empresas en el parque industrial Nezahuálcoyotl es de \$1.11 por Kw./hr. Consumido.[LyFC] Es considerando equipo de proceso con 5 horas de trabajo por día y la operación de la planta, es decir oficinas, baños, etc.

Lista de Motores						
No.	Capacidad Hp	Gasto Hp	Gasto Kw	Gasto Kw/día	Gasto Kw/año	Gasto Anual
4	20	81.5	61	304	86,943	\$95,637.00
1	1.5					

Consumo de luz anual 86,943Kw.

Costo por consumo anual **\$95,637.00**

Gasolina y aditivos para transporte .- Considerando las salidas de camioneta (venta y compra de producto) y un precio de gasolina de \$7.10 el costo anual (2008) sería de **\$65,500.00**

f. Aditivo de proceso

El aditivo que se utilizará brinda propiedades de deslizamiento y bloqueo, tiene un costo de USD\$ 0.5 y se utiliza en proporción de 0.05 a 0.1 por Kg.

Consumo de aditivo anual 15,600 Kg.

Costo por consumo anual **\$90,000.00**

Costo de insumos anual \$258,987.00



g. Mano de Obra

La plantilla laboral constará de:

No.	Puesto	Sueldo Mensual	Sueldo Anual
1	Director General	\$12,000.00	\$144,000.00
1	Ingeniero de proceso	\$8,000.00	\$96,000.00
1	Multifunciones.	\$4,000.00	\$48,000.00
3	Ayudantes generales	\$2,800.00 c/u	\$100,800.00
1	Chofer	\$2,800.00	\$33,600.00
1	Limpieza	\$2,000.00	\$24,000.00
		Total	\$446,400.00*

Es un solo turno.

Lista de Costos Totales

Materia Prima	\$222,300.00
Equipo (Paquete)	\$315,000.00
Transporte	\$170,600.00
Bodega	\$120,000.00
Insumos	
Agua	\$7,850.00
Luz	\$95,637.00
Gasolina	\$65,500.00
Aditivo	\$90,000.00
Total Insumos	\$258,987.00
Mano de obra	\$446,400.00

Inversion Total	\$1,533,287.00
------------------------	-----------------------



Lista de Costos Totales Anuales

Materia Prima	\$222,300.00
Equipo (Paquete)	\$31,500.00
Transporte	\$17,060.00
Bodega	\$12,000.00
Insumos	
Agua	\$7,850.00
Luz	\$95,637.00
Gasolina	\$65,500.00
Aditivo	\$90,000.00
Total Insumos	\$213,987.00
Mano de obra	\$446,400.00

Costo Total Anual	\$988,247.00
--------------------------	---------------------

Nota: Todos los costos son en pesos mexicanos

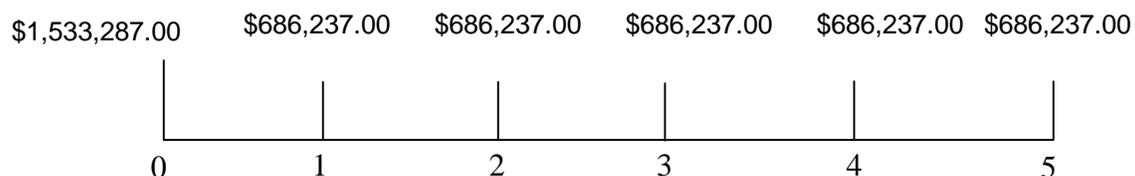
6.3 Estado de Resultados de Pérdidas y Ganancias

Inversión Total	\$1,533,287.00
Costo Operación Total Anual	\$ 988,247.00
Ventas totales Anuales	\$2,028,000.00*
Utilidad Bruta Anual	\$1,039,753.00
Utilidad Neta Anual (Con ISR 0.34)	\$ 686,237.00

* Suponiendo a \$13.00 el kilogramo de polietileno reciclado.



Valor Presente Neto



$$VPN = I - \sum_{i=1}^n \frac{F}{(1+i)^n}$$

VPN = + 1,068,091.00

Tasa Interna de Retorno

$$0 = -1,533,287 + \frac{686,237}{(1+i)} + \frac{686,237}{(1+i)^2} + \frac{686,237}{(1+i)^3} + \frac{686,237}{(1+i)^4} + \frac{686,237}{(1+i)^5}$$

i = 0.3464

TIR = 34.64 %



A forma de conocer mas a fondo los valores de la TIR y el VPN se propusieron dos escenarios:

- i. El precio del polietileno a \$14.00
- ii. El precio del polietileno a \$12.00

Se elaboró un programa iterativo que nos arrojó los siguientes resultados:

Situación	VPN	TIR
1	\$1,458,390.47	43 %
2	\$677,791.66	27%

Como se puede observar en ambas situaciones los criterios de evaluación son alentadores y de cierta forma puede ser mas probable la situación numero 1, ya que los datos de consumo y precios del polietileno han estado a la alza en los últimos trimestres del 2007.



Capítulo 7

Impacto Ambiental



En México como en todo el mundo, el siglo pasado se caracterizó por el uso desmedido de los recursos naturales, aunado a esto ha existido un crecimiento desmedido y no planificado de áreas urbanas e industriales, esto sencillamente ha generado altos índices de contaminantes presentes en la atmósfera, el suelo y el agua, situación que genera cambios climáticos bruscos y enfermedades crónicas en el ser humano.

La posibilidad de desarrollo económico de cualquier país, depende en gran parte de la conservación del medio ambiente, dado que este es el principal proveedor de insumos de casi cualquier actividad económica en el mundo. En contraparte el descuido y el uso excesivo de los medios generará escasez y tal vez la extinción de recursos, escenario que afectará directamente la calidad de vida de las generaciones, presente y futura.

El Impacto Ambiental se presenta cuando una acción u otra actividad produce una alteración, ya sea favorable y/o desfavorable en el ambiente ó en alguno de sus componentes, [21]. Este se asocia directamente con fenómenos naturales como huracanes, terremotos, erosión, etc. Cuando existe la ejecución de un proyecto de desarrollo, el impacto ambiental se define como la diferencia entre la situación presente y futura del medio ambiente con cualquier modificación derivada de la realización de un proyecto, y la situación futura del medio evolucionado normalmente sin haberse llevado a cabo dicho proyecto.

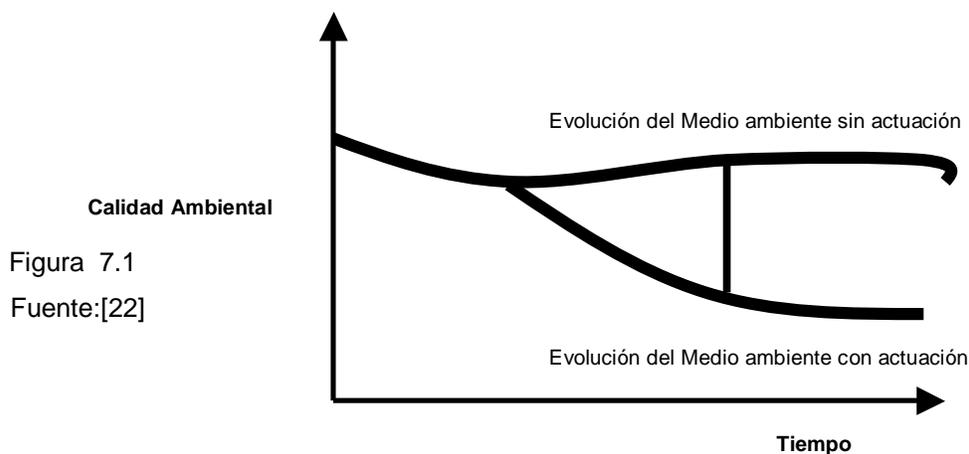


Figura 7.1
Fuente:[22]



La Evaluación del Impacto Ambiental surge a nivel mundial con objetivos generales bien definidos, y estos son:

- Protección de ecosistemas sensibles.
- Óptimo aprovechamiento de los recursos naturales.
- Compatibilidad de proyectos y actividades en una región.
- Detección de efectos antes de la toma de decisiones de un proyecto.
- Igualdad en la ponderación de aspectos ambientales, técnicos y económicos en el desarrollo de un proyecto.
- Mejoramiento de la calidad de vida del ser humano.

Sin embargo, cada nación se ha dado a la tarea de adecuar dichos objetivos a su situación en particular y es así como existen diferentes criterios de evaluación ambiental, en México por ejemplo, de acuerdo a legislación, queda en manos de la Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) establecer las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico ó rebasar los límites y condiciones establecidas en las disposiciones aplicables (leyes, normas técnicas y reglamentos) para proteger el ambiente y restaurar los ecosistemas, con el fin de evitar y/o reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente. Los trámites tardan alrededor de 140 días hábiles, un tiempo bastante extenso pero necesario.[23]

La Evaluación del Impacto Ambiental debe realizarse en la fase de diseño del proyecto, en donde se describan las características del proyecto y los impactos potenciales que genera la obra o actividad, así como la forma de evitarlos o atenuarlos en caso de ser negativos. Los resultados de este estudio se presentan en un documento denominado Manifiesto de Impacto Ambiental (MIA).



Uno de los requisitos fundamentales en la realización de un Estudio de Impacto Ambiental, es tener definida la zona donde se ubicará el proyecto, denominándose esta etapa como el estado cero de la región, en la que se relaciona con la descripción del sistema ambiental la problemática expuesta en el área de influencia del proyecto. El conocimiento de esto permitirá posteriormente, evaluar los cambios ambientales producidos por el proyecto en el transcurso del tiempo al compararlos con la evolución natural que hubiera tenido el entorno sin la ejecución del mismo, es decir, se podrán identificar los impactos ambientales provocados en el medio. Los elementos ambientales susceptibles a cambios por el desarrollo de un proyecto se dividen en cinco grandes medios y a su vez en la interacción entre estos medios.

Factores Ambientales	
Medio Físico	<ul style="list-style-type: none">• Aire, Agua, Tierra/ Suelo y Clima
Medio Biótico	<ul style="list-style-type: none">• Flora y Fauna
Medio Perceptivo	<ul style="list-style-type: none">• Paisaje, Sonido/ Ruido y Olores
Medio Cultural y Socioeconómico	<ul style="list-style-type: none">• Patrimonio histórico, Patrimonio artístico, Población humana y actividades, Economía, Infraestructura, Sectores (Agrícola e Industrial) y Servicios.

Fuente:[24]



La evaluación del impacto ambiental es una parte exclusiva de la política ecológica, que se ha instituido en la dos últimas décadas a lo largo y ancho del planeta como medida de control del deterioro ambiental. El Estudio de Impacto Ambiental (EslA) es un estudio técnico de carácter interdisciplinario, que incorporado en el procedimiento de la Evaluación del Impacto Ambiental(EIA), tiene como función identificar, predecir, evaluar y corregir, las consecuencias que determinadas acciones, derivadas de la ejecución de un proyecto, causen alteraciones en el ambiente, para cumplir con estos objetivos se cuenta actualmente con diversas técnicas de análisis que facilitan esta labor.



7.1 Métodos de Evaluación Ambiental

Para evaluar los impactos ambientales se han propuesto diferentes métodos que van desde los más simples como las listas de verificación hasta los más complejos como los modelos de predicción, todos los modelos pueden ser agrupados en relación con sus características analíticas en tres tipos:

1. Métodos de identificación
2. Métodos de predicción
3. Métodos de evaluación

1. Métodos de Identificación (Método de Leopold)

El método de Leopold es un integrante de los métodos de identificación que se caracteriza por que ayuda en la determinación de los impactos que pueden ocurrir en el desarrollo de un proyecto incluyendo sus dimensiones espaciales y el periodo de tiempo que perdura la afectación.

El método de Leopold tiene como base el empleo de una matriz de interacciones que es una lista de verificación bidimensional que identifica las acciones del proyecto y su impacto potencial sobre los elementos del ambiente, en las columnas de esta, son colocadas las acciones relacionadas con el desarrollo del proyecto y en las filas las características del medio que pueden ser alteradas. En este método, la matriz básica se obtiene a partir de una lista de 100 acciones del proyecto en uno de los ejes y 88 elementos ambientales y humanos en el otro eje, por lo que se obtiene un total de 8 800 interacciones donde cada interacción representa un posible impacto.[21] Las principales ventajas del uso de este método, son los pocos recursos necesarios para su aplicación y su utilidad para la identificación de impactos, entre sus desventajas, se tiene que un impacto se puede contabilizar dos veces, ya que no establece el principio de exclusión ni es selectiva en cuanto a los aspectos más críticos o de mayor impacto ambiental, además, no integra una razón de temporalidad.



2. Métodos de Predicción

La Evaluación del Impacto Ambiental debe permitir elegir entre las consecuencias de dos o más alternativas y responder si los efectos esperados son aceptables, por lo que se ha considerado como una predicción. Una predicción es definida como una afirmación basada en una estimación, calculo de datos ó experiencias antes de tener pruebas. Las predicciones se basan en el juicio profesional, la experiencia, la evidencia experimental ó en modelos cuantitativos, por ello deben indicarse los fundamentos de las predicciones. La predicción debe indagar la naturaleza, magnitud, duración, extensión, nivel de confianza y rango de certidumbre de los cambios predichos

La capacidad de predecir fenómenos ecológicos es muy reducida, mientras que la predicción de cambios cuantitativos en variables físicas tiene mayor certidumbre. Un modelo de predicción es una representación de la realidad que esta orientada a estimar el comportamiento futuro de un fenómeno. En las evaluaciones de impacto ambiental se emplean diferentes métodos de predicción, ya que no existe un método óptimo que puede ser usado en todos los problemas.

- a. **Métodos matemáticos:** Estos nos sirven para predecir la contaminación en el suelo, aire, agua y los niveles de ruido.
- b. **Métodos físicos:** Con esto es posible predecir el transporte de contaminantes en el agua y el aire bajo condiciones complejas, donde otros modelos no son muy confiables. Suelen ser muy costosos para desarrollar y llegan a tener problemas para representar en forma adecuada la situación real.
- c. **Métodos ó proyecciones estadísticas:** Se utilizan para cuantificar incidencias futuras, se basan en tendencias y generalizaciones que pueden ocultar ó rechazar los casos extremos.



- d. **Métodos experimentales:** Se realizan bajo condiciones controladas bien delimitadas para verificar predicciones efectuadas por otros métodos. Sus resultados pueden ser limitados, a menos que se realicen experimentos complejos y costosos que se apeguen más con la realidad.
- e. **Registros históricos:** Se emplean como una base de predicción donde la información es abundante y otros métodos resultan poco factibles, generalmente se usan en conjunto con el método denominado juicio de expertos.
- f. **Juicio de expertos:** Se utiliza con algún otro modelo de predicción o donde no es posible la aplicación de otro método, la predicción resulta muy compleja, pero tiene el inconveniente de depender de la experiencia e interpretación de una persona o conjunto de personas.

La selección del método o métodos de predicción depende de ciertas condiciones: tiempo información, recursos económicos, necesidades particulares del proyecto, etcétera.

3. Métodos de Evaluación (Sistema de Batelle)

El Sistema de Batelle es uno de los más conocidos entre los métodos de evaluación de impactos ambientales, debido a sus características analíticas. Este se basa en un conjunto de indicadores de impacto ambiental que funciona como una lista de verificación con 78 parámetros o características del ambiente que se agrupan en 18 componentes ambientales y a su vez en 4 categorías ambientales que son: ecología, contaminación ambiental, aspectos estéticos y aspectos de interés humano. A cada uno de los parámetros se le asigna un valor de importancia que queda de la siguiente manera: ecología con 240 unidades de



importancia ambiental, contaminación ambiental con 402 unidades de importancia ambiental, aspectos estéticos con 153 unidades de importancia ambiental y aspectos de interés humano con 205 unidades de importancia ambiental. Una lista de verificación es un listado de factores ambientales e impactos esperados en proyectos tipo.

COMPONENTES AMBIENTALES CONSIDERADOS EN EL SISTEMA DE BATELLE

Tabla 7.2

1. Especies y poblaciones	10. Agua
2. Hábitat y comunidades	11. Biota
3. Ecosistemas	12. Objetos artesanales
4. Contaminación del agua	13. Composición
5. Contaminación atmosférica	14. Valores educacionales y científicos
6. Contaminación del suelo	15. Valores históricos
7. Ruido	16. Cultura
8. Suelo	17. Sensaciones
9. Aire	18. Estilos de vida

Fuente:[25]

Las unidades que utiliza este sistema son:

- unidades de importancia ambiental: que son valores numéricos asignados a las características ambientales como parte de todo el ambiente considerado.



- unidades de importancia ponderada: que son los valores predefinidos que asigna el Sistema Batelle por medio del juicio de expertos para cada uno de los 78 parámetros que considera.

La calidad ambiental en este sistema representa la condición de bienestar del ambiente, estimado a través de la condición de sus diferentes características o parámetros. El rango de la calidad ambiental va de 0 a 1.0, representando el cero una calidad pobre y el 1.0 representando una muy buena calidad. El Sistema Batelle cuenta con un sistema de alerta para destacar las situaciones críticas. Para tal efecto se utilizan banderas rojas, grandes o pequeñas, según la variación porcentual del parámetro producido por el proyecto. [26]

Existen algunos más métodos de evaluación (Ej. Sistema de Evaluación por Coberturas o Transparencias), pero su uso es más complejo y exclusivo. En general los métodos de evaluación del impacto ambiental permiten obtener una estimación cualitativa o cuantitativa de los impactos esperados en el desarrollo del proyecto. El método de Leopold goza de ser el método más utilizado por su simplicidad y efectividad para identificar impactos ambientales, resumiendo en una matriz las acciones del proyecto y los componentes ambientales de tal forma que se define una evaluación cualitativa en magnitud e importancia. En los métodos de predicción los más utilizados son los físicos y los matemáticos ya que sustentan teóricamente la predicción, estos métodos son utilizados para proyectos en particular dado que no existen modelos óptimos para predicción de todos los medios.

Por otro lado el sistema de Batelle es el más modelo sistemático y detallado y se le conoce también como lista de verificación con escala ponderada, aquí cada parámetro juega un papel importante debido a su función particular.



7.2 Impacto Ambiental en el Reciclado del Polietileno

Para conocer los factores que pueden afectar el ambiente, causado por el proceso de reciclado mecánico del polietileno, se echó mano de la heurística de países desarrollados, es decir, de procesos probados y consistentes, sin embargo, no se puede acatar un mismo impacto ambiental en cualquier sitio geográfico, por tal condición, en este proceso se identificaron diferentes factores que dependen de:

- Zona de Ubicación del proceso (Comportamiento Ambiental)
- Trámite de Servicios.
- Desarrollo del proceso (inicio – fin)
- Ciclo empresarial

En el presente trabajo se utilizó un método modificado y basado en la matriz de Leopold que ciertamente es más un sistema de información que de evaluación, por tanto identifica y pondera, llanamente es útil en la evaluación preliminar de proyectos, ya que en promedio se establecen de 35 a 50 interacciones en un proyecto típico.

La relación de interacciones en una matriz se acentúa en magnitud e importancia, de tal modo que al leer una matriz se entienda los aspectos que más se afectan, por buenas prácticas ambientalistas en la tabla 7.3 se lee el resumen solo con signos positivos ó negativos, cuando favorece o afecta respectivamente y una celda vacía cuando es indistinto.



Tabla 7.3 Matriz simplificada de un proyecto hipotético

CONCEPTOS FACTORES AMBIENTALES	ACCIONES DEL PROYECTO							
	Propiedad del terreno	Transporte y almacenamiento de material	Requerimientos de Insumos y servicios	Produccion Continua	Mantenimiento preventivo	Restauración del sitio	Operacion de equipos	Embalaje de producto
Uso del suelo	+			+			+	
Calidad del suelo	+	-		+		+	-	
Calidad del aire		-			+	+	-	-
Ruido		-		-	+		-	
Calidad del agua	-		-		+	+	-	
Nivel freático			-					
Vegetación						+		
Flora				+				
Fauna				-				
Demografía	+							+
Empleo		+	+		+	+		+
Salud					+	+		

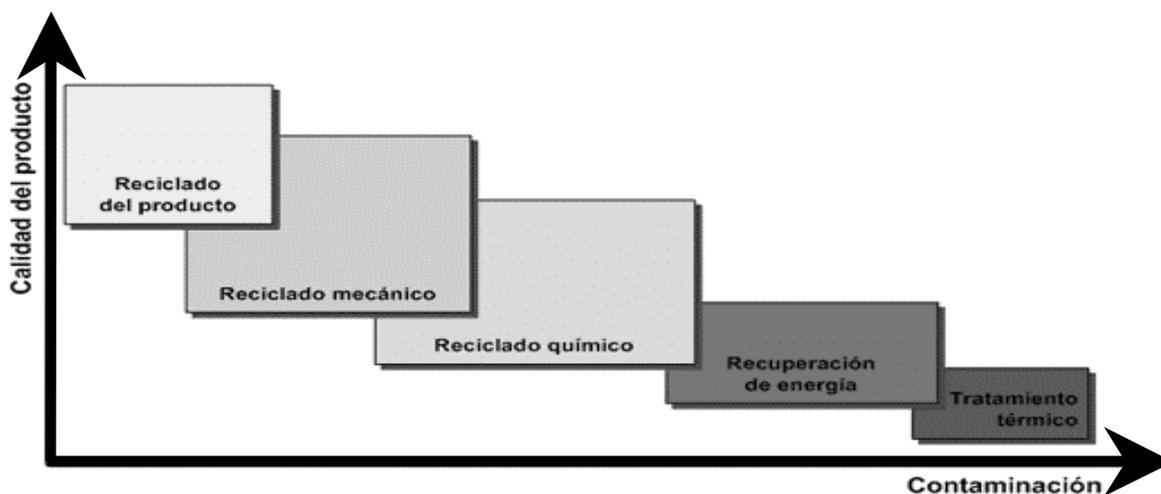
Es de observarse que el proceso de reciclado mecánico de polietileno presenta más factores a favor que en contra, es por eso que es un proceso amable con el medio ambiente, razón importante y necesaria para implementar este proceso, parte fundamental del desarrollo sustentable de la zona de habitación del mismo. [22 (+) Beneficios] [13 (-) Daños] al medio ambiente respectivamente.



RESULTADOS

1.- El proceso de reciclado que se eligió en este trabajo fue el reciclado mecánico.

Eficiencia del Reciclado de Plásticos



2.- El lugar de residencia de este proyecto es Cd. Nezahuálcoyotl.

FACTORES DE SELECCIÓN PROPUESTOS	DISTRITO FEDERAL (Zona Oriente)	NEZAHUALCOYOTL
DISPONIBILIDAD DE MATERIA PRIMA	Principal generador	Único Receptor
VIAS DE COMUNICACIÓN	Actualmente Insuficientes	Regulares
DISPONIBILIDAD DE TERRENO	Costo Elevados	Opciones Importantes
CONTROL DE CONTAMINACION	Programas Rígidos	Programas Rígidos
RECURSOS HUMANOS		
MANO DE OBRA CALIFICADA	La necesaria	La necesaria
DISPONIBILIDAD DE TECNICOS	Exceso	Exceso
DISPONIBILIDAD DE PROFESIONALES	Necesarios	Necesarios



“El Reciclado del Polietileno en el Contexto del Desarrollo Sustentable”

3.- Realizando un estudio económico se obtuvieron las siguientes cifras:

Inversión Total	\$1,533,287.00
Costo Operación Total Anual	\$ 988,247.00
Ventas totales Anuales	\$2,028,000.00
Utilidad Bruta Anual	\$1,039,753.00
Utilidad Neta Anual (Con ISR 0.34)	\$ 686,237.00
Valor Presente Neto	+ 1,068,091.00
Tasa Interna de Retorno	34.64%

4. Al realizar una evaluación de impacto ambiental en una matriz simplificada de un proyecto hipotético, se obtuvo lo siguiente

CONCEPTOS FACTORES AMBIENTALES	ACCIONES DEL PROYECTO							
	Propiedad del terreno	Transporte y almacenamiento de material	Requerimientos de Insumos y servicios	Produccion Continua	Mantenimiento preventivo	Restauración del sitio	Operacion de equipos	Embalaje de producto
Uso del suelo	+			+			+	
Calidad del suelo	+	-		+		+	-	
Calidad del aire		-			+	+	-	-
Ruido		-		-	+		-	
Calidad del agua	-		-		+	+	-	
Nivel freático			-					
Vegetación						+		
Flora				+				
Fauna				-				
Demografía	+							+
Empleo		+	+		+	+		+
Salud					+	+		

[22 (+) Beneficios] [13 (-) Daños] al medio ambiente respectivamente



CONCLUSIONES

La situación del polietileno en México al igual que en todo el mundo tiene un panorama favorable, es decir, el consumo de este plástico ha ido creciendo en los últimos años a un ritmo del 4% y se espera que mantenga este ritmo al menos hasta el 2015. Como cualquier otro material empleado en México, es mayor la cantidad importada que la exportada y producida, situación que hace depender directamente el escenario nacional del escenario internacional de este plástico.

Las tecnologías de reciclado del polietileno disponibles son variadas pero se optó por el proceso de reciclado mecánico, ya que es una tecnología eficiente y confiable aunado a que es un proceso que ofrece una calidad razonable de producto, válida para ser utilizada por un transformador en proporciones de 1:4, sin afectar la calidad final del producto. Este reciclado puede ofrecer mejores resultados si se emplean técnicas de aseguramiento de calidad de materia prima, como que los residuos plásticos de polietileno no estén contaminados por otro plástico.

En los residuos plásticos existen diariamente alrededor de 40 toneladas de residuos de polietileno, de las cuales se pretende aprovechar aproximadamente el dos punto cinco por ciento. Razón por la que se argumenta que la disposición de materia prima para este proceso será la necesaria y suficiente.

Después de realizar un estudio comparativo entre dos opciones posibles de residencia del proyecto, se eligió, Cd. Nezahuálcoyotl (Parque Industrial Nezahuálcoyotl) por las siguientes razones, cercanía con fuentes de abastecimiento de materia prima, servicios industriales necesarios para desarrollar el reciclado mecánico de polietileno y la más importante, facilidades de asentamiento por parte de las autoridades municipales.



El realizar un estudio económico arrojó datos alentadores para cualquier proyecto, dado que se obtuvo un valor presente neto positivo de mas de un millón de pesos y una tasa interna de retorno del 34%, datos que fueron obtenidos de un desarrollo económico del proceso en el que se incluyeron pagos de impuestos.

Finalmente se realizo una evaluación de impacto ambiental que demuestra que es un proceso amable con el medio ambiente. Esta evaluación se llevo a cabo de forma simplificada de acuerdo a la complejidad del tema.



REFERENCIAS

- [1] Cristan, Ize y Gavilán, Situación de los Envases Plásticos en México, Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT e Inare. 2000
- [2] Dávila Israel, México Reprobado en Reciclaje, La Jornada, 14 jul. 07
- [3] Asociación Nacional de Industrias del Plástico, A.C. (ANIPAC)
- [4] Revista Instituto Nacional de Recicladores, AC (Inare), 2006
- [5] Informe Brundtland, Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo, 1987.
- [6] Masera Omar, et. al, Sustentabilidad, Ed. Mundi – Prensa, UNAM Instituto de Ecología, México 2000.
- [7] Reporte Mesa redonda sobre el Medio Ambiente y Economía, Manitoba, 1992.
- [8] Ocampo Villegas, María Cristina, “La industria del plástico creció al ritmo de la economía” B2B Portales www.imf.org (enero 2007)
- [9] Centro de Información, Bancomext www.portal_bancomext.html 18 feb. 07 (16:37)
- [10] Área del Entorno Económico del IPADE, The World Factbook 2005
- [11] Informe Anual del Banco de México, 2005, Abril 2006 pagina 105
- [12] Bancomext (La industria mexicana del plástico: oportunidades y perspectivas), 2007.
- [13] Servicio de Información Económica de Coyuntura, Sistema Nacional de Estadístico y de Información, Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática (INEGI), Feb. 07
- [14] Sistema de Identificación Americano SPI (Society of the Plastics Industry)



- [15] "Enciclopedia del Plástico 2000"; **Centro Empresarial del Plástico**
- [16] <http://www.comai.com.co/noticias.htm> ,Feb. 2007
- [17] Textos Científicos, Reciclado
<http://www.textoscientificos.com/polimeros/abs/reciclado> 03 mar 2007.
- [18] CERRO, Mónica . Reciclaje de Plásticos.
<http://hosting.udlap.mx/profesores/miguella.mendez/alephzero/archivo/historico/az04/reciclaje.html> 03 mar, 2007.
- [19] PLASTIVIDA. Valorización de los Residuos Sólidos.
<http://www.plastivida.com.ar/valorizacion.htm> 03 mar, 2007.
- [20] El Coyote, Periodico Bimestral de Cd. Nezahuálcoyotl, Febrero 2007.
- [21] L.B. Leopold, F. Clarke, B. Hansawy y J.B. Balsely, A Procedure for Evaluating Environmental Impact, Geological Survey, Circular N° 645, U.S. Department of Interior, 1971.
- [22] Vicente Conesa R et. al. “Guía Metodologica para la Evaluación del Impacto Ambiental”, 3ª Edición, Madrid , España, 1997, p. 25
- [23] Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente(LGEEPA).
- [24] Manuel De Cos Castillo, “Estudio de Impacto Ambiental”, España, 1997.
- [25] Norbert Dee et. al. Environmental Evaluation System of Water Resource Planning, USA, Final Report, Batelle-Columbus-Bureaof, Enero, 1972.
- [26] BMT, Etera. Op. Cit, 1986, pp. 56-58.



- [27] Seoáñez Calva, Tratado de Reciclado y Recuperación de los Residuos, Ed. Mundi – Prensa, España 2000.
- [28] ANIQ (Asociación Nacional de la Industria Química, AC), 2005. *Anuario estadístico de la industria química mexicana* . México. ANIQ
- [29] Asociación Europea de Productores de Plásticos
- [30] Ulrich, Gael D., Diseño y economía de los procesos de Ingeniería Química, Editorial Interamericana, México 1988.
- [31] ANIQ (Asociación Nacional de la Industria Química, AC), <http://www.aniq.org.mx/cipres/clasificacion.asp>, 10 mar. 2007
- [32] <http://www.gaia.org.mx/>, Feb 2007



Anexo 1

Normatividad



La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente define a un residuo como "cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó".

Dicha ley define lo que son residuos peligrosos y no peligrosos.

- Los residuos no peligrosos son empaques de cartón, papel, plástico, residuos de oficinas, orgánicos, entre otros.
- Los residuos peligrosos, de acuerdo a la Ley citada, se definen como "Todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, reactivas, explosivas, inflamables, biológicas, infecciosas o irritantes, representan un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente".

En México no existe una legislación específica que trate sobre el reciclaje de residuos sólidos de tipo municipal y las medidas de prevención, control y restauración que se deben implementar en caso de que propicien impactos adversos sobre el ambiente, no obstante la legislación actual si contempla leyes, reglamentos y normas ambientales que son aplicables para la prevención y control de la contaminación en los recursos naturales, suelo o ecosistemas y pueden ser aplicables a nuestro caso de aplicación.

➤ **Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente**

El gobierno federal en su artículo 39, de la LGEEPA menciona que las autoridades competentes promoverán la **incorporación de contenidos ecológicos en los diversos ciclos educativos**, especialmente en el nivel básico, así como en la formación cultural de la niñez y la juventud. Asimismo, el artículo 41, de la citada ley, indica que el gobierno federal, las entidades federativas y los municipios con



arreglo a lo que dispongan las legislaturas locales, fomentarán investigaciones científicas y promoverán programas para el desarrollo de técnicas y procedimientos que permitan prevenir, controlar y abatir la contaminación, propiciar el aprovechamiento racional de los recursos y proteger los ecosistemas.

La Ley en su capítulo IV sobre ***prevención y control de la contaminación del suelo***, en su **artículo 134** señala lo siguiente:

- I. Corresponde al estado y la sociedad prevenir la contaminación del suelo.
 - II. Deben ser controlados los residuos en tanto que constituyen la principal fuente de contaminación de los suelos.
 - III. **Es necesario prevenir y reducir la generación de residuos sólidos, municipales e industriales; incorporar técnicas y procedimientos para su reciclaje, así como regular su manejo y disposición final eficientes.**
- **El artículo 138** señala que promoverá la celebración de acuerdos de coordinación y asesoría con los gobiernos estatales y municipales para (fracciones I y II), la **implantación y mejoramiento de sistemas de recolección, tratamiento y disposición final de residuos sólidos municipales**, y la identificación de alternativas de **reutilización** y disposición final de residuos sólidos municipales, incluyendo la elaboración de inventarios de los mismos y sus fuentes generadoras.
 - **En el artículo 141** indica que se coordinará con otras dependencias para expedir normas oficiales mexicanas para la fabricación y utilización de empaques y envases para todo tipo de productos, cuyos materiales permitan reducir la generación de residuos sólidos. Asimismo, dichas



dependencias promoverán ante los organismos nacionales de normalización respectivos, la emisión de normas mexicanas en las materias a las que se refiere este precepto.

- **Finalmente el artículo 158**, fracción V establece que se impulsará el **fortalecimiento de la conciencia ecológica**, a través de la realización de acciones conjuntas con la comunidad para la preservación y mejoramiento del ambiente, el aprovechamiento racional de los recursos naturales y el correcto manejo de desechos. Para ello se pondrá, en forma coordinada con los Estados y Municipios correspondientes, celebrar convenios de concertación con comunidades urbanas y rurales, así como con diversas organizaciones sociales.

➤ **Ley de Protección al Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Estado de México**

- La Ley de Protección al Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Estado de México, en su Capítulo II, artículo 6, fracción XII, establece que el Ejecutivo Estatal **regulará los sistemas de recolección, transporte, almacenamiento, manejo, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos** que no estén considerados como peligrosos; estableciendo las normas y criterios a que se deben sujetar, el diseño, la construcción y la operación de las instalaciones destinadas a la disposición final de los residuos sólidos.
- **El artículo 7, fracción IV** de las facultades de las autoridades municipales, indica que regularán la prevención y control de la transportación, almacenamiento, manejo, tratamiento y disposición final de los residuos domiciliarios e industriales que no estén considerados como peligrosos, observando las Normas Oficiales Mexicanas y las Normas Técnicas Estatales.



Dentro del apartado de educación y cultura ambiental, el artículo 9, menciona que el Ejecutivo Estatal promoverá ante las instituciones de enseñanza media y superior o de investigación científica y tecnológica, desarrollen planes y programas de educación ambiental, incorporando criterios y metas de desarrollo sustentable.

El capítulo IV sobre protección y control de la contaminación del suelo, en su artículo 98, fracción II indica que los residuos sólidos deben ser controlados desde su origen, reduciendo y previniendo su generación, así como su ubicando, sea de fuentes industriales, municipales o domésticas, por lo tanto, se deben incorporar técnicas y métodos para su **reuso y reciclaje**, así como su manejo y disposición final. Asimismo, en el artículo 99, fracción III, se menciona que se establecerán los métodos y parámetros que deberán sugerirse para la prevención de la contaminación del suelo, así como en la expedición de permisos, autorizaciones y licencias en materia de manejo, transporte y disposición final de residuos sólidos municipales y domésticos.

- **Para la prevención, restauración y control de la contaminación del suelo, el artículo 102**, señala que las autoridades estatales y municipales de la entidad deberán regular y vigilar la racionalización de la generación de residuos sólidos; la separación de los residuos sólidos para facilitar su **reuso y/o reciclaje**; los sistemas de manejo y disposición final de residuos sólidos en los centros de población.
- **El artículo 103 fracción III**, indica que promoverá en los municipios de la entidad la identificación de alternativas de **reutilización, reciclaje** y disposición final de residuos sólidos municipales y domésticos, incluyendo su inventario y la identificación de las fuentes generadoras”. Enfatizando, el artículo 105 menciona que se promoverá la implementación de programas de **reuso y reciclaje** de los residuos generados por la actividad material en todas las oficinas públicas de órganos del Gobierno del Estado. El Capítulo V sobre generación, manejo, transporte, tratamiento, reuso, reciclaje y



disposición final de los residuos sólidos municipales, domésticos e industriales no peligrosos, señala en su artículo 107 sobre la facultad de los municipios de la entidad prestar, autorizar, licenciar o concesionar, de conformidad con las NOM y los criterios y normas técnicas ambientales estatales que se expidan al efecto, los siguientes servicios, en su fracción II, la instalación y operación de centros de acopio de residuos sólidos municipales y domésticos, orgánicos o inorgánicos, para su **reuso, tratamiento y reciclaje**.

La Ley señala, en su **artículo 109**, que los municipios podrán celebrar convenios o acuerdos de coordinación, colaboración y asesoría con la intervención de “La Secretaría de Ecología o cualquier entidad pública de la entidad, así como con instituciones públicas y privadas de enseñanza superior para (fracción II) promover el uso y la fabricación de empaques y envases de toda clase de productos, cuyos materiales permitan minimizar la generación de residuos sólidos y faciliten su **reuso y reciclaje** y determinará la disposición final de residuos sólidos municipales y doméstico, incluyendo su inventario y la identificación de las fuentes generadoras”.

- **La Ley, en su artículo 110**, menciona que “La Secretaría de Ecología llevará en el sistema estatal de información ambiental y recursos naturales, un registro de almacenes, rellenos sanitarios, **centros de acopio**, transportistas, licenciatarios o permisionarios, que en territorio de la entidad se relacionen con **residuos sólidos municipales, domésticos** e industriales no peligrosos, así como el de las fuentes generadoras”. Finalmente, “El Gobierno Estatal (artículo 159) por conducto de la Secretaría y las demás dependencias públicas, deberá promover la participación corresponsable de la sociedad en la planeación, ejecución y evaluación de la política ambiental y de recursos naturales, la cual deberá fomentar, de forma fundamental, la protección al ambiente y el equilibrio de



los ecosistemas. Para tal efecto, concertará acciones e inversiones con los sectores social y privado y con las instituciones académicas, grupos y organizaciones sociales y personas interesadas para la protección del ambiente, la preservación y restauración del equilibrio de los ecosistemas”.

➤ **Normas**

Las actividades económicas están sujetas a un conjunto amplio de regulaciones que procuran seguridad y certeza acerca de la calidad de procesos y productos. Con el fin de garantizar una serie de valores de orden público e interés social: la salud humana, la protección del medio ambiente y conservación de los recursos naturales, la eficiencia y competencia económica, la concurrencia libre y equitativa en los mercados, la protección de los derechos del consumidor, la higiene y seguridad laboral.

Es por estas razones que se elaboran normas con el fin de establecer las condiciones, características y / o especificaciones de calidad de sistemas, procesos y productos o servicios. Según el caso, de: los insumos, las instalaciones, el equipo, los materiales, el personal y los procesos y, de los productos y servicios obtenidos o de los sistemas de calidad aplicados; además, para definir la nomenclatura, establecer clasificaciones, la descripción de emblemas, símbolos y / o contraseñas para fines de compatibilidad, seguridad y control, la determinación de información comercial y los apoyos a las denominaciones de origen, entre otras.



En México se distinguen tres tipos de Normas:

1. Las Normas Oficiales Mexicanas, NOM.

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), conforme la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, son regulaciones técnicas que establecen especificaciones y procedimientos para garantizar que los servicios cumplan, en el contexto de los propósitos y funciones para los que fueron diseñados, con características de seguridad, intercambiabilidad, confiabilidad y calidad, entre otros aspectos. Las NOM son de aplicación general y de observancia obligatoria. Estas son expedidas por dependencias gubernamentales como la Secretaría de Economía (SE) y la Sociedad Mexicana de Normalización y Certificación, (NORMEX), entre otras.

2. Las Normas Mexicanas, NMX.

Las Normas Mexicanas, NMX son de carácter voluntario, salvo casos específicos y su campo de aplicación puede ser nacional, regional o local. (cfr. LFMN Cap. II). Las NMX se establecieron recientemente (1992) y cubren a las antiguas NOM de carácter voluntario. Estas son elaboradas por los Organismos Nacionales de Normalización, ONN a través de Comités Técnicos de Normalización Nacional, CTNN.

3. Las Normas de Referencia, NR

Las Normas de Referencia, NR son las que elaboran las entidades de la administración pública de conformidad con lo dispuesto por el artículo 67 de la LFMN, para aplicarlas a los bienes o servicios que adquieren, arrienden o contraten cuando las normas mexicanas o internacionales no cubran los requerimientos de las mismas o sus especificaciones resulten obsoletas o inaplicables.



Para la elaboración de las normas nacionales se consultan las normas o lineamientos internacionales y las normas extranjeras. En el ámbito internacional, generalmente, se distinguen dos tipos de normas: las normas de productos y las normas de sistemas. En México, las normas NOM son de productos y las NMX, serie CC, son normas de sistemas.

Existe una serie de normas donde especifica las técnicas recomendadas a seguir para la determinación de las características físico-químicas de los residuos municipales.

- NOM-AA-22-1985 "Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales- Selección y Cuantificación de Subproductos"
- NOM-AA-16-1984 "Contaminación del Suelo –Residuos Sólidos Municipales Determinación de Humedad-"
- NOM-AA-33-1985 "Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales- Determinación del Poder Calorífico Superior"
- NMX-E-232-SCFI-1999. Industria del plástico - reciclado de plásticos - simbología para la identificación del material constitutivo de artículos de plástico – nomenclatura.

Glosario

- NOM Norma Oficial Mexicana
- AA Métodos de prueba de protección ambiental.
- NMX Norma Mexicana
- E Plásticos.



Anexo 2

Identificación de Plásticos



Los plásticos normalmente están hechos de diferentes polímeros, por lo cual, estos últimos confieren a los plásticos diversas características que los hacen ideales para ciertas aplicaciones.

La mayoría de los productos de consumo hechos de plástico exhiben un símbolo que consiste en tres flechas formando un triángulo con un número en el centro y una abreviatura opcional (Figura 1), que denota el plástico del cual están hechos, también para indicar que el producto está hecho de material reciclado o que en su fabricación se ha usado cierto porcentaje de material reciclado. El logotipo universal del reciclado es del dominio público, por lo que puede ser usado libremente, aunque su uso oficial puede estar regulado por las autoridades sanitarias de cada país o localidad, en México en la NMX-E-232-SCFI-1999.



Figura 1

Nombre	Abreviatura	Numero de identificacion
Polietilentereftalato	PET	1
Polietileno de alta densidad	PEAD	2
Policloruro de vinilo o Vinilo	PVC	3
Polietileno de baja densidad	PEBD	4
Polipropileno	PP	5
Poliestireno	PS	6

Fuente: NMX- E-232-SCFI-1999.



En la práctica del reciclado existe una problemática para efectuar la separación de materiales, para evitar este tipo de inconvenientes se han desarrollado algunas técnicas para la identificación de los diferentes plásticos.

- Identificación Visual de los Plásticos (Botellas)



A continuación se mencionan datos prácticos para averiguar de que tipo de plástico están hechas:

Si la botella es transparente, es probable que sea de PET. Las botellas de PET pueden estar ligeramente coloreadas, como ciertas botellas de agua, el color casi nunca es obscuro. En el fondo de la botella siempre presenta una protuberancia y, en el caso de botellas y envases sujetos a presión, el fondo tiene forma de flor; esta forma tiene como propósito proveer de un fondo redondeado que soporte la presión y al mismo tiempo conforma una base para mantener la botella en posición vertical.

Las botellas de PEAD no soportan la presión generada por las bebidas carbonatadas, por lo que son usadas para contener líquidos como leche, jugos, detergentes líquidos y suavizantes de telas, estas botellas poseen una línea a lo largo de la botella, que es la unión de las dos mitades que la conforman.

Finalmente, aún ciertas botellas grandes y con asas son fabricadas con PVC (Cloruro de Polivinilo), siendo estas la minoría. Las botellas de PVC, en general, son de color claro y muestran en el fondo una marca distintiva.



Pruebas para la Identificación de Plásticos

Para identificar de una manera más formal el material plástico usado en la manufactura de un objeto cualquiera, existen pruebas de identificación que varían de acuerdo a la sofisticación y confianza que brindan.

Las pruebas descritas son fáciles de llevar a cabo y no requieren de equipo especializado. Sin embargo se hace constar que ciertas pruebas pueden ser peligrosas si se realizan inapropiadamente.

Para los principiantes se sugiere que antes de realizar estas pruebas se realicen ensayos con plásticos pertenecientes a los seis grupos de materiales, según la 'clasificación de materiales plásticos para su reciclaje', con materiales provenientes de los envases y empaques que se encuentran en productos domésticos, de los cuales se podrá conocer el tipo de clasificación auxiliándose con el código que se muestra en el envase o empaque.

Estas pruebas están concebidas como un auxiliar para identificar plásticos y no son definitivas. Existen pruebas más complicadas que requieren equipo de laboratorio sofisticado; así mismo existen otros plásticos que por su naturaleza y aplicaciones escapan al alcance de lo que aquí se muestra. Para obtener una identificación definitiva, se requiere experiencia, así como efectuar otras pruebas y estudios.

Previamente, deberán cortarse muestras del material a identificar de un tamaño de 2.5 por 5 cm aproximadamente.



- **Prueba al Corte (plásticos rígidos y flexibles)**

Se trata de efectuar un corte por cizallamiento en el material; dicho corte debe hacerse con pinzas de corte o tijeras:

Si el corte es limpio y liso el material puede considerarse termoplástico. Si se desprenden partículas pequeñas (como polvo) el material es termofijo.

- **Prueba de Flotabilidad (en agua de plásticos rígidos y flexibles)**

Se llena un tazón pequeño con agua, agregándole un poco de Jabón líquido para manos (si no se le agrega jabón la tensión superficial impedirá que la muestra se comporte como debiera). Colocar la muestra en el tazón, sumergiéndola delicadamente, liberar la muestra y esperar durante un par de minutos para corroborar si ésta flota o se hunde.

- **Prueba de flama en Cobre (plásticos rígidos y flexibles, películas y espumados)**

Precaución

- * Evite quemaduras, utilice pinzas para sujetar el alambre durante el calentamiento.

- * El humo generado es tóxico, no queme mucho material y hágalo en lugar ventilado.

- * Proteja sus ojos, use goggles o gafas de seguridad al efectuar esta prueba.

Esta prueba debe practicarse a muestras que se hayan hundido en agua; así mismo puede usarse para identificar películas y espumados de plástico. Se requiere un trozo de alambre de cobre de 5 cm de longitud.



Sujetar el alambre por uno de sus extremos con pinzas (para evitar quemaduras durante el calentamiento).

Encienda una vela sobre una superficie segura y, con la muestra de plástico a la mano, coloque el extremo libre del alambre en la flama hasta que esté bien caliente y desaparezca el color verde de la flama.

Retire el alambre de la flama y frótelo contra la muestra de plástico hasta que una pequeña cantidad del plástico se funda y adhiera al alambre; en caso de que el alambre se pegue a la muestra, usar pinzas para separarlos (No quemar demasiado, ya que los vapores que se desprenden son tóxicos).

Coloque el extremo del alambre, con el plástico de la muestra adherido, en la flama. La flama podrá ser de color verde, amarilla/ anaranjada ó azul dependiendo del plástico que se esté analizando.

- **Prueba de reacción a la acetona (plásticos rígidos y flexibles)**

Precaución

- * El acetona es flamable, no haga la prueba cerca de flama, evite quemaduras.
- * El acetona se considera tóxica, haga la prueba en lugar ventilado.
- * Proteja sus ojos, use goggles o gafas de seguridad al efectuar esta prueba.

Esta prueba deberá realizarse a muestras que hallan producido una flama amarilla/ anaranjada. Asegúrese de que el área esté bien ventilada.

Coloque la muestra en el fondo de un tazón y vierta en éste suficiente acetona de manera que cubra la muestra. Deje la muestra en acetona durante 30 segundos.



Usando pinzas, saque la muestra del tazón y oprímala firmemente con los dedos. Si la muestra se siente pegajosa o presenta signos de reblandecimiento, indica que el material reacciona con la acetona; Rasque la superficie de la muestra con la uña para verificar que tanto se afectó la muestra. Si la muestra permanece sin alteraciones significa que no ha habido reacción alguna.

- **Prueba de flexibilidad (plásticos rígidos y flexibles)**

Intentar doblar la muestra para determinar si el material es: Rígido, semirígido o rívido de acuerdo a lo siguiente:

- * Flexible: Al doblar la muestra en varias ocasiones, ésta no muestra señas de ruptura.

- * Semirígida: Al doblar la muestra en varias ocasiones, ésta se rompe.

- * Rígida: Al doblar la muestra, ésta se rompe inmediatamente.

- **Pruebas de superficie (plásticos rígidos y flexibles)**

Palpe la muestra para apreciar si ésta tiene una superficie dura como el vidrio, o bien si es serosa y se raya con facilidad, o si es una superficie áspera.

- **Pruebas de Stretch & Strength (películas plásticas)**

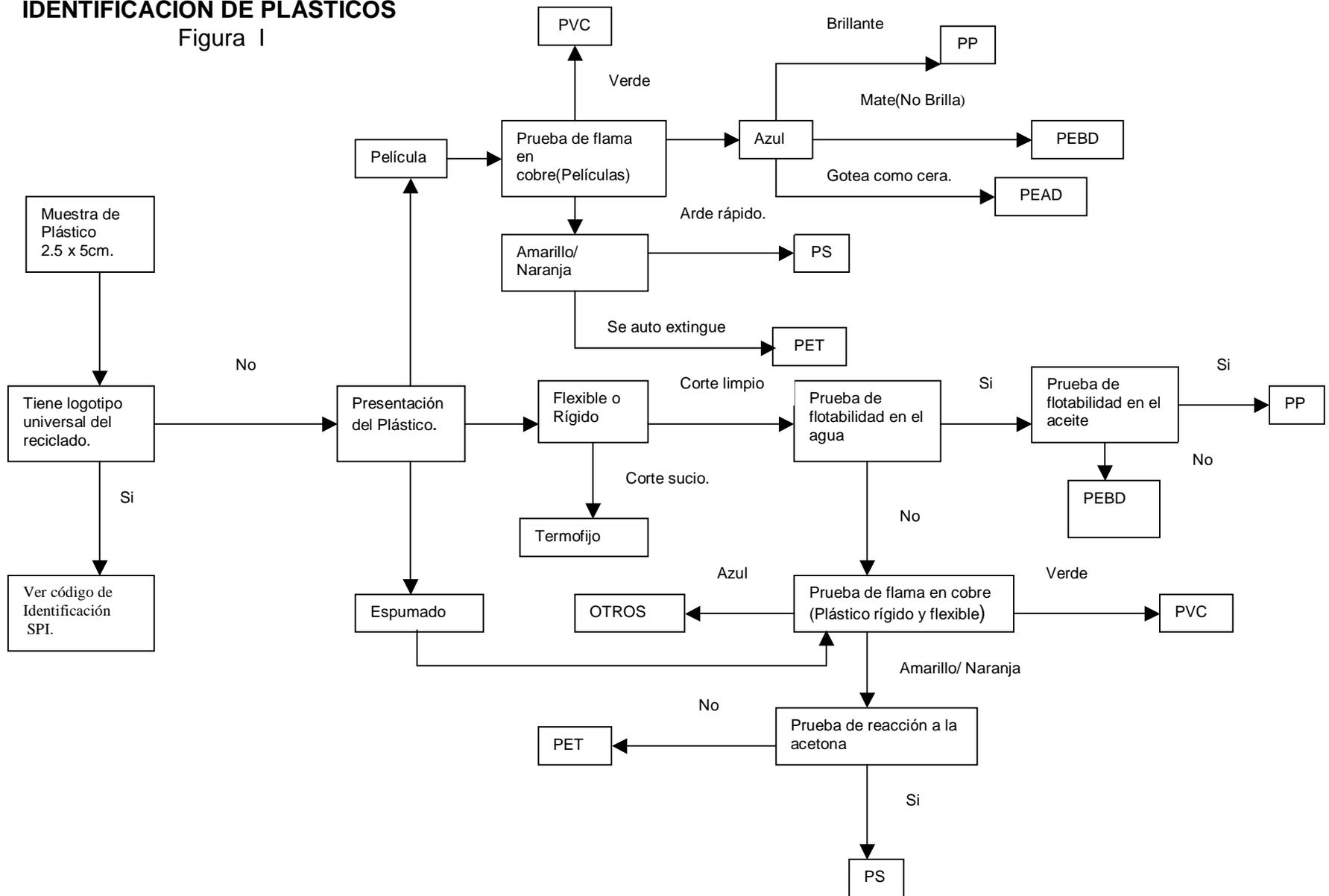
La resistencia al estiramiento y la elasticidad de las película plásticas puede usarse para identificar el polietileno del que están hechas; esto es difícil de hacer si no se tiene suficiente experiencia, sin embargo la mayoría de los recicladores de polietileno (PE) aceptan lotes con mezclas de éstos.

Conforme se gane experiencia en la realización de estas sencillas pruebas, será más fácil identificar plásticos para su reciclaje. En la siguiente pagina se muestra un esquema de decisiones desarrollado para identificar plásticos.



IDENTIFICACIÓN DE PLÁSTICOS

Figura I





La norma ASTM D 618 – 05 indica las condiciones estándar para realizar ensayos, las tolerancias para estas condiciones, la preparación de muestras para ensayos y la manera en que deben ser reportados los resultados para su interpretación. Medición de las propiedades de los materiales. En gran parte, el desempeño de un producto plástico ante diversas condiciones y combinaciones de carga, temperatura y ciclo de uso depende del comportamiento del material con el cual fue fabricado. La calidad y la durabilidad de cierto producto dependen de la capacidad del fabricante de garantizar que las propiedades usadas para su diseño no difieren de manera significativa de un lote a otro.